

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



# ВЕСТНИК

Ижевской государственной  
сельскохозяйственной академии

№ 1 (73) 2023





# ВЕСТНИК

Ижевской государственной сельскохозяйственной академии  
Научно-практический журнал • № 1 (73) 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 Российский индекс  
научного цитирования (РИНЦ),  
реферативную базу данных AGRIS.

Ответственность за содержание статей  
несут авторы публикаций.

Редактор С. В. Полтанова  
Верстка А. А. Волкова  
Перевод Л. А. Новикова

Подписано в печать 24.03.2023 г.  
Дата выхода в свет 31.03.2023 г.  
Формат 60×84/8. Тираж 500 экз.  
Заказ № 8645. 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



**УдГУ**  
УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

# THE BULLETIN

*of Izhevsk State Agricultural Academy*

Theoretical and practical journal • № 1 (73) 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 database of  
the Russian science citation index  
and in the international scientific  
information database AGRIS.

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

Editor S. V. Poltanova  
Layout A. A. Volkova  
Translation L. A. Novikova

Signed for printing 24 March 2023.  
Publication – 31 March 2023.  
Format 60×84/8. Printing 500 iss.  
Order № 8645. 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 Agrarian University

*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

### *СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ*

<b>Т. А. Бабайцева, Э. Ф. Вафина, А. В. Мильчакова, И. Х. Аллауи</b> Перспективные сорта зерновых и зернобобовых культур для выращивания в Удмуртии .....	4
<b>С. Л. Воробьева, Е. А. Михеева, А. В. Шишкин, М. Ю. Попкова</b> Влияние витаминно-минеральной кормовой добавки на продуктивность медоносных пчел ( <i>Apis mellifera</i> ) .....	16
<b>В. А. Островский, С. И. Коконев</b> Агроэкологическая оценка сортов люцерны изменчивой в условиях Северного Казахстана .....	22
<b>О. С. Уткина, Е. В. Ачкасова</b> Качество и технологические свойства молока коров разного происхождения .....	29

### *ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ*

<b>В. И. Большаков, О. С. Федоров, Д. И. Ваганов, С. Н. Шмыков</b> Повышение износостойкости лемехов плугов, лап культиваторов и плоскорезов точечной электродуговой сваркой .....	36
<b>А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, С. Н. Шмыков, Л. Я. Новикова</b> Исследование триботехнических свойств металломатричных композитов с никелевой матрицей и сверхтвердыми керамическими включениями .....	42
<b>А. Г. Ипатов, П. В. Дородов, С. Н. Шмыков, К. Г. Волков, А. В. Малинин</b> Исследование работоспособности упрочненных клапанов ДВС .....	48
<b>В. А. Милюткин</b> Эффективность универсального многофункционального модульного комплекса «Туман» ООО «Пегас-Агро» при возделывании озимой пшеницы .....	54
<b>В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, А. Г. Ипатов, В. И. Ширококов, С. Н. Шмыков</b> Обоснование способа и устройства для междурядной обработки картофеля .....	62

## CONTENTS

### *AGRICULTURAL SCIENCES*

<b>T. A. Babaytseva, E. F. Vafina, A. V. Milchakova, I. H. Allaoui</b> Promising varieties of grain and leguminous crops for cultivation in Udmurtia .....	4
<b>S. L. Vorobieva, E. A. Mikheeva, A. V. Shishkin, M. Yu. Popkova</b> Influence of vitamin and mineral feed supplements on the productivity of honey bees ( <i>Apis mellifera</i> ) .....	16
<b>V. A. Ostrovsky, S. I. Kokonov</b> Agroecological assessment of variegated alfalfa varieties in the conditions of Northern Kazakhstan .....	22
<b>O. S. Utkina, E. V. Achkasova</b> Quality and technological properties of milk of cows of different lines .....	29

### *TECHNICAL SCIENCES*

<b>V. I. Bolshakov, O. S. Fedorov, D. I. Vaganov, S. N. Shmykov</b> Increasing the wear resistance of plough shares, cultivator shares and sweeps by spot arc welding .....	36
<b>A. G. Ipatov, E. V. Kharanzhevsky, S. N. Shmykov, L. Ya. Novikova</b> Investigation of tribotechnical properties of metal matrix composites with a nickel matrix and super-hard ceramic inclusions .....	42
<b>A. G. Ipatov, P. V. Dorodov, S. N. Shmykov, K. G. Volkov, A. V. Malinin</b> Study of the operability of hardened valves of ICE .....	48
<b>V. A. Milyutkin</b> The effectiveness of the all-purpose multifunctional modular complex "Tuman" during winter wheat cultivation in "Pegas-Agro" .....	54
<b>V. F. Pervushin, M. Z. Salimzyanov, A. G. Ipatov, V. I. Shirobokov, S. N. Shmykov</b> Justification of the method and device for inter-row cultivation of potatoes .....	62

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРТА ЗЕРНОВЫХ И ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ В УДМУРТИИ

Бабайцева Татьяна Андреевна✉, Вафина Эльмира Фатхулловна,  
Мильчакова Анна Владимировна, Аллауи Ибрахим Хамади

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

✉taan62@mail.ru

**Аннотация.** Для повышения эффективности возделывания той или иной культуры необходима информация о сортовом районировании. Целью проведенной работы было выделить перспективные для возделывания в Удмуртской Республике сорта зерновых и зернобобовых культур. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: провести анализ Государственного реестра селекционных достижений и выделить сорта, допущенные к возделыванию по Волго-Вятскому региону за последние 5 лет (2018–2022 гг.); дать сравнительную оценку отдельных сортов полевых культур в полевых и лабораторных опытах. В работе использовались теоретические методы (анализ данных Госреестра, обобщение) и эмпирические методы (полевой опыт, лабораторный анализ, статистический анализ экспериментальных данных). Полевые исследования были проведены в УНПК «Агротехнопарк», лабораторные – на кафедре растениеводства, земледелия и селекции Удмуртского ГАУ по общепринятым методикам; в отделе аналитических исследований ТамНИИСХ – ОСП «ФИЦ «Казанский научный центр РАН» – на анализаторе зерна FOSS NIRS DS 2500 F. В Госреестр по Волго-Вятскому региону за последние 5 лет включено более 80 сортов основных зерновых и зернобобовых культур отечественной селекции. В соответствии с принципами подбора сортов условия Удмуртской Республики позволяют реализовать их потенциал. Наряду с традиционными культурами заслуживают внимания и малораспространенные, для которых также есть сорта, допущенные к использованию по Волго-Вятскому региону. По данным исследований Удмуртского ГАУ, зимостойкость (3,6 балла) и урожайность зерна (5,66 т/га) сортов озимой тритикале превышают аналогичные показатели сортов озимой пшеницы (2,2 балла и 3,10 т/га соответственно). Биологические особенности сортов яровой тритикале позволили получить урожайность зерна 683 г/м<sup>2</sup>, что на 14 % выше урожайности сортов яровой пшеницы. Преимущество по урожайности отечественного сорта гороха Усатый кормовой перед зарубежными сортами составило 39–47 %.

**Ключевые слова:** сорт, Госреестр, озимая рожь, озимая и яровая пшеница, озимая и яровая тритикале, ячмень, овес, горох, люпин узколистный.

**Для цитирования:** Перспективные сорта зерновых и зернобобовых культур для выращивания в Удмуртии / Т. А. Бабайцева, Э. Ф. Вафина, А. В. Мильчакова, И. Х. Аллауи // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. № 1(73). С. 4-15. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_4-15](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_4-15).

**Актуальность.** Увеличение производства сельскохозяйственной продукции немислимо без внедрения новейших достижений науки, в том числе новых сортов. Сорт – группа сельскохозяйственных растений, которая определяется по степени выраженности признаков, характеризующих данные генотип или комбинацию генотипов, отличается от других групп сельскохозяйственных растений того же ботанического таксона одним или несколькими признаками либо степенью выраженности признаков и является стабильной [15].

Сорт является одним из самых доступных и дешевых средств производства [8, 9, 16]. По мнению ряда ученых [2, 4, 5], роль новых сортов и гибридов в повышении урожайности оценивается в 20–70 %. Сорт оказывает влияние не только на урожайность, но и на качество, устойчивость к стрессовым факторам [3], повышает эффективность использования минеральных удобрений [4, 13, 14, 17], средств защиты растений [5, 6], сельскохозяйственных машин.

По состоянию на 02.06.2022 г. в Государственный реестр селекционных достижений

включено и допущено к использованию более 26 тысяч сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, почти 2,5 тысячи из них допущены к возделыванию в четвертом (Волго-Вятском) регионе [7]. Обновление перечня допущенных к возделыванию сортов осуществляется ежегодно.

Среди множества рекомендованных к возделыванию сортов порой очень сложно ориентироваться и подобрать сорт, который бы подошел к возделыванию в конкретном хозяйстве. Поэтому следует руководствоваться некоторыми принципами подбора сортов для определенных условий:

1) сорт должен быть включен в Госреестр и допущен к возделыванию в конкретном регионе, Удмуртская Республика относится к четвертому (Волго-Вятскому) региону;

2) необходимо учесть агроэкологические условия, в которых будет выращиваться сорт – тип почв, зональные особенности (Удмуртия хотя и маленькая республика, но имеет существенные различия по почвенно-климатическим условиям), плодородие почвы хозяйства, применяемая технология возделывания и ее соответствие биологическим особенностями сорта;

3) учесть материальные ресурсы – наличие техники, возможность приобретения и внесения удобрений, пестицидов;

4) учесть назначение выращиваемой продукции (продовольственные или кормовые цели – фураж, зеленый корм, сено, силос, сенаж).

Сейчас ведется усиленная реклама импортных сортов, которые дают высокую урожайность. Вероятно, с этим нельзя не согласиться, поскольку многие иностранные сорта обладают высоким потенциалом урожайности. Однако абсолютное большинство этих сортов – интенсивные, они требуют больших вложений на выращивание и получение этой высокой урожайности.

Нельзя забывать, что интенсивная технология в большей мере учитывает биологические особенности и потребности культуры и сорта, предусматривает полное их удовлетворение с помощью комплексного использования рекомендаций науки и техники. Для полного осуществления интенсивной технологии нужна высокая культура земледелия. Интенсивным сортам нужны: высокие дозы удобрений, причем сложных и комплексных удобрений, вносимых дробно, включая 2–3 подкормки; им необходимо протравливание семян, обработка

их различными агрохимикатами; такие сорта не дадут высокой урожайности без защиты от различных патогенов в период вегетации. При невыполнении этих условий интенсивные сорта не раскроют свой потенциал, наступит их быстрое вырождение (ухудшение сортовых качеств), и, следовательно, станет необходимым проведение сортообновления или даже сортосмены. В рамках данной статьи мы не хотим останавливаться на экономической стороне данного вопроса, это отдельная тема. Поэтому надо очень ответственно отнестись к принятию решения о выборе сорта иностранной селекции. Среди наших, российских, сортов также найдется немало представителей с высоким потенциалом.

**Цель исследований** – выделить перспективные для возделывания в Удмуртской Республике сорта зерновых и зернобобовых культур.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи: провести анализ Госреестра и выделить сорта, допущенные к возделыванию по Волго-Вятскому региону за последние 5 лет (2018–2022 гг.); дать сравнительную оценку отдельных сортов полевых культур в полевых и лабораторных опытах.

**Материалы и методика.** В работе использовались теоретические методы (анализ, сравнение, обобщение) и эмпирические методы (полевой опыт, лабораторный анализ, статистический анализ экспериментальных данных). Изучен ассортимент сортов полевых культур, включенных в Государственный реестр селекционных достижений и допущенных к возделыванию в Волго-Вятском регионе [7] по состоянию на 2022 г. Полевые исследования были проведены в УНПК «Агротехнопарк», лабораторные – на кафедре растениеводства, земледелия и селекции Удмуртского ГАУ по общепринятым методикам; в отделе аналитических исследований ТатНИИСХ – ОСП «ФИЦ «Казанский научный центр РАН» – на анализаторе зерна FOSS NIRS DS 2500 F.

**Результаты исследований.** *Озимая рожь* – наиболее распространенная в Удмуртии и адаптированная к почвенно-климатическим условиям региона озимая зерновая культура. К большому сожалению, в последние годы наметилась тенденция снижения ее посевных площадей. В Госреестр по Волго-Вятскому региону за последние 5 лет включено 2 сорта отечественной селекции – Чулпан 9 и Зилант соответственно уфимской и казанской селекции (табл. 1).

**Таблица 1 – Новые сорта озимых зерновых культур, допущенных к возделыванию по четвертому (Волго-Вятскому) региону**

Сорт	Год включения в Госреестр	Оригинатор
Озимая рожь		
Чулпан 9	2021*	ФГБНУ Уфимский ФИЦ РАН
Зилант	2022	ФГБУН «ФИЦ «Казанский научный центр РАН»
Озимая пшеница		
Универсиада	2018*	ФГБУН «ФИЦ «Казанский научный центр РАН»
Московская 82	2021*	ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка», ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого»
Немчиновская 85	2021*	ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка»
Влади	2022	ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию»

Примечание: \* – сорта, допущенные к возделыванию по Удмуртской Республике.

Озимая пшеница – вторая озимая зерновая культура, возделываемая в Удмуртии. Среди рекомендованных для возделывания в Волго-Вятском регионе сортов озимой пшеницы есть сорт Универсиада, который возделывается на полях Удмуртии уже не первый год. Данный сорт проходил испытание в УНПК «Агротехнопарк» Удмуртского ГАУ. Среди испыты-

ваемых сортов озимой пшеницы он характеризовался наибольшей зимостойкостью 3,0 балла и урожайностью 4,14 т/га (табл. 2).

Сорта озимой пшеницы испытывались в одном опыте с сортами озимой тритикале. Необходимо отметить, что при сравнении средней зимостойкости и урожайности зерна существенное преимущество имела озимая тритикале. Наибольшую урожайность (6,64 т/га) сформировал сорт Бета селекции ФГБУН «ФИЦ «Казанский научный центр РАН».

Тритикале – это относительно молодая культура, обладающая комплексом ценных признаков и свойств. Это искусственно полученная культура от скрещивания пшеницы и ржи, но не гетерозисный гибрид. На рисунке 1 представлены сравнительные схемы получения сорта тритикале и гетерозисного гибрида F1. От скрещивания до получения сорта тритикале уходит до 10 лет и более, а у гетерозисного гибрида скрещивание проводится на последнем этапе, и это уже даже не селекционный процесс, а семеноводство.

Тритикале – культура универсального использования. Сорта тритикале делятся на зерновые (фуражные и продовольственные), укосные и универсальные (на зерно и укос). Данная культура замечательно вписывается в «зеленый конвейер», занимая нишу между озимой рожью и многолетними травами. Тритикале по вегетации отстает от ржи на 10–14 дней. Зеленая масса тритикале характеризуется более поздней, чем у ржи, лигнификацией, ее можно убирать без потери качества вплоть до молочного состояния зерна.

**Таблица 2 – Сравнительная оценка сортов озимой пшеницы и тритикале (Удмуртский ГАУ, 2022 г.)**

Культура	Сорт	Зимостойкость, балл		Урожайность, т/га	
		балл	средняя по культуре	т/га	средняя по культуре
Озимая пшеница	Казанская 560	2,3	2,2	3,23	3,10
	Московская 56	2,0		2,90	
	Поэма	2,0		2,84	
	Туранус	1,7		2,71	
	Башкирская 10	2,7		2,67	
	Московская 39	2,0		2,52	
	Универсиада	3,0		4,14	
	Мера	2,3		3,80	
Озимая тритикале	Зимогор	3,0	3,6	4,21	5,66
	Бета	3,7		6,64	
	Ижевская 2	3,7		6,10	
	А-2	3,7		5,74	
	А-21	3,7		5,60	
НСР <sub>05</sub>		0,8		0,52	

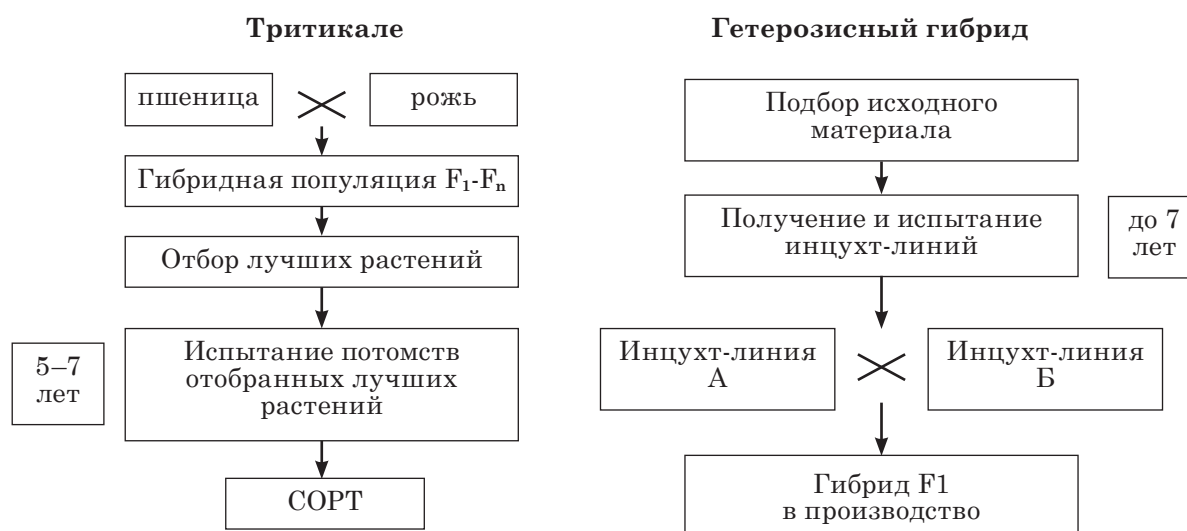


Рисунок 1 – Схемы получения сорта тритикале и гетерозисного гибрида

Тритикале – отличная фуражная культура. В таблице 3 представлена сравнительная характеристика качества зерна трех озимых зерновых культур.

По большинству показателей зерно озимой тритикале несколько уступало зерну пшеницы. Однако оно характеризовалось лучшими показателями по содержанию крахмала и незаменимых аминокислот.

Технология возделывания тритикале существенно зависит от сорта. В этом еще одно отличие тритикале от других культур, в частности от пшеницы. Агротехнические приемы для пшеницы мало различаются по сортам, чего не скажешь тритикале. К такому выводу позволили прийти результаты научных исследований, проведенных на опытном поле УдГАУ на протяжении последних 15 лет. К примеру, Ижевская 2 характеризуется большей, чем Зимогор, отзывчивостью на предпосевную обработку семян фунгицидами и комплексными хелатными удобрениями. Ижевская 2 может куститься и с осени, но она хорошо кустится и весной. Зимогор свои продуктивные стебли образует в основном на побегах осенне-

го кущения. От этого зависит и комплекс приемов ухода за посевами данных сортов.

Причину такого сортового разнообразия тритикале следует искать в ее происхождении, поскольку при отдаленной гибридизации формообразовательный процесс идет очень интенсивно. Одной из родительских форм, как известно, является перекрестноопыляющаяся культура – рожь, у которой широко распространены внутрисортный полиморфизм. Отсюда и значительные межсортовые различия у тритикале. Поэтому тритикале – это культура, которую надо уметь читать. Нужно уметь находить индивидуальный подход к каждому сорту.

В последние годы отечественные селекционеры создают сорта тритикале разного направления использования, отличающиеся и по биологии развития.

В Госреестр по четвертому региону включено 3 новых сорта озимой тритикале зернового направления использования – Богуслав, Форте, Илия, по одному сорту кормового использования – Гектор и силосного использования – Слон (табл. 4).

Таблица 3 – Химический состав зерна озимых зерновых культур (Удмуртский ГАУ, 2022 г.)

Культура, сорт	Содержание в зерне, %						
	белок	жир	зола	клетчатка	крахмал	аминокислоты	
						всего	в т. ч. незаменимые
Озимая тритикале Ижевская 2	11,2	1,50	1,37	2,42	64,2	8,22	3,13
Озимая пшеница Универсиада	13,4	1,82	1,38	2,53	63,3	8,63	3,07
Озимая рожь Фаленская 4	8,8	1,61	1,44	1,93	61,4	6,78	2,62



**Таблица 4 – Новые сорта тритикале, допущенные к возделыванию по четвертому (Волго-Вятскому) региону**

Сорт	Год включения в Госреестр	Оригинатор
Озимая тритикале		
Гектор	2019	ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»
Богуслав	2020	
Форте	2022*	
Илия	2022	ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко»
Слон	2022	
Яровая тритикале		
Доброе	2019*	ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»
Заозерье	2019	
Слово	2022*	
Савва	2020	ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко»
Тимур	2021	
Орден	2022	
Ботаническая 4	2022	ФГБУН Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН, ФГБНУ «ВНИИ сельскохозяйственной биотехнологии»
Тимирязевская 42	2022	

*Примечание:* \* – сорта, допущенные к возделыванию по Удмуртской Республике.

Недавно в республике появилась яровая тритикале, селекция которой в России ведется только с начала XXI в. Тем не менее за последние годы включено в Госреестр по четвер-

тому региону 8 сортов этой культуры. Она, как и озимая форма, может быть использована на разные цели, но селекционеры отдадут предпочтение ей как фуражной культуре. В отличие от озимой тритикале, по яровой активная селекционная работа ведется в Нечерноземной зоне – во Владимирской и Московской областях. Яровая тритикале характеризуется быстрым прохождением первой половины вегетации до колошения, она раньше, чем яровая пшеница, начинает выколашиваться. В связи с этим она активно использует весеннюю влагу. Но вторая половина очень растянута, вегетационный период на 7–10 суток длиннее, чем у среднеспелых сортов яровой пшеницы. Возможно, это свойство делает ее более урожайной.

В наших исследованиях средняя урожайность среднеспелых сортов яровой пшеницы составила 600 г/м<sup>2</sup> (что в пересчете составит 60,0 ц/га), сортов яровой тритикале – 683 г/м<sup>2</sup>. Наибольшая урожайность была у сорта Тимур (табл. 5).

Большое количество сортов селекционеры предлагают по яровой пшенице (табл. 6). За последние 5 лет допущено к использованию по Волго-Вятскому региону 3 сорта в группе раннеспелых, 3 сорта – в группе среднеранних, 9 сортов – среднеспелых, 2 сорта – среднепоздних.

Из перечисленных сортов яровой пшеницы 8 сортов – Ворожея, Ирень 2, Каменка, Ладья, Надира, Никон, Новосибирская 49 и Радмира – отнесены к ценным по качеству.

**Таблица 5 – Урожайность зерна сортов яровой пшеницы и яровой тритикале, г/м<sup>2</sup> (Удмуртский ГАУ, 2022 г.)**

Культура	Сорт	Средняя	Средняя по культуре	Отклонение от стандарта	
				Симбирцит	Ровня
Яровая пшеница	Симбирцит, ст.	609	600	0	–
	Тризо	594		-16	–
	Черноземноуральская 2	598		-11	–
Яровая тритикале	Ровня, ст.	695	683	86	0
	Ботаническая 4	582		-27	-113
	Доброе	656		47	-39
	Орден	682		73	-13
	Савва	625		5	-71
	Сельцо	737		127	42
	Слово	646		37	-49
	Тимирязевская 42	714		104	19
	Тимур	767		157	72
Явор	731	122	36		
НСР <sub>05</sub>				49	

Таблица 6 – Новые сорта яровой пшеницы, допущенные к возделыванию по четвертому (Волго-Вятскому) региону

Сорт	Год включения в Госреестр	Оригинатор
Раннеспелые сорта		
Ирень 2	2020	ФГБНУ «Уральский ФАНИЦ УрО РАН»
Экстра	2020*	
Одинцовская	2022	Челябинский НИИСХ
Среднеранние сорта		
Ворожея	2022	ООО «Агрокомплекс «Кургансемена»
Награда	2022	ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого»
Новосибирская 49	2022	ФГБНУ «ФИЦ Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН»
Среднеспелые сорта		
Бурлак	2019	ФГБУН Самарский ФИЦ РАН
Каменка	2019	РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию»
Экада 214	2019	ФГБУН Самарский ФИЦ РАН
Радмира	2020	ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка»
Ситара	2020	ФГБУН «ФИЦ «Казанский научный центр РАН»
Экада 258	2020	ФГБНУ «Уральский ФАНИЦ УрО РАН»
Надира	2022	ФГБУН «ФИЦ «Казанский научный центр РАН»
Никон	2022	ФГБУН Самарский ФИЦ РАН
Тая	2022	ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко»
Среднепоздние сорта		
Ладья	2019	РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию»
Аист 45	2022	ФГБНУ «Уральский ФАНИЦ УрО РАН»

Примечание: \* – сорта, допущенные к возделыванию по Удмуртской Республике.

Сорта овса различают по направлениям использования – зерновые и кормовые (на зеленый корм), в последние годы появились голозерные сорта продовольственного направления использования. Селекционеры предложили для нашего региона сорта всех трех групп (табл. 7).

Таблица 7 – Новые сорта овса, допущенные к возделыванию по четвертому (Волго-Вятскому) региону

Сорт	Год включения в Госреестр	Оригинатор
Зерновые сорта		
Гармония	2019	NORDSAAT SAATZUCHT GMBH (Германия)
Грум	2019	ФГБУН Самарский ФИЦ РАН, ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка»
Драгун	2021*	ФГБУН Самарский ФИЦ РАН
Радужный	2022	ФГБУН ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН
Фаленец	2022	ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого»
Кормовые сорта		
Архан	2020	ФГУП «Котласское» (Архангельская обл.), ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка»
Кросс	2022	ФГБНУ «Уральский ФАНИЦ УрО РАН»
Голозерные сорта		
Азиль	2022	ФГБУН Самарский ФИЦ РАН, ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка»

Примечание: \* – сорта, допущенные к возделыванию по Удмуртской Республике.

По продолжительности вегетационного периода сорта Гармония и Архан отнесены к группе среднеранних, остальные сорта – к группе среднеспелых. По качеству зерна сорта Гармония и Драгун являются ценными.

Ячмень – основная зернофуражная культура в Удмуртской Республике. Она занимает более 40 % от площади всех зерновых и зернобобовых культур. Сортовое разнообразие ее велико. В последние 5 лет по четвертому региону допущено к использованию еще 7 сортов двурядного ячменя, 2 сорта – многорядного (Нургуш и Тевкеч), и впервые включен в Госреестр сорт голозерного ячменя Дева, предназначенный для продовольственных целей (табл. 8).

Сорта различаются по продолжительности вегетационного периода. Сорт Кудесник относится к среднеранним сортам, Нургуш – к среднепоздним, остальные – к среднеспелым.

**Таблица 8 – Новые сорта ярового ячменя, допущенные к возделыванию по четвертому (Волго-Вятскому) региону**

Сорт	Год включения в Госреестр	Оригинатор
Зерновые сорта		
Бенте	2018	SAATEN-UNION GMBH (Германия)
Лидар	2020*	ООО «Агрокомпания Л И З» (г. Уфа)
Нургуш	2020	Челябинский НИИСХ
Кудесник	2021*	ФГБУН ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН
Эндан	2021*	ФГБУН «ФИЦ Казанский научный центр РАН»
Корнет стойкий	2022*	РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию»
Орда	2022	Челябинский НИИСХ
Рафаэль	2022	ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка», ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
Тевкеч	2022	ФГБУН «ФИЦ Казанский научный центр РАН»
Голозерные сорта		
Дева	2022	РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию»

*Примечание:* \* – сорта, допущенные к возделыванию по Удмуртской Республике.

*Горох* – культура старая, но перешедшая, к сожалению, в разряд сильно недооцененных и редких. Это отличная продовольственная и фуражная культура, велика ее роль в земледелии как предшественника. Белок зерна гороха, состоящий из легкорастворимых альбуминов и глобулинов, легко усваивается животным организмом. В нем содержится много незаменимых аминокислот: тирозина, триптофана, лизина, аргинина, гистидина и др.

Сейчас много говорят о сое как перспективной культуре и альтернативе гороха. В таблице 9 дана сравнительная характеристика зернобобовых культур по качеству зерна. По содержанию сырого протеина соя в лидерах наравне с люпином узколистным, но вот по содержанию незаменимых аминокислот (чем и славятся зернобобовые) она уступает всем культурам, за исключением вики яровой.

*Соя* – южная теплолюбивая культура, которой необходимо адаптироваться к почвенно-климатическим условиям нашего региона. Оптимальные условия для ее роста и развития бывают далеко не всегда. Пример – лето 2022 г.: холодное и дождливое начало вегетационного сезона затянуло прорастание и развитие растений, посевы сильно заросли сорняками. Даже жаркая и сухая вторая половина лета не ускорила созревание. Посевы сои достигли спелости лишь к концу сентября.

*Горох* – это наша исконная культура. Селекционеры сильно ее видоизменили, в последние 40–45 лет произошла «зеленая революция» по отношению к гороху.

**Таблица 9 – Содержание сырого протеина и аминокислотный состав белка в зерне зернобобовых культур [12]**

Показатель	Горох	Соя	Люпин узколистный	Вика яровая	Бобы кормовые
Сырой протеин	21,0	31,9	32,0	25,0	25,0
Лизин	7,22	6,61	4,77	5,53	5,60
Метионин	1,03	1,07	2,62	1,01	0,96
Треонин	3,83	3,42	3,52	4,09	3,60
Триптофан	1,00	1,07	0,49	0,56	1,12
Валин	4,56	5,64	3,58	4,19	6,00
Изолейцин	4,38	3,95	4,07	3,78	6,00
Лейцин	6,81	5,52	6,54	6,77	9,60
Фенилаланин	4,68	6,14	3,97	3,81	4,72
Гистидин	3,29	2,51	2,88	2,50	2,96
Аргинин	7,18	6,43	10,2	9,37	8,00
Сумма незаменимых аминокислот	43,98	42,36	42,64	41,61	48,56

Сегодняшний уровень техники, технологий, достижения селекции позволяют решить существовавшие ранее проблемы возделывания этой культуры. На смену сильно полегающим листочковым сортам с длительным периодом созревания пришли сорта «усатые», или, правильно сказать, безлисточковые, которые не полегают или полегают меньше, чем листочковые.

Сорта гороха делятся на две группы – это окрашенноцветковые (или пелюшки) и белоцветковые. Именно так правильно их называть в соответствии с существующей классификацией. В последние 5 лет в Госреестр по четвертому региону включен 1 сорт пелюш-

ки кировской селекции и 18 сортов белоцветкового гороха безлисточкового типа (табл. 10).

Интересен сорт Ягуар, который относится к новому морфологическому типу «хамелеон». В зоне плодоношения лист представлен многократно разветвленными усиками с нерегулярно расположенными на них листочками (усато-листочковый).

В УНПК «Агротехнопарк» Удмуртского ГАУ испытывали сорта отечественной и иностранной селекции. Преимущество по урожайности было за отечественным сортом Усатый кормовой. Урожайность семян иностранных сортов составила 39–47 % к уровню урожайности сорта Усатый кормовой (табл. 11).

Таблица 10 – Новые сорта гороха, допущенные к возделыванию по четвертому (Волго-Вятскому) региону

Сорт	Год включения в Госреестр	Оригинатор
Окрашенноцветковые сорта (пелюшка)		
Светоч	2019	ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого»
Безлисточковые («усатые») сорта		
Эдем	2018	ФГБНУ «Уральский ФАНИЦ УрО РАН»
Фаленский юбилейный	2018	ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого»
Кулон	2019	ООО «Агрокомплекс «Кургансемена», ФГБУН Самарский ФИЦ РАН
Премьер	2019	ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»
Сотник	2019	
Шеврон	2019	ФГБУН Самарский ФИЦ РАН
Ямальский 305	2019	ООО «Агролига Семена» (г. Москва)
Велес	2020	ООО «Агрокомплекс «Кургансемена», ФГБУН «ФИЦ «Казанский научный центр РАН»
Посейдон	2020	SELGEN A.S. (Чехия)
Сибирский богатырь	2020	ФГБУН ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН
Самат	2020	ООО НПК «АГРОАЛЬЯНС» (Тюменская обл.)
Ягуар	2020	ФГБНУ «ФНЦ зернобобовых и крупяных культур»
Факел	2021*	Министерство АПК Свердловской обл.
Тус	2021*	ФГБУН Самарский ФИЦ РАН
Синбир	2021*	
Донец	2022	ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»
Памяти Попова	2022	ФГБНУ Уфимский ФИЦ РАН
Рыжик	2022*	ФГБУН ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН

Примечание: \* – сорта, допущенные к возделыванию по Удмуртской Республике.

Таблица 11 – Урожайность сортов гороха, т/га (Удмуртский ГАУ, 2022 г.)

Сорт	Оригинатор	Урожайность	
		средняя	в % к стандарту
Усатый кормовой, ст.	ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»	3,13	–
Памяти Хангильдина	ФГБНУ Уфимский ФИЦ РАН	1,83	58
Багу	KWS	1,48	47
Камелот	Чехия	1,31	41
Карени	KWS	1,25	39

*Люпин узколистный* – культура, которая по ценности, как отмечалось выше, находится на одном уровне с соей и превосходит горох. Люпин узколистный сложен в выращивании в чистом виде, так как сильно засоряется сорняками. В Пермской ГСХА еще в начале 2000-х годов проводили исследования по изучению бобово-злаковых агрофитоценозов. Авторы пришли к выводу, что в Среднем Предуралье люпин узколистный может формировать урожайность зерна на уровне 0,95–1,72 т/га, но в чистом виде выращивать его не эффективно [11]. Для повышения энергетической эффективности посевов они рекомендовали сеять люпино-ячменные смеси на фоне предпосевного внесения азотных удобрений в дозе  $N_{45}$  с нормой высева люпина 0,3 млн шт./га, ячменя – 3,8 млн шт./га. Для повышения протеиновой продуктивности лучше сеять люпино-гороховые смеси без внесения азота с нормой высева люпина и гороха по 0,6 млн шт./га (табл. 12).

Люпин узколистный практически не возделывается в Удмуртии, но он заслуживает внимания как альтернатива к предлагаемой для возделывания в регионе сое. Исследования ученых Удмуртского ГАУ показали, что даже в стрессовых условиях произрастания урожайность сортов данной культуры в чистом виде может достигать в Удмуртии 1,04–1,27 т/га [1].

В Госреестр по Волго-Вятскому региону в последние годы внесено 5 сортов люпина узколистного отечественной селекции (табл. 13).

Таким образом, сортовое разнообразие зерновых и зернобобовых культур очень велико. Что сеять, семена какого сорта или гибрида приобретать – решать сельхозтоваропроизводителю. Не нужно опасаться начать возделывать и нетрадиционные культуры – тритикале, люпин узколистный, слегка забытый горох.

В Доктрине продовольственной безопасности РФ [10], утвержденной Указом Президента Российской Федерации В. В. Путина от 21 января 2020 г., отмечено, что «... продовольственная независимость Российской Федерации – самообеспечение страны основными видами отечественной сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. ... Продовольственная независимость определяется как уровень самообеспечения в процентах, рассчитываемый как отношение объема отечественного производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия к объему их внутреннего потребления и имеющий пороговые значения в отношении ... семян основных сельскохозяйственных культур отечественной селекции – не менее 75 %». Давайте следовать этому!

Таблица 12 – Урожайность бобовых и бобово-злаковых агрофитоценозов с участием люпина узколистного (Пермская ГСХА, 2005–2007 гг.) [11]

Доза азота, кг/га	Агрофитоценоз	Урожайность, т/га	Обменная энергия		Переваримый протеин	
			МДж/кг	ГДж/га	г/к. ед	кг/га
Без азота	Люпин (к)	1,10	11,6	12,7	231	298
	Люпин + ячмень	2,06	10,6	21,8	117	269
	Люпин + овес	1,36	10,2	13,9	126	184
	Люпин + горох	1,81	11,2	20,3	171	357
	Люпин + вика	1,43	11,3	16,2	215	352
$N_{45}$	Люпин (к)	0,99	11,6	11,5	235	272
	Люпин + ячмень	2,36	10,6	24,9	117	305
	Люпин + овес	1,58	10,1	15,9	122	205
	Люпин + горох	1,66	11,3	18,8	181	346
	Люпин + вика	1,25	11,3	14,2	217	311

Таблица 13 – Новые сорта люпина узколистного, допущенные к возделыванию по четвертому (Волго-Вятскому) региону

Сорт	Год включения в Госреестр	Оригинатор
Аккорд	2018	ФГБНУ «ФИЦ картофеля им. А. Г. Лорха»
Меценат	2018	Ленинградский НИИСХ «Белогорка»
Белорозовый 144	2019	ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»
Куршавель	2019	ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева
Федоровский	2021	ФГБНУ «ФИЦ картофеля им. А. Г. Лорха»

**Выводы.** В Госреестр по Волго-Вятскому региону за последние 5 лет включено более 80 сортов основных зерновых и зернобобовых культур отечественной селекции. Следуя принципам подбора сортов, условия Удмуртской Республики позволяют реализовать их потенциал. Наряду с традиционными культурами заслуживают внимания и малораспространенные, для которых также есть сорта, допущенные к использованию по Волго-Вятскому региону. По данным исследований Удмуртского ГАУ, сорта озимой тритикале при средней зимостойкости (3,6 балла) и урожайности зерна (5,66 т/га) превысили аналогичные показатели сортов озимой пшеницы (соответственно 2,2 балла и 3,10 т/га). Биологические особенности сортов яровой тритикале позволили получить урожайность зерна 683 г/м<sup>2</sup>, что на 14 % выше урожайности сортов яровой пшеницы. Преимущество по урожайности отечественного сорта гороха Усатый кормовой перед зарубежными сортами составило 39–47 %.

#### Список источников

1. Агробиологическая оценка сортов и сортообразцов люпина узколистного (*Lupinus Angustifolius*) в условиях Удмуртской Республики / А. В. Ястребова [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 4(67). С. 79–82.

2. Алабушев А. В. Сорт как фактор инновационного развития зернового производства // Зерновое хозяйство России. 2011. № 3. С. 7–15.

3. Бабайцева Т. А. Засухоустойчивость растений можно регулировать // Агропром Удмуртии. 2011. № 1–2 (75–76). С. 38–39.

4. Бабайцева Т. А., Полторыдядько Е. Н. Оценка сортов озимой тритикале на разных фонах минерального питания // Нива Поволжья. 2021. № 3(60). С. 38–45. DOI 10.36461/NP.2021.60.3.013.

5. Безгодов А. В., Ахметханов А. В. Эффективность применения средств защиты растений как элемента интенсивной технологии при возделывании сортов ярового ячменя // Инновационные технологии в науке и образовании. 2016. № 4 (8). С. 192–198. DOI: 10.21661/r-113374.

6. Вафина Э. Ф., Осипова Е. А. Сортные особенности проростков озимой тритикале в зависимости от предпосевной обработки семян // Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК: сб. ст. по материалам III Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Курган, 2022. С. 109–113.

7. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том I. Сорта растений (официальное издание). Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 646 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2022/06/Реестр%20на%20допуск%202022.pdf> (дата обращения: 20.02.2023).

8. Гусева Л. В. Влияние сорта на повышение экономической эффективности выращивания зерновых культур в условиях Среднего Урала // Общие вопросы мировой науки. Luxembourg: SIC «LJournal», 2017. С. 49–53. DOI: 10.18411/gq-30-11-2017-27.

9. Гусева Л. В., Мальцев Н. В. Сорт как фактор повышения урожайности и экономической эффективности выращивания зерновых культур в условиях Среднего Урала // Теория и практика мировой науки. 2017. № 6. С. 12–17.

10. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. Москва, 2020. 26 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/3e5/3e5941f295a77fdcfed2014f82ecf37f.pdf> (дата обращения: 21.02.2023).

11. Елисеев С. Л. К вопросу о возделывании люпина узколистного на зерно в Предуралье // Аграрный вестник Урала. 2010. № 5(71). С. 38–40.

12. Зверев С., Никитина М. Оценка качества белка бобовых культур // Комбикорма. 2017. № 4. С. 37–41.

13. Полторыдядько Е. Н., Бабайцева Т. А. Сортная реакция озимой тритикале на изменение фона минерального питания // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6(92). С. 47–51. DOI 10.37670/2073-0853-2021-92-6-47-51.

14. Скатова С. Е., Васильев В. В. Экологическая селекция зерновых культур во Владимирском НИИСХ (итоги 2006–2010 гг.) // Владимирский земледелец. 2011. № 1. С. 13–15.

15. Федеральный закон «О семеноводстве» от 30.12.2021 N 454-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_405425/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405425/) (дата обращения: 10.03.2023).

16. Экономическая эффективность возделывания новых сортов озимой пшеницы селекции Северо-Кавказского ФНАЦ / Ф. В. Ерошенко [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 9. С. 114–117. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10927.

17. Oral E. (2018) Effect of nitrogen fertilization levels on grain yield and yield components in triticale based on AMMI and GGE biplot analysis // Applied Ecology and Environmental Research. 2018. № 16(4). P. 4865–4878. DOI: 10.15666/aeer/1604\_48654878.

#### References

1. Agrobiologicheskaya ocenka sortov i sortobrazcov lyupina uzkolistnogo (*Lupinus Angustifolius*) v usloviyah Udmurtskoj Respubliki / A. V. Yastrebova [i dr.] // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 4(67). S. 79–82.

2. Alabushev A. V. Sort kak faktor innovacionnogo razvitiya zernovogo proizvodstva // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2011. № 3. S. 7–15.

3. Babajceva T. A. Zasuhojstojchivost' rastenij mozhno regulirovat' // Agroprom Udmurtii. 2011. № 1–2 (75–76). S. 38–39.

4. Babajceva T. A., Poltorydyad'ko E. N. Ocenka sortov ozimoy tritikale na raznyh fonah mineral'nogo

pitaniya // Niva Povolzh'ya. 2021. № 3(60). S. 38–45. DOI 10.36461/NP.2021.60.3.013.

5. Bezgodov A. V., Ahmethanov A. V. Effektivnost' primeneniya sredstv zashchity rastenij kak elementa intensivnoj tekhnologii pri vozdelevanii sortov yarovogo yachmenya // Innovacionnye tekhnologii v nauke i obrabotke. 2016. № 4 (8). S. 192–198. DOI: 10.21661/r-113374.

6. Vafina E. F., Osipova E. A. Sortovye osobennosti prorožkov ozimoj tritikale v zavisimosti ot predposevnoj obrabotki semyan // Dostizheniya i perspektivy nauchno-inovacionnogo razvitiya APK: sb. st. po materialam III Vseoros. (nac.) nauch.-prakt. konf. Kurgan, 2022. S. 109–113.

7. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopushchennyh k ispol'zovaniyu. Tom I. Sorta rastenij (oficial'noe izdanie). Moskva: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2022. 646 s. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2022/06/Reestr%20na%20dopusk%202022.pdf> (data obrashcheniya: 20.02.2023).

8. Guseva L. V. Vliyanie sorta na povyshenie ekonomicheskoj effektivnosti vyrashchivaniya zernovyh kul'tur v usloviyah Srednego Urala // Obshchie voprosy mirovoj nauki. Luxembourg: SIC «LJournal», 2017. S. 49–53. DOI: 10.18411/gq-30-11-2017-27.

9. Guseva L. V., Mal'cev N. V. Sort kak faktor povysheniya urozhajnosti i ekonomicheskoj effektivnosti vyrashchivaniya zernovyh kul'tur v usloviyah Srednego Urala // Teoriya i praktika mirovoj nauki. 2017. № 6. S. 12–17.

10. Doktrina prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii. Moskva, 2020. 26 s. [Elektronnyj

resurs]. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/3e5/3e5941f295a77fdcfed2014f82ecf37f.pdf> (data obrashcheniya: 21.02.2023).

11. Eliseev S. L. K voprosu o vozdelevanii lyupina uzkolistnogo na zerno v Predural'e // Agrarnyj vestnik Urala. 2010. № 5(71). S. 38–40.

12. Zverev S., Nikitina M. Ocenka kachestva belka bobovyh kul'tur // Kombikorma. 2017. № 4. S. 37–41.

13. Poltorydyad'ko E. N., Babajceva T. A. Sortovaya reakciya ozimoj tritikale na izmenenie fona mineral'nogo pitaniya // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 6(92). S. 47–51. DOI 10.37670/2073-0853-2021-92-6-47-51.

14. Skatova S. E., Vasil'ev V. V. Ekologicheskaya selekciya zernovyh kul'tur vo Vladimirskom NIISKH (itogi 2006–2010 gg.) // Vladimirskij zemledec. 2011. № 1. S. 13–15.

15. Federal'nyj zakon «O semenovodstve» ot 30.12.2021 N 454-FZ [Elektronnyj resurs]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_405425/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405425/) (data obrashcheniya: 10.03.2023).

16. Ekonomicheskaya effektivnost' vozdelevaniya novyh sortov ozimoj pshenicy selekcii Severo-Kavkazskogo FNAC / F. V. Eroshenko [i dr.] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018. T. 32. № 9. S. 114–117. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10927.

17. Oral E. (2018) Effect of nitrogen fertilization levels on grain yield and yield components in triticale based on AMMI and GGE biplot analysis // Applied Ecology and Environmental Research. 2018. № 16(4). P. 4865–4878. DOI: 10.15666/aer/1604\_48654878.

#### Сведения об авторах:

**Т. А. Бабайцева** <sup>✉</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,  
<https://orcid.org/0000-0002-3784-0025>;

**Э. Ф. Вафина**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,  
<https://orcid.org/0000-0003-3086-2886>;

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

**И. Х. Аллауи**, аспирант

Удмуртский ГАУ, ул. Кирова, 16, Ижевск, Россия, 426069

<sup>✉</sup>taan62@mail.ru

Original article

## PROMISING VARIETIES OF GRAIN AND LEGUMINOUS CROPS FOR CULTIVATION IN UDMURTIA

**Tatiana A. Babaytseva** <sup>✉</sup>, **Elmira F. Vafina**, **Anna V. Milchakova**, **Ibrahim Hamadi Allaoui**

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

<sup>✉</sup>taan62@mail.ru


**Abstract.** *The information on varietal zoning is necessary to improve the efficiency of cultivation of a particular crop. The purpose of the study was to identify promising varieties of grain and leguminous crops for cultivation in the Udmurt Republic. To achieve the goal, the following tasks were set: to analyze the State Register of Selection Achievements and identify varieties approved for cultivation in the Volga-Vyatka region over the past 5 years (2018–2022); to give a comparative assessment of individual varieties of field crops in field and laboratory*

experiments. Theoretical methods (analysis of State Register data, generalization) and empirical methods (field experience, laboratory analysis, statistical analysis of experimental data) were used in the work. Field studies were conducted in the educational scientific and industrial complex "Agro-Technopark", laboratory studies – at the Department of Plant Cultivation, Crop Farming and Selection of Udmurt State Agricultural University according to generally accepted methods; in the Department of Analytical Research of the Tatar Research Institute of Agriculture – Subdivision of FRC "Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences" – on the grain analyzer FOSS NIRS DS 2500 F. More than 80 varieties of the main grain and leguminous crops of domestic selection have been included in the State Register in the Volga-Vyatka region over the past 5 years. The conditions of the Udmurt Republic provide an opportunity to realize the potential of varieties in accordance with the principles of their selection. Along with the traditional crops the less widespread ones deserve attention. The minor crops also have varieties approved for the use in the Volga-Vyatka region. According to the research data of the Udmurt State Agricultural University, the winter hardiness (3.6 points) and grain yield (5.66 t/ha) of winter triticale varieties exceed the these indicators of winter wheat varieties (2.2 points and 3.10 t/ha, respectively). Biological features of spring triticale varieties provide an opportunity to obtain grain yield of 683 g/m<sup>2</sup>, which is 14 % higher than the yield of spring wheat varieties. The advantage in yielding ability of the domestic variety of field pea Usatyy was 39–47 % over foreign varieties.

**Key words:** variety, State Register, winter rye, winter and spring wheat, winter and spring triticale, barley, oats, peas, blue lupine.


**For citation:** Babaytseva T. A., Vafina E. F., Milchakova A. V., Allaoui I. H. Promising varieties of grain and leguminous crops for cultivation in Udmurtia. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2023; 1(73): 4-15. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_4-15](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_4-15).

#### Authors:

**T. A. Babaytseva** , Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-3784-0025>;

**E. F. Vafina**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-3086-2886>;

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

**I. H. Allaoui**, Postgraduate student  
Udmurt State Agricultural University, 16 Kirova St., Izhevsk, Russia, 426069  
 [taan62@mail.ru](mailto:taan62@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 13.03.2023; одобрена после рецензирования 16.03.2023; принята к публикации 17.03.2023.

The article was submitted 13.03.2023; approved after reviewing 16.03.2023; accepted for publication 17.03.2023.



Научная статья

УДК 638.144.5

DOI 10.48012/1817-5457\_2023\_1\_16-21

## ВЛИЯНИЕ ВИТАМИННО-МИНЕРАЛЬНОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ МЕДОНОСНЫХ ПЧЕЛ (*APIS MELLIFERA*)

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

<sup>1,2,4</sup>Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

<sup>3</sup>ООО «Производственная компания Ижсинтез-Химпром», Ижевск, Россия

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

**Аннотация.** Применение современных технологий позволяет получить стимулирующие препараты нового поколения. Целью исследования стала оценка продуктивности медоносных пчел при использовании кормовой добавки с учетом совместимости витаминов и минеральных компонентов. Исследования проводили на медоносных пчелах согласно традиционным методикам, утвержденным НИИ пчеловодства. В весенне-летний период 2022 г. в условиях стационарной пасеки (Удмуртская Республика, Завьяловский район) были подобраны четыре опытные группы, по 10 пчелиных семей в каждой. При формировании групп учитывалась сила семей, количество расплода, возраст пчелиной матки и конструкция улья. Подкормка проводилась после зимовки пчел, во второй половине апреля. Первая группа пчел получала витаминно-минеральную добавку, приготовленную по общепринятой схеме. Вторая и третья группы получали витаминно-минеральную добавку, состоящую из хелатных соединений, но третья – с более высокой дозировкой. Четвертая группа являлась контролем. По результатам исследования валовая и товарная медовая продуктивность в третьей опытной группе превышала показатели контрольной группы на 19,1 % и 32,2 % соответственно. Максимальное количество расплода на 36-е сутки после проведения подкормки зафиксировано в третьей опытной группе, что больше, чем в контрольной на 24,75 % (191,5 сотен ячеек), во второй опытной группе – на 20,5 % (31,5 сотен ячеек). Показатели яйценоскости маток на 36-е сутки исследования в третьей опытной группе были выше контрольной на 24,7 %.

**Ключевые слова:** пчеловодство, медовая продуктивность, кормовая добавка, хелатные соединения, минеральные компоненты, витамины.

**Для цитирования:** 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. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_16-21](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_16-21).

**Актуальность.** На сегодняшний день учеными всего мира доказано положительное влияние кормовых добавок на продуктивность сельскохозяйственных животных, в том числе и пчел [5]. Здоровая, сильная пчелиная семья может обеспечить себя кормами на весь период весенне-летнего сезона, в том числе с учетом зимнего содержания, однако зачастую в ходе продолжительного периода зимовки пчелиные семьи теряют силу и выходят из нее ослабленными [2]. Климатический фактор оказывает существенное неблагоприятное влияние на состояние пчелиных семей в весенний период: затяжные дожди, ночные заморозки негативно сказываются на их развитии. Ослабленные семьи после зимовки более восприимчивы к различным заболеваниям (американ-

ский и европейский гнилец, акарапидоз, порошкови́дный расплод, аскосфероз, нозематоз, септицемия, варроатоз и т.д.). Продуктивность таких семей бывает ниже, чем здоровых. Болезни пчел наносят большой ущерб пчеловодству. Они ослабляют пчел, уничтожают целые семьи, таким образом, пасека становится нерентабельной и зачастую даже убыточной. Только в здоровой семье матка и пчелы могут полностью проявлять свои хозяйственно-полезные качества [3].

В ранневесенний период пчелиные семьи не получают в достаточном количестве минеральные компоненты для выращивания расплода из-за неблагоприятных погодных условий и недостаточного медосбора [8]. Поэтому важно обращать особое внимание на их корм-

ление, особенно при неблагоприятных погодных условиях, для сохранения максимальных жизнеспособных и продуктивных качеств пчелиных семей.

Используемые в настоящее время кормовые добавки для пчел, кроме присущих им достоинств, имеют ряд недостатков, снижающих эффективность их применения:

- 1) недостаточную биодоступность витаминов, особенно жирорастворимых;
- 2) недостаточную биодоступность соединений микроэлементов;
- 3) токсичность соединений микроэлементов.

Нередко добавки используются без учета совместимости отдельных компонентов. Так, например, между витаминами группы В возможен конфликт, так, В<sub>2</sub> и В<sub>12</sub> препятствуют усвоению друг друга. А комбинация витаминов А и Е дает положительный эффект: попадая в организм одновременно, они усиливают действие друг друга.

Применение современных технологий позволило получить стимулирующие препараты нового поколения, которые при рациональном сочетании минеральных компонентов и витаминов благоприятно влияют на продуктивность животных [7]. К ним можно отнести подкормки с включением препаратов органического происхождения, комплексные аминокислотно-витаминно-микроэлементные препараты, пробиотики, антиоксидантные препараты.

Микроэлементы являются регулярными и активными участниками обменных процессов, происходящих в организме пчел. Основными минеральными составными частями являются Р, К, Mg, Са, Fe, Zn и Ni, в меньших концентрациях содержится Mn, Cu, Mo, Ba, Si [9].

Химическое взаимодействие витаминов и микроэлементов более выражено в жидких лекарственных формах, чем в твердых [11]. Преимущество в том, что компоненты в этой лекарственной форме растворены в жидкости, поэтому их усвоение начинается практически сразу.

В современном мире благодаря технологическому прогрессу появляются хелатные формы витаминно-минеральных комплексов. Биологическая доступность подобных комплексов приближается к 100 %.

Немаловажно, что ионы металлов в комплексе с аминокислотами становятся не такими токсичными и могут катализировать различные биохимические процессы, образова-

ние таких соединений приводит к изменению их биологических и химических свойств [1].

Высокая эффективность использования органических форм микроэлементов, их полноценное усвоение в живом организме позволяет сократить дозы в 3–4 раза, при том же биологическом эффекте [10].

**Цель исследования** – оценка продуктивности медоносных пчел при использовании кормовой добавки с учетом совместимости витаминов и минеральных компонентов.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи.

- 1) проанализировать действие кормовой добавки, приготовленной по общепринятой схеме, на продуктивность медоносных пчел;
- 2) проанализировать эффективность влияния кормовой добавки, состоящей из двух частей (сухой и жидкой), на хозяйственно-полезные и продуктивные показатели пчелиных семей с учетом синергетического и антагонистического эффекта витаминов, макро- и микроэлементов.

**Материалы и методы.** Экспериментальные кормовые добавки, описанные в работе, представлены двумя типами и состоят из следующих элементов: комплекс витаминов группы В, витамины А, С, Д, Е, а также минеральные компоненты Са, Mg, К, Fe, Mn, Zn, Со. Первая кормовая добавка формировалась традиционным способом, без учета антагонистических свойств микро- и макроминеральных компонентов. Вторая кормовая добавка состояла из двух фракций. Для одной фракции жирорастворимые витамины растворяли в жирах, поэтому их вводили пчелам в виде стабильной микроэмульсии. Другую фракцию витаминно-минеральной кормовой добавки вводили в виде сухой смеси. Обе фракции (жидкую и сухую) кормовой добавки вводили в сахарный сироп отдельно друг от друга и скармливали пчелам с интервалом в 2–3 дня. Комплексная подкормка проводилась однократно.

Исследования проводили согласно традиционным методикам в пчеловодстве (2006) [6], в рамках гранта Президента РФ 2021–2022 гг. для государственной поддержки молодых российских ученых по направлению «Сельскохозяйственные науки». В весенне-летний период 2022 г. в условиях стационарной пасеки (Удмуртская Республика, Завьяловский район) были сформированы четыре опытные группы, по 10 пчелиных семей в каждой. Семьи были подобраны в группы по принципу параналогов с учетом их продуктивности, силы,

возраста пчелиных маток и конструкции улья. Подкормка проводилась после зимовки пчел, во второй половине апреля.

1-я опытная группа пчел получала витаминно-минеральную добавку, приготовленную по общепринятой схеме, без учета антагонистических свойств витаминов и минералов, из расчета 1 г на 1 л сахарного сиропа в 50 % концентрации.

2-я опытная группа пчел получала витаминно-минеральную добавку, состоящую из хелатных соединений: часть № 1 – 0,25 мл на 0,5 л сахарного сиропа и часть № 2 – 0,5 г на 0,5 л сахарного сиропа.

3-я опытная группа пчел получала такую же витаминно-минеральную добавку из хелатных соединений, но с более высокой дозировкой: часть № 1 – 0,5 мл на 0,5 л сахарного сиропа и часть № 2 – 1 г на 0,5 л сахарного сиропа.

4-я группа являлась контролем и не получала кормовую добавку, только сахарный сироп в равном количестве с другими опытными группами (1 л сахарного сиропа).

Анализ количества расплода проводили по методике В. В. Малкова (1985). С помощью рамки-сетки (квадрат 5×5 см включает 100 ячеек пчелиного расплода) определяли число ячеек, занятых расплодом. Учет проводили каждые 12 дней. Количество расплода в квадратах умножали на 100 и делили на 12 для расчета средней яйценоскости матки в сутки [4].

В конце главного медосбора определяли медовую продуктивность. Выход товарного меда учитывали путем взвешивания на весах после откачивания меда. Количество зимних кормов определяли визуально, исходя из того, что в одной рамке размером 435×300 мм содержится от 3,5 до 4,5 кг меда, и взвешиванием рамок на весах. Валовой сбор меда определяли путем взвешивания меда, оставленного в гнезде и откаченного, а также страхового запаса по 5 кг на семью.

**Результаты и обсуждение.** Проведенные исследования показывают, что показатели продуктивности медоносных пчел отличаются друг от друга в результате добавления подкормок с различными дозировками и формами введения.

Так, товарная медовая продуктивность в 3-й опытной группе с максимальной дозировкой минеральных веществ и витаминов составила 32 кг, что на 32,2 % выше, чем в контрольной группе, во 2-й группе (с использова-

нием также хелатных форм соединения компонентов, но в меньшей дозировке) – на 2,47 % (рис. 1). Показатели в 1-й опытной группе были ниже, чем в контрольной почти на 5,0 %.

Количество кормового меда, оставленного для зимовки пчел в группах, незначительно отличалось. Различия по количеству кормового меда, оставленного в улье пчелиным семьям между группами, варьировали от 31,0 до 34,5 кг.

Валовая медовая продуктивность в 3-й опытной группе зафиксирована как максимальная и составила 65,75 кг, это больше, чем в контрольной группе на 10,54 кг, что достоверно с разницей  $P \geq 0,99$  (контроль 55,21 кг). Разница между 2-й опытной группой и контрольной составила 4,1 кг (7,41 %). Показатели 1-й группы оказались ниже контрольной группы на 1,3 %.

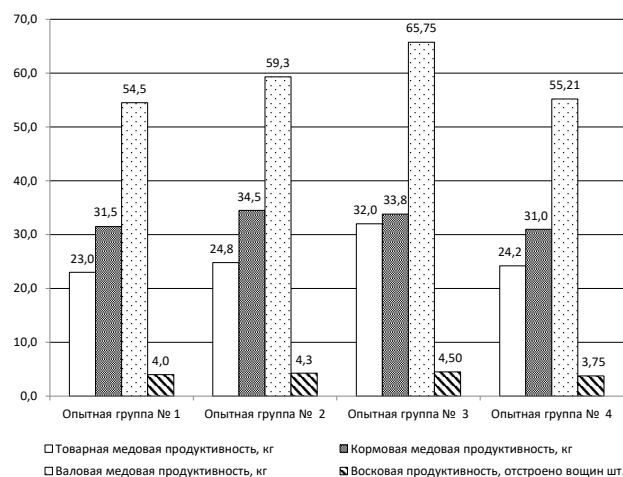


Рисунок 1 – Динамика роста медовой и восковой продуктивности

Восковая продуктивность оказалась наибольшей также в 3-й группе и составила 4,5 шт. вошины, что на 20 % больше, чем в контроле. Немного ниже во 2-й группе – на 4,4 %. В 1-й группе эти показатели оказались выше на 6,7 %, чем в контрольной группе.

Для проведения опыта по изучению динамики роста пчелиной семьи перед подкормкой группы были сформированы по количеству расплода от 30,5 до 33,0 сотен ячеек, что имеет незначительную разницу между исследуемыми группами (рис. 2).

Уже через 12 суток после применения витаминно-минеральных добавок была заметна разница в развитии пчелиных семей. В 3-й опытной группе количество расплода превышало контроль на 19,9 %, или 9,75 сотен ячеек. Разница между 1-й и 2-й группами была

незначительной и составила 3,25 сотен ячеек (6,6 %) в пользу 1-й группы.

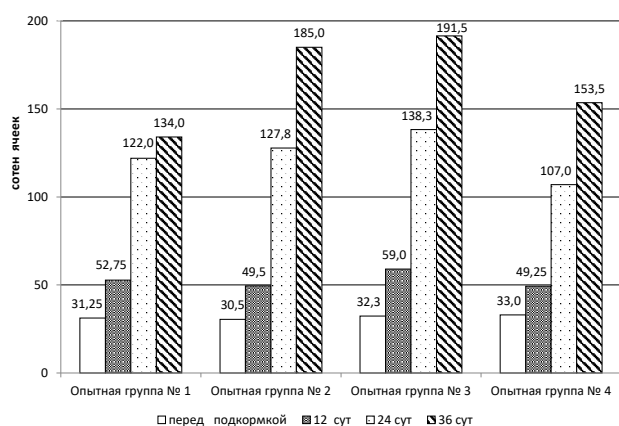


Рисунок 2 – Динамика роста пчелиной семьи, сотен ячеек

На 24-е сутки наблюдалась аналогичная тенденция, как и при предыдущем измерении количества расплода. После подкормки выявили различие по количеству расплода в пользу 3-й опытной группы относительно контрольной в количестве 31,3 сотен ячеек, или 29,25 % ( $P \geq 0,95$ ). Разница между 1-й и 2-й группами составила 5,8 сотен ячеек, или 4,75 %.

При проведении заключительного измерения количества расплода на 36-е сутки, как видно на рисунке 2, наибольшие результаты были обнаружены в 3-й опытной группе – 191,5 сотен ячеек, в контрольной группе – 153,5 сотен ячеек, разница при этом составила 38 сотен ячеек, или 24,75 % ( $P \geq 0,99$ ). Наблюдалась разница между 1-й и 2-й опытными группами на 51 сотню ячеек (38,06 %) в пользу 2-й опытной группы.

При сравнительном анализе групп с использованием хелатных соединений (2-я и 3-я группы) на 12-е сутки была заметна разница. В 3-й группе количество расплода составило 59 сотен ячеек, что больше на 9,5 сотен ячеек (19,2 %), чем во 2-й группе с меньшей дозировкой. При проведении следующих замеров через 24 дня аналогичная разница составила в 10,5 сотен ячеек (8,2 %), а через 36 суток – 6,5 сотен ячеек (3,5 %), что говорит о влиянии дозы кормовой добавки на яйценоскость матки.

Подобная ситуация наблюдалась по суточной яйценоскости матки (рис. 3). Так, уже на 12-е сутки после применения витаминно-минеральной кормовой добавки результат в 3-й опытной группе по сравнению с контролем преобладал на 19,8 %, в 1-й опытной группе – на 7,1 %, во 2-й – на 0,5 %. На 24-е сутки исследуемый показатель в этих груп-

пах был выше на 29,2 %, в 1-й – на 14,02 %, во 2-й – на 19,4 % по сравнению с контролем. Через 36 суток показатель в 3-й опытной группе преобладал на 24,7 %, во 2-й – на 20,5 %. Показатели яйценоскости в 1-й опытной группе оказались ниже, чем в контрольной на 12,75 %.

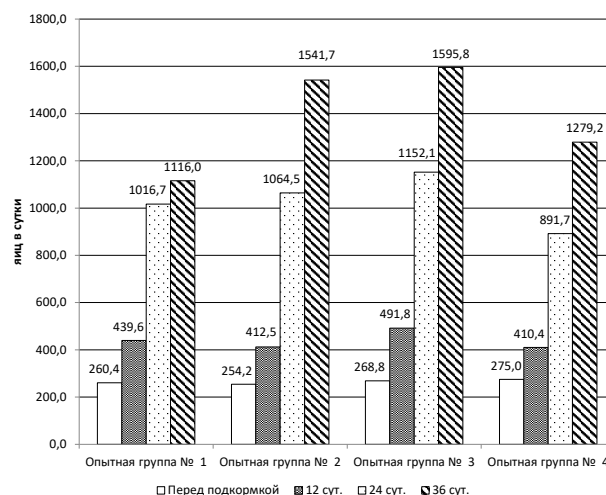


Рисунок 3 – Яйценоскость пчелиных маток с интервалом в 12 дней

Как видим, наибольшие показатели медовой и восковой продуктивности, количества расплода и яйценоскости маток отмечались в 3-й опытной группе. В 1-й группе, в которой кормовая добавка была приготовлена по общепринятой схеме, исследуемые показатели оказались меньшими. Это подтверждает тот факт, что витаминно-минеральная подкормка с применением хелатных соединений оказалась более эффективной.

При сравнении групп, где использовали технологию соединения хелатов для приготовления подкормки, но с различной дозировкой, выявили эффективность использования кормовой добавки в большей дозе.

#### Выводы:

1. Валовая медовая продуктивность в 3-й опытной группе превышала результат контрольной группы на 19,1 %, во 2-й – на 7,41 %, что может свидетельствовать о более предпочтительной дозе кормовой добавки.

2. Товарная медовая продуктивность в 3-й опытной группе на 32,2 % превышала значения контрольной группы.

3. Количество расплода на 36-е сутки в 3-й опытной группе также было выше, чем в контрольной на 24,75 % (191,5 сотен ячеек), во 2-й опытной группе – на 20,5 % (31,5 сотен ячеек).

4. Показатели яйценоскости маток на 36-е сутки исследования в 3-й опытной группе были выше контрольной на 24,7 %. Разница

между 1-й и 3-й опытными группами составила 42,99 % в пользу 3-й группы.

Таким образом, можно сказать, что использование витаминно-минеральной подкормки с применением хелатных соединений оказалось эффективнее подкормки, приготовленной без учета совместимости отдельных компонентов.

### Список источников

1. Влияние хелатных комплексных соединений некоторых металлов – микроэлементов и их неорганических солей на биохимические показатели телят / М. С. Куликова, А. В. Шишкин, А. Н. Куликов, Е. А. Михеева // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (59). С. 43–49.

2. Жунусова А. Б. Кормовые добавки для пчел // Сейфуллинские чтения – 16: Молодежная наука новой формации – будущее Казахстана: материалы Междунар. науч.-теорет. конф. 24 апреля 2020 г. Нур-Султан, 2020. Т. I, Ч. 1. С. 272–274.

3. Любимов А. И., Колбина Л. М., Воробьева С. Л. Экологические факторы, влияющие на жизнедеятельность пчел // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2014. Т. 220, № 4. С. 157–159. EDN TDRMIP.

4. Малков В. В. Племенная работа на пасеке. Москва: Россельхозиздат, 1985. 176 с.

5. Мадышев И. Ш., Файзрахманов Р. Н., Камалдинов И. Н. Эффективность кормовых добавок в животноводстве // Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана. 2017. № 4. С. 105–108.

6. Методы проведения научно-исследовательских работ в пчеловодстве. Рыбное: НИИП, 2006. 156 с.

7. Современные биологические / биотехнологические лекарственные препараты. Актуальные вопросы разработки и перспективы использования [Электронный ресурс] / Ю. В. Олефир, Н. В. Медунцын, Ж. И. Авдеева [и др.] // Биофармацевтика. Профилактика, диагностика, лечение. 2016. № 2 (58). С. 67–77. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-biologicheskie-biotekhnologicheskie-lekarstvennye-preparaty-aktualnye-voprosy-razrabotki-i-perspektivy-ispolzovaniya> (дата обращения: 19.02.2023).

8. Пшеничная Е. А. Влияние стимулирующих добавок на летную активность и медовую продуктивность пчелиных семей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (66). С. 193–195.

9. 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.

10. Ших Е. В. Взаимодействия компонентов витаминно-минеральных комплексов и рациональная витаминотерапия. // РМЖ. 2004. № 17. 10–11.

11. 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> (дата обращения 02.11.2021).

### References

1. Vliyanie helatnykh kompleksnykh soedineniy nekotorykh metallov – mikroelementov i ih neorganicheskikh solej na biokhimicheskie pokazateli telyat / M. S. Kulikova, A. V. Shishkin, A. N. Kulikov, E. A. Miheeva // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 3 (59). S. 43–49.

2. Zhunusova A. B. Kormovye dobavki dlya pchel // Seifullinskie chteniya – 16: Molodezhnaya nauka novoj formacii – budushchee Kazahstana: materialy Mezhdunar. nauch.-teoret. konf. 24 aprelya 2020 g. Nur-Sultan, 2020. T. I, Ch. 1. S. 272–274.

3. Lyubimov A. I., Kolbina L. M., Vorob'eva S. L. Ekologicheskie faktory, vliyayushchie na zhiznedeyatel'nost' pchel // Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. E. Baumana. 2014. T. 220, № 4. S. 157–159. EDN TDRMIP.

4. Malkov V. V. Plemennaya rabota na paseke. Moskva: Rossel'hozizdat, 1985. 176 s.

5. Madyshev I. Sh., Fajzrahmanov R. N., Kamaldinov I. N. Effektivnost' kormovykh dobavok v zhivotnovodstve // Uchenye zapiski KGAVM im. N. E. Baumana. 2017. № 4. S. 105–108.

6. Metody provedeniya nauchno-issledovatel'skikh rabot v pchelovodstve. Rybnoe: NIIP, 2006. 156 s.

7. Sovremennye biologicheskie / biotekhnologicheskie lekarstvennye preparaty. Aktual'nye voprosy razrabotki i perspektivy ispol'zovaniya [Elektronnyj resurs] / Yu. V. Olefir, N. V. Medunicyn, Zh. I. Avdeeva [i dr.] // BIOpreparaty. Profilaktika, diagnostika, lechenie. 2016. № 2 (58). S. 67–77. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-biologicheskie-biotekhnologicheskie-lekarstvennye-preparaty-aktualnye-voprosy-razrabotki-i-perspektivy-ispolzovaniya> (data obrashcheniya: 19.02.2023).

8. Pshenichnaya E. A. Vliyanie stimuliruyushchih dobavok na letnyuyu aktivnost' i medovuyu produktivnost' pchelinykh semej // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 4 (66). S. 193–195.

9. Pshenichnaya, E. A. Vliyanie BAD na sodержание tyazhelykh metallov v tele rabochej pchely i v mede // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 5 (67). S. 186–188.

10. Shih E. V. Vzaimodejstviya komponentov vitaminno-mineral'nykh kompleksov i racional'naya vitaminoterapiya. // RMZH. 2004. № 17. 10–11.

11. 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> (data obrashcheniya 02.11.2021).

**Сведения об авторах:**

**С. Л. Воробьева**<sup>1</sup>✉, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
<https://orcid.org/0000-0001-5640-3472>;

**Е. А. Михеева**<sup>2</sup>, кандидат ветеринарных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-9274-5856>;

**А. В. Шишкин**<sup>3</sup>, доктор медицинских наук, ведущий химик-разработчик,  
<https://orcid.org/0000-0001-9720-5042>;

**М. Ю. Попкова**<sup>4</sup>, аспирант, <https://orcid.org/0009-0006-3492-537X>

<sup>1,2,4</sup>Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069

<sup>3</sup>ООО «Производственная компания Изсинтез-Химпром», ул. Орджоникидзе, 2, Ижевск, Россия, 426063

<sup>1</sup>[vorobievasveta@mail.ru](mailto:vorobievasveta@mail.ru)

Original article

## INFLUENCE OF VITAMIN AND MINERAL FEED SUPPLEMENTS ON THE PRODUCTIVITY OF HONEY BEES (*APIS MELLIFERA*)

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

<sup>1,2,4</sup>Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

<sup>3</sup>LLC «Production company Izhsintez-Khimprom», Izhevsk, Russia

<sup>1</sup>[vorobievasveta@mail.ru](mailto:vorobievasveta@mail.ru)

**Abstract.** *The use of modern technologies provides an opportunity to obtain stimulating drugs of a new generation. The aim of the study was to evaluate the productivity of honey bees when using a feed additive taking into account the compatibility of vitamins and mineral components. The research was carried out on honey bees according to traditional methods approved by the Research Institute of Beekeeping. Four experimental groups with 10 bee families in each group were selected in a stationary apiary (Udmurt Republic, Zavyalovsky district) in the spring-summer period of 2022. When forming groups we took into account the strength of families, the number of brood, the age of the queen bee and the design of the hive. Feeding was carried out after the bees wintering in the second half of April. The first group of bees received a vitamin and mineral supplement prepared according to the generally accepted scheme. The second and third groups received a vitamin and mineral supplement consisting of chelated compounds, but the third group received a higher dosage. The fourth group was control. According to the research results, the gross and commercial honey productivity in the third experimental group exceeded the indicators of the control group by 19.1 % and 32.2 %, respectively. The maximum amount of brood on the 36th day after fertilizing was recorded in the third experimental group, which was up by 24.75 % than in the control group (191.5 hundred cells), in the second experimental group – by 20.5 % (31.5 hundred cells). On the 36th day of the study the indicators of oviparity of queens in the third experimental group were higher by 24.7 % than in the control group.*

**Key words:** *beekeeping, honey productivity, feed additive, chelated compound, mineral components, vitamins.*

**For citation:** Vorobieva S. L., Mikheeva E. A., Shishkin A. V., Popkova M. Yu. Influence of vitamin and mineral feed supplements on the productivity of honey bees (*Apis mellifera*). *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2023; 1(73): 16-21. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_16-21](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_16-21).

**Authors:**

**S. L. Vorobieva**<sup>1</sup>✉, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0001-5640-3472>

**E. A. Mikheeva**<sup>2</sup>, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-9274-5856>;

**A. V. Shishkin**<sup>3</sup>, Doctor of Medical Sciences, leading chemist developer, <https://orcid.org/0000-0001-9720-5042>;

**M. Yu. Popkova**<sup>4</sup>, Postgraduate student, <https://orcid.org/0009-0006-3492-537X>

<sup>1,2,4</sup>Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

<sup>3</sup>LLC "Production company Izhsintez-Khimprom", 2 Ordzhonikidze St., Izhevsk, Russia, 426063

<sup>1</sup>[vorobievasveta@mail.ru](mailto:vorobievasveta@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 13.03.2023; одобрена после рецензирования 16.03.2023;

принята к публикации 17.03.2023.

The article was submitted 13.03.2023; approved after reviewing 16.03.2023; accepted for publication 17.03.2023.

Научная статья

УДК 633.31:631.526.32(574.2)

DOI 10.48012/1817-5457\_2023\_1\_22-28

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Островский Виктор Алексеевич<sup>1</sup>, Коконов Сергей Иванович<sup>2</sup>✉

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

<sup>2</sup>Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

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

**Аннотация.** При возделывании полевых культур изменчивость количественных признаков определяется условиями выращивания и взаимодействием «генотип × внешняя среда». Сорта должны быть толерантными к биотическим и абиотическим факторам условий произрастания, высокотехнологичными, то есть адаптивный сорт – это сорт не только экологически пластичный, но и приспособленный к оптимальным условиям и к проявлению минимальных и максимальных значений внешних факторов. Целью исследований является изучение адаптивных свойств сортов люцерны изменчивой в условиях Северного Казахстана и выявление наиболее адаптированных к условиям региона. Исследования проводили на базе стационарных полевых опытов, заложенных в Научно-производственном центре зернового хозяйства им. А. И. Бараева Республики Казахстан. Почвенно-климатические условия места проведения научных исследований типичны для сухостепной зоны южной части Северного Казахстана. Почва опытного участка – 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. За четыре года исследований высокую адаптивность имели сорта казахстанской селекции Кокше, Карабалыкская 18 и сорт российской селекции Чимшинская 131, сформировав урожайность зеленой массы 22,2–23,3 т/га. Сорта российской селекции Гюзель, Татарская пастбищная, Уралочка, Находка, сорта канадской селекции Ferax, Rangelander, Rhizoma, сорта казахстанской селекции Карабалыкская радуга, Карагандинская 1 по продуктивности (20,0–21,5 т/га) не уступали стандарту (19,7 т/га). Слабой отзывчивостью на изменение абиотических условий характеризовались сорта Шортандинская 2 и Флора 7, коэффициент экологической пластичности у данных сортов наименьший ( $b_i = 0,06–0,11$ ).

**Ключевые слова:** люцерна изменчивая, сорта, адаптивность, экологическая пластичность, продуктивность.

**Для цитирования:** Островский В. А., Коконов С. И. Агроэкологическая оценка сортов люцерны изменчивой в условиях Северного Казахстана // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1(73). С. 22–28. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_22-28](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_22-28).

**Актуальность.** Эффективность сельского хозяйства с развитым молочным скотоводством определяет подбор полевых культур универсального использования, обеспечивающих заготовку высококачественных кормов [13]. При этом основная нагрузка в сельскохозяйственном производстве должна приходиться на многолетние травы как источник дешевого корма. При изменении климата подбор стабильных кормовых культур приобретает актуальное значение.

Роль внешних факторов в управлении реализацией потенциала растений неоспорима. Урожайность любого сорта или гибрида является результатом работы комплекса важных экологически-генетических систем, в результа-

те чего формируются сложные количественные признаки. А. А. Жученко [4] доказал, что главным условием получения наибольшей прибыли с единицы земельной площади является оптимизация системы «растение – среда». При этом он отводил большую роль агроэкологическому районированию территории, позволяющему полнее реализовать потенциал сортов и культур. Еще Н. И. Вавилов [2] отмечал: «Урожай есть производное среды и генотипа и в огромной мере определяется условиями культуры, условиями района». Ряд исследователей [1, 14] приспособленность сорта связывают с его генетической способностью обеспечивать стабильную и высокую продуктивность в разных условиях окружающей среды. Результаты на-

учных исследований и мировая практика убедительно доказывают, что в общей доле повышения продуктивности сельскохозяйственных культур на сорт или гибрид приходится около 25–50 %. Учеными доказано, что внедрение в производство новых сортов или гибридов способствует повышению урожайности примерно на 1 %. В связи с этим сельскохозяйственное производство предъявляет высокие требования к сортам, а именно, следует обращать внимание не только на урожайность, но и на стабильность, устойчивость. Сорта и гибриды должны быть толерантными к биотическим и абиотическим факторам условий произрастания, высокотехнологичными, то есть адаптивный сорт – это сорт не только экологически пластичный, но и приспособленный к оптимальным условиям и к проявлению минимальных и максимальных значений внешних факторов [8].

Высокая продуктивность многолетних трав, их соответствие физиологическим особенностям различных видов животных удачно сочетаются с целым рядом ценных хозяйственных качеств: высокой адаптивностью, способностью наиболее полно и рационально использовать условия произрастания, высокой ресурсосберегаемостью. Так как они растут на одном месте несколько лет, то не требуются ежегодные затраты на их возделывание [10]. В последние годы в связи с появлением новых высокопродуктивных сортов люцерны изменчивой ее посева постоянно увеличиваются [10]. Для стабилизации кормопроизводства и увеличения сбора растительного белка посева бобовых трав должны составлять не менее 20 % от площади пашни, а доля люцерны изменчивой в этих посевах – от 30 до 40 %. Для увеличения кормов на пашне целесообразно внедрять кормовые севообороты с насыщением многолетних бобовых трав от 20 до 40 %, обеспечивающих выход кормовых единиц на уровне 3,5–3,9 тыс., а в благоприятные годы – в пределах 4,5 тыс. и выше [5, 12]. Каждая культура по-своему незаменима, и в хозяйственном значении культуры дополняют друг друга. Люцерна способствует сохранению, воспроизводству и накоплению гумуса, свежего органического вещества и оставляет в почве до 200–230 кг/га азота [7].

Для условий Северного Казахстана важной средообразующей и кормовой культурой является люцерна изменчивая. В связи с этим большую научную и практическую значимость имеет вопрос изучения параметров экологической пластичности сортов данной культуры.

**Целью исследований** является изучение адаптивных свойств сортов люцерны изменчивой в условиях Северного Казахстана и выявление наиболее адаптированных к условиям региона.

**Методология исследований** была общепринятая [3]. Экспериментальная работа проведена (2016–2019 гг.) на базе стационарных полевых опытов, заложенных в ТОО «Научно-производственный центр 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 типично характерны для сухостепной зоны южной части Северного Казахстана. Почва опытного участка – это малогумусный южный карбонатный чернозем, который характеризуются 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 по месяцам, декадам.

Объект исследований: люцерна изменчивая (*Medicago varia Mart.*) и ее одновидовые агроценозы. Агроценозы сформированы 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, районированного 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.

Исследования проводили в питомнике экологического сортоиспытания. Опыт полевой однофакторный в четырехкратной повторности. Адаптивные свойства сортов люцерны изменчивой, отличающихся своим происхождением, рассчитывали по методике, предложенной S. A. Eberhart, W. A. Russel, изложенной Ю. С. Ларионовым [9].



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», Россия
Благодать	ФНЦ ВИК им. В. Р. Вильямса, ГУП МО «Московская селекционная станция», ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», Россия
Флора 4	ФГБНУ Челябинский НИИСХ, ФГБНУ «Омский агарный научный центр», Россия
Флора 5	ФГБНУ «ФИЦ цитологии и генетики сибирского отделения РАН», ФГБНУ «Омский агарный научный центр», Россия
Флора 7, Флора 8, Омская 7	ФГБНУ «Омский агарный 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.** Урожайность сортов люцерны изменчивой за годы исследований имела значительную вариацию, коэффициент вариации урожайности зеленой массы по опыту равен 12–47 % (табл. 2). Существенный вклад в изменчивость признака внесла внешняя среда. Наилучшие условия для формирования урожайности люцерны изменчивой сложились в 2016–2017 гг., о чем свидетельствует индекс условий среды  $I_j = 16,3–16,5$  при которых в среднем по опыту сорта сформировали зеленую массу 23,5 т/га и 23,4 т/га соответственно. В 2018 г. абиотические условия были менее благоприятны ( $I_j = -4,8$ ), продуктивность сортов была ниже на 23 % (18,1 т/га). В среднем по опыту наименьшую урожайность зеленой массы 12,3 т/га сорта сформировали в неблагоприятном 2019 г. при опасном агрометеорологическом явлении – атмосферная засуха в период интенсивного роста ( $I_j = -28,0$ ). За четыре года исследований относительно высокую урожайность 22,2–23,3 т/га сформировали сорта казахстанской селекции Кокше (Кокшетауский филиал НПЦЗХ им. А. И. Бараева), Карабалыкская 18 (Карабалыкская СХОС) и сорт российской селекции Чишминская 131 (ФГБНУ Уфимский ФИЦ РАН). Прибавка урожайности отно-

сительно стандартного сорта Райхан составила 2,2–3,6 т/га, или 12,6–18,2 %. Сорта российской селекции Татарская пастбищная, Уралочка, Находка, сорт канадской селекции Rangelander, сорт казахстанской селекции Карабалыкская радуга не уступали стандартному сорту, сформировав в среднем за четыре года исследований урожайность больше на 1,1–1,8 т/га. Сорт казахстанской селекции Шортандинская 2 и сорт российской селекции Флора 7 характеризуются как относительно адаптивные к условиям Северного Казахстана, о чем свидетельствует незначительный коэффициент вариации 12–17 %. У других изучаемых сортов, независимо от страны-оригинатора, выявлена значительная вариация признака ( $V = 22–47 \%$ ), которая вызвана реакцией растений на изменения внешних факторов роста и развития.

Таким образом, для отбора адаптивных сортов необходимо установить их пластичность и стабильность.

Показателем, который указывает на норму реакции генотипа при меняющихся факторах среды, является коэффициент экологической пластичности ( $b_i$ ). Чем выше показатель коэффициента экологической пластичности ( $b_i > 1$ ), тем более высокой отзывчивостью обла-

дает данный сорт. Такие сорта предъявляют высокие требования к технологии возделывания. Коэффициент стабильности ( $S^2d$ ) указывает на адаптивную реакцию генотипа, при-

водящую к соответствию изменений состояния признаков и свойств организма к изменениям агроэкологических условий [6]. Их характеризует степень его устойчивости (табл. 3).

Таблица 2 – Урожайность зеленой массы люцерны изменчивой, т/га

Сорт	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Коэффициент вариации (V), %
Райхан (st)	24,6	21,7	19,2	13,4	24
Заря	22,8	22,8	21,7	11,2	29
Гюзель	22,5	22,5	28,2	8,4	41
Муслима	21,8	21,8	20,9	11,2	27
Чишминская 131	26,3	26,3	29,2	11,1	35
Сарга	22,9	22,9	20,2	12,4	25
Бибинур	19,8	19,8	18,2	11,0	25
Татарская пастбищная	24,5	24,5	25,5	11,6	31
Уралочка	21,3	21,3	30,2	10,8	38
Находка	25,0	25,0	20,8	12,4	29
Шортандинская 2	19,9	19,9	21,7	14,2	17
Вега 87	22,5	22,5	13,8	13,1	29
Благодать	20,0	21,2	13,4	10,0	33
Флора 4	21,0	21,2	14,2	9,9	33
Флора 5	19,9	21,7	15,6	12,8	23
Флора 8	24,9	20,6	10,7	12,3	39
Омская 7	22,7	22,3	15,5	14,1	24
Воронежская 6	21,6	21,6	13,3	10,5	34
Флора 7	19,2	20,0	14,9	17,5	12
Онохойская 6	19,6	21,2	17,2	12,3	22
Надежда	22,3	19,1	17,3	11,9	25
Гегах	27,2	23,7	16,4	12,6	33
Rangelander	29,8	29,9	14,9	10,5	47
Rhizoma	25,0	28,2	17,3	10,5	39
Карагандинская 1	30,5	19,6	19,7	12,0	37
Туркестан 15	22,8	24,3	16,1	12,6	29
Карабалыкская 18	27,2	32,3	20,4	13,3	35
Карабалыкская радуга	25,4	29,9	15,2	13,3	38
Карабалыкская жемчужина	28,1	25,4	12,2	12,1	44
Люция 14	21,3	24,3	19,3	12,3	26
Кокше	27,4	29,8	12,8	18,7	35
Лазурная	20,7	22,2	13,9	14,5	24
Средняя (Yj)	23,5	23,4	18,1	12,3	
Индекс условий среды (Ij)	16,5	16,3	-4,8	-28,0	

Таблица 3 – Параметры экологической пластичности сортов люцерны изменчивой

Сорт	Коэффициент экологической пластичности (bi)	Коэффициент стабильности ( $S^2d$ )
Райхан (st)	0,22	2,21
Заря	0,24	7,10
Гюзель	0,27	56,70
Муслима	0,22	6,35
Чишминская 131	0,30	37,49

Окончание таблицы 3

Сорт	Коэффициент экологической пластичности (bi)	Коэффициент стабильности (S <sup>2</sup> d)
Сарга	0,23	2,06
Бибинур	0,19	2,44
Татарская пастбищная	0,26	19,08
Уралочка	0,19	71,41
Находка	0,28	1,32
Шортандинская 2	0,11	7,30
Вега 87	0,23	6,52
Благодать	0,25	2,07
Флора 4	0,26	0,91
Флора 5	0,19	1,57
Флора 8	0,26	22,45
Омская 7	0,20	3,25
Воронежская 6	0,26	3,32
Флора 7	0,06	5,10
Онохойская 6	0,18	0,83
Надежда	0,20	2,87
Ferax	0,30	6,10
Rangelander	0,46	12,10
Rhizoma	0,37	3,47
Карагандинская 1	0,29	29,55
Туркестан 15	0,25	2,37
Карабалыкская 18	0,37	7,38
Карабалыкская радуга	0,34	16,59
Карабалыкская жемчужина	0,36	22,26
Люция 14	0,23	3,10
Кокше	0,26	46,52
Лазурная	0,17	7,16

Слабой отзывчивостью на изменение абиотических условий характеризовались сорта Шортандинская 2 и Флора 7, коэффициент экологической пластичности у данных сортов наименьший ( $b_i = 0,06-0,11$ ). Остальные гибриды имели более высокую отзывчивость на изменение внешних факторов, их урожайность была сильнее подвержена изменчивости.

Высокой устойчивостью к изменениям агроэкологических условий отличились сорта Райхан, Сарга, Бибинур, Находка, Благодать, Флора 4, Флора 5, Надежда, Туркестан 15 ( $S^2d = 0,91-2,87$ ). Сочетание показателей экологической пластичности ( $b_i = 0,18$ ) и фенотипической стабильности ( $S^2d = 0,83$ ) сорта Онохойская 6 свидетельствует о его высоких адаптивных свойствах, при этом он характеризовался низкой урожайностью 17,6 т/га. Это позволяет отнести сорт к категории экологиче-

ски устойчивых, а именно к сортам, способным давать не очень высокую, но стабильную урожайность в любых условиях.

**Заключение.** Таким образом, по результатам оценки адаптивности, экологической пластичности сортов люцерны изменчивой разного экологического происхождения можно сделать их подбор для условий Северного Казахстана.

За четыре года исследований наибольшую урожайность зеленой массы 22,2–23,3 т/га сформировали сорта казахстанской селекции Кокше, Карабалыкская 18 и сорт российской селекции Чишминская 131. Сорта российской селекции Гюзель, Татарская пастбищная, Уралочка, Находка, сорта канадской селекции Ferax, Rangelander, Rhizoma, сорт казахстанской селекции Карабалыкская радуга, Карагандинская 1 по продуктивности (20,0–21,5 т/га) не уступали стандарту (19,7 т/га).

**Список источников**

1. Бабайцева Т. А., Полторыдядько Е. Н. Экологическая пластичность коллекционных образцов озимой тритикале на зимостойкость // *Зерновое хозяйство России*. 2017. № 6. С. 7–11.
2. Вавилов Н. И. Основные задачи советской селекции растений и пути их реализации. Избранные произведения. Москва: Колос, 1966. С. 114–132.
3. Доспехов Б. А. Методы полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Жученко А. А. Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в 21 веке. Саратов, 2000. 276 с.
5. Камельских Н. П. Влияние севооборотов на плодородие серых лесных почв и урожайность зерновых культур // *Новые горизонты аграрной науки Урала: Труды УралНИИСХ*. Екатеринбург, 2014. Т. 62. С. 35–39.
6. Караульный Д. В. Экологическая адаптация сортов озимой тритикале в северо-восточной части Беларуси. Актуальные вопросы селекции и технологии возделывания полевых культур. Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. С. 46–49.
7. Косолапов В. М. Трофимов И. А. Управление агроландшафтами для повышения продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных земель России // *Доклад Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2010. № 2. С. 32–35.
8. Кривобочек В. Г. Оценка адаптивных свойств новых сортов яровой мягкой пшеницы по урожайности в лесостепных условиях Среднего Поволжья // *Нива Поволжья*. 2015. № 2 (35). С. 43–46.
9. Ларионов Ю. С. Оценка экологической пластичности сортов сельскохозяйственных культур. Курган: ИПП Зауралье, 1993. 36 с.
10. Ледяева Н. В. Эффективность возделывания люцерны изменчивой в среднегорной зоне Республики Алтай // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2016. № 8 (142). С. 10–15.
11. Нагибин А. Е., Тормозин М. А., Зырянцева А. А. Новый перспективный сорт люцерны изменчивой Виктория // *Кормопроизводство*. 2016. № 6. С. 46–48.
12. Постников П. А. Плодородие почвы и продуктивность севооборотов при различном насыщении бобовыми травами // *Агро XXI*. 2015. № 7–9. С. 31–33.
13. Influence of using seeds of flax and raps in cow rates on the quality of milk and dairy products / E. Kislyakova, G. Berezkina, S. Vorobyeva [et al.] // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2019. Т. 25. № 1. С. 129–133.
14. Production process and economic justification for the cultivation of corn hybrids / S. I. Kokonov, B. N. Khosiev, R. D. Valiullina [et al.] // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2019. Т. 10. № 2. С. 538–544.

maceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019. Т. 10. № 2. С. 538–544.

**References**

1. Babajceva T. A., Poltorydyad'ko E. N. Ekologicheskaya plastichnost' kollekcionnykh obrazcov ozimoy tritikale na zimostojkost' // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2017. № 6. S. 7–11.
2. Vavilov N. I. Osnovnye zadachi sovetskoj selekcii rastenij i puti ih realizacii. Izbrannye proizvedeniya. Moskva: Kolos, 1966. S. 114–132.
3. Dospekhov B. A. Metody polevogo opyta. Moskva: Agropromizdat, 1985. 351 s.
4. Zhuchenko A. A. Fundamental'nye i prikladnye nauchnye prioritety adaptivnoj intensivkacii rastenievodstva v 21 veke. Saratov, 2000. 276 s.
5. Kamel'skih N. P. Vliyanie sevooborotov na plodorodie seryh lesnyh pochv i urozhajnost' zernovykh kul'tur // *Novye gorizonty agrarnoj nauki Urala: Trudy UralNIISKH*. Ekaterinburg, 2014. T. 62. S. 35–39.
6. Karaul'nyj D. V. Ekologicheskaya adaptaciya sortov ozimoy tritikale v severo-vostochnoj chasti Belarusi. Aktual'nye voprosy selekcii i tekhnologii vozdeljvaniya polevykh kul'tur. Kirov: Vyatskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2013. S. 46–49.
7. Kosolapov V. M. Trofimov I. A. Upravlenie agrolandshaftami dlya povysheniya produktivnosti i ustojchivosti sel'skohozyajstvennykh zemel' Rossii // *Doklad Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennykh nauk*. 2010. № 2. S. 32–35.
8. Krivoboček V. G. Ocenka adaptivnykh svojstv novyh sortov yarovoj myagkoj pshenicy po urozhajnosti v lesostepnykh usloviyah Srednego Povolzh'ya // *Niva Povolzh'ya*. 2015. № 2 (35). S. 43–46.
9. Larionov Yu. S. Ocenka ekologicheskoy plastichnosti sortov sel'skohozyajstvennykh kul'tur. Kurgan: IPP Zaural'e, 1993. 36 s.
10. Ledyayeva N. V. Effektivnost' vozdeljvaniya lyucerny izmenchivoj v srednegornoj zone Respubliki Altaj // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016. № 8 (142). S. 10–15.
11. Nagibin A. E., Tormozin M. A., Zyryanceva A. A. Novyj perspektivnyj sort lyucerny izmenchivoj Viktoriya // *Kormoproizvodstvo*. 2016. № 6. S. 46–48.
12. Postnikov P. A. Plodorodie pochvy i produktivnost' sevooborotov pri razlichnom nasyshchenii bobovymi travami // *Agro HKHI*. 2015. № 7–9. S. 31–33.
13. Influence of using seeds of flax and raps in cow rates on the quality of milk and dairy products / E. Kislyakova, G. Berezkina, S. Vorobyeva [et al.] // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2019. Т. 25. № 1. S. 129–133.
14. Production process and economic justification for the cultivation of corn hybrids / S. I. Kokonov, B. N. Khosiev, R. D. Valiullina [et al.] // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2019. Т. 10. № 2. С. 538–544.

**Сведения об авторах:****В. А. Островский**<sup>1</sup>, старший научный сотрудник;**С. И. Коконov**<sup>2</sup>✉, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
<https://orcid.org/0000-0001-7201-3909><sup>1</sup>ТОО «НПЦЗХ им. А. И. Бараева», ул. Бараева, 15,  
пос. Научный, Акмолинская обл., Казахстан, 021601<sup>2</sup>Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069<sup>2</sup>[sergej-kokonov@yandex.ru](mailto:sergej-kokonov@yandex.ru)

Original article

**AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF VARIEGATED ALFALFA VARIETIES  
IN THE CONDITIONS OF NORTHERN KAZAKHSTAN****Victor A. Ostrovsky**<sup>1</sup>, **Sergey I. Kokonov**<sup>2</sup>✉<sup>1</sup>A. I. Barayev Research and Production Centre for Grain Farming, Nauchnyi, Kazakhstan<sup>2</sup>Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia<sup>2</sup>[sergej-kokonov@yandex.ru](mailto:sergej-kokonov@yandex.ru)

**Abstract.** When cultivating field crops, the variability of quantitative features is determined by the growing conditions and the interaction of "genotype × external environment". Varieties should be tolerant to biotic and abiotic factors of growing conditions, high-tech, that is, an adaptive variety is not only an ecologically plastic variety, but also adapted to optimal conditions and to the signs of minimum and maximum values of external factors. The aim of the research is to study the adaptive properties of alfalfa varieties in the conditions of Northern Kazakhstan and to identify the most adapted ones to the conditions of the region. The research was carried out on the basis of stationary field experiments in the Scientific and Production Center of Grain Farming named after A. I. Barayev of the Republic of Kazakhstan. The soil and climatic conditions of the research site are typical for the dry-steppe zone of the southern part of Northern Kazakhstan. The soil of the experimental site is low-humus southern carbonate chernozem, which is characterized by a high content of carbonates. 32 variegated alfalfa varieties of different ecological and geographical origin were studied, including 10 varieties of Kazakhstan selection, 18 varieties of Russian selection, 3 varieties of Canadian selection and 1 variety of Ukrainian selection. During four years of research the varieties of the Kazakhstan selection Kokshe, Karabalykskaya 18 and the variety of the Russian selection Chishminskaya 131 had high adaptability forming a yield of green mass of 22.2–23.3 t/ha. Varieties of Russian selection Guzel, Tatar pasture, Uralochka, Nakhodka, varieties of Canadian selection Ferax, Rangelander, Rhizoma, varieties of Kazakhstan selection Karabalykskaya raduga, Karagandinskaya 1 (20.0–21.5 t/ha) were not inferior to the standard (19.7 t/ha) in productivity. Varieties Shortandinskaya 2 and Flora 7 were characterized by weak responsiveness to changes in abiotic conditions, the coefficient of ecological plasticity in these varieties is the lowest ( $bi = 0.06–0.11$ ).

**Key words:** variegated alfalfa, varieties, adaptability, ecological plasticity, productivity.

**For citation:** Ostrovsky V. A., Kokonov S. I. Agroecological assessment of variegated alfalfa varieties in the conditions of Northern Kazakhstan. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2023; 1(73): 22-28. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_22-28](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_22-28).

**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><sup>1</sup>A. I. Barayev Research and Production Centre for Grain Farming, 15 Barayeva St.,  
Nauchnyi settlement, Akmola region, Kazakhstan, 021601<sup>2</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 13.03.2023; одобрена после рецензирования 16.03.2023;  
принята к публикации 17.03.2023.

The article was submitted 13.03.2023; approved after reviewing 16.03.2023; accepted for publication 17.03.2023.

Научная статья

УДК 637.12.05

DOI 10.48012/1817-5457\_2023\_1\_29-35

## КАЧЕСТВО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОКА КОРОВ РАЗНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Уткина Ольга Сергеевна✉, Ачкасова Елена Валерьевна

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

✉ utkinaolga1982@yandex.ru

**Аннотация.** На молочную продуктивность и технологические свойства молока оказывает большое влияние генетический потенциал коров, который во многом обуславливают используемые для производства стада быки-производители. В данной работе изучена зависимость молочной продуктивности и качества молока коров черно-пестрой породы от их происхождения в ОП УНПК «Ижагроплем» УдГАУ. Для изучения генетического потенциала молочной продуктивности быков-производителей, используемых в хозяйстве, и продуктивности их дочерей использовались данные племенного учета – программа «СЕЛЭКС». Для исследований качества и технологических свойств молока были сформированы три группы коров разного происхождения: коровы линии Рефлектин Соверинг, Вис Бэк Айдиал и Монтвик Чифтейн. Наилучшие показатели выявлены в молоке коров от быков-производителей линии Рефлектин Соверинг. Быки этой линии могут являться улучшателями по содержанию жира, белка и СОМО в молоке. Наименьшее количество соматических клеток в молоке выявлено у коров линии Вис Бэк Айдиал. Молоко коров всех линий в хозяйстве имеет низкое содержание белка – 2,93–2,95 % и высокое содержание жира – 4,27–4,67 %. Для повышения технологических свойств молока в хозяйстве необходимо повышать белково-молочность коров. С этой целью для дальнейшего воспроизводства стада рекомендуем хозяйству более широко использовать таких быков-производителей, как Диллер 2384 (линия Монтвик Чифтейн), Эскарт-М 3372303615 (Рефлектин Соверинг), Манат 1084 (Рефлектин Соверинг) и Альта Пилснер 70344827 (Вис Бэк Айдиал), так как дочери этих быков имеют более высокое содержание белка в молоке по сравнению со сверстницами. Молоко, производимое в ОП УНПК «Ижагроплем» УдГАУ, имеет высокую термостойкость, поэтому его целесообразно направлять на производство продуктов, в технологиях которых предусмотрена высокотемпературная обработка.

**Ключевые слова:** молочная продуктивность, линия Рефлектин Соверинг, линия Вис Бэк Айдиал, линия Монтвик Чифтейн, массовая доля белка, сыропригодность, выход творога, термостойкость, пригодность к производству йогурта.

**Для цитирования:** Уткина О. С., Ачкасова Е. В. Качество и технологические свойства молока коров разного происхождения // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1(73). С. 29-35. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_29-35](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_29-35).

**Актуальность.** Одной из главных задач в области молочного скотоводства является получение качественного молока с высокими технологическими свойствами. Молочная продуктивность коров и качество получаемого молока во многом зависят от генетического потенциала стада [2, 3, 8]. В настоящее время с целью повышения племенных качеств животных повсеместно используется генофонд лучшей в мире молочной породы – голштинской, при этом внутри данной породы существуют несколько линий. Многочисленные исследования показывают, что дочери быков разных линий отличаются друг от друга по продуктивности и другим хозяйственно-полезным признакам [2, 5–7]. В этой связи возникает необходимость всестороннего исследования качества молока, получаемого от коров, при-

надлежащих к различным линиям, и его технологических свойств. Глубокое сравнительное изучение данной проблемы в конкретных хозяйственных условиях повысит обоснованность подбора для воспроизводства стада быков с наилучшими наследственными характеристиками по молочной продуктивности.

**Целью работы** является изучение молочной продуктивности и качества молока, в том числе его технологических свойств, коров черно-пестрой породы разного происхождения в ОП УНПК «Ижагроплем» УдГАУ.

**В задачи исследования** входило:

- изучить генетический потенциал молочной продуктивности быков-производителей, используемых в хозяйстве;
- оценить быков-производителей по продуктивности их дочерей;

– сформировать группы коров с учетом их происхождения для оценки качества молока, в том числе его технологических свойств.

**Материал и методы исследования.** Для изучения генетического потенциала молочной продуктивности быков-производителей, используемых в хозяйстве, а также для анализа продуктивности их дочерей (удой, массовая доля жира и белка) использовались данные племенного учета (программа «СЕ-ЛЭКС»). Всего была изучена характеристика 54 быков, принадлежащих к линиям Рефлекшн Соверинг, Вис Бэк Айдиал, Монтвик Чифтейн, Пабст Говернер и Силинг Трайджун Рокит. Продуктивность дочерей этих быков изучалась по первой и последней законченной лактации, при этом племенная ценность быков оценивалась по методу «дочери-сверстницы».

Для исследований качества и технологических свойств молока были сформированы три группы коров разного происхождения, по 9 голов в каждой, с использованием метода пар-аналогов, при этом учитывали возраст, месяц лактации и живую массу коров. Были сформированы группы коров основных линий, используемых в хозяйстве: Рефлекшн Соверинг, Вис Бэк Айдиал и Монтвик Чифтейн. В связи с недостаточным для формирования групп количеством коров, принадлежащих линиям Пабст Говернер и Силинг Трайджун Рокит, последующий анализ качества молока коров этих линий не проводился. Пробы молока для лабораторных анализов отбирались ежемесячно во время контрольных доек. Лабораторные исследования проводились на кафедре «Технология переработки продукции животноводства» с использованием стандартных и общепринятых методик.

**Результаты исследований.** Для воспроизводства молочного стада в ОП УНПК «Иж-агропем» УдГАУ используются в основном быки голштинской породы, преимущественно линий Вис Бэк Айдиал 1013415 (40,7 %) и Рефлекшн Соверинг 198998 (33,3 %), в меньшей степени быки линий Монтвик Чифтейн 95679 (16,7 %), Пабст Говернер 882933 (3,7 %) и Силинг Трайджун Рокит 252803 (5,6 %). Генетический потенциал молочной продуктивности быков-производителей, используемый в хозяйстве, достаточно высокий. Средние значения продуктивности матерей быков по удою составляют 12 101,5 кг, по массовой доле жира – 4,26 %, по массовой доле белка – 3,28 %.

При оценке быков-производителей по продуктивности дочерей методом «дочери-сверстницы» 56 % быков оценены как улучшатели по удою, при этом наибольшее превышение имеют дочери быков Версаль 2228 (+1872 кг), Эскарт-М 3372303615 (+1794 кг), Аллегро-М 812180192 (+1785 кг). Ухудшателями по удою являются быки Атанас-М 355362735 (-1245 кг) и Лазио 64188686 (-1021 кг). Улучшателями по содержанию жира в молоке являются 38,9 % быков, высокую жирномолочность имеют дочери быков Дивный 2399 (+0,41 %) и Мови-М, ухудшатели по содержанию жира – Тефаль 13665 (-0,59 %) и Тираж 1006 (-0,39 %). По содержанию белка в молоке улучшателями являются 31,5 % быков, при этом наибольшее превышение имеют дочери быков Альта Пилснер 70344827 (+0,06 %) и Диллер 2384 (+0,05 %), самые низкие показатели у дочерей быков Вивальди 308 и Тефаль 13665 (-0,07 %).

В качестве улучшателей по нескольким селекционируемым признакам являются быки Мови-М 107870103 и Дивный 2399 (улучшатели по удою и содержанию жира в молоке). По содержанию жира в молоке и белковомолочности хорошие показатели у быков Манат 1084 и Альта Пилснер 70344827. Эскарт-М 3372303615 является улучшателем по всем трем признакам. Ухудшателем по нескольким селекционируемым признакам является бык-производитель Циркач 2354 (низкие показатели по удою и содержанию белка в молоке). Тефаль 13665 – ухудшатель по всем трем признакам. Остальные быки-производители имеют незначительные отклонения от средних значений показателей или являются нейтральными по всем селекционируемым признакам. Необходимо отметить, что среди всех быков-улучшателей больше всего представителей линии Рефлекшн Соверинг, на втором месте – линии Вис Бэк Айдиал, среди быков линии Монтвик Чифтейн улучшателей и ухудшателей примерно одинаковое количество. Быки линии Пабст Говернер и Силинг Трайджун Рокит являются ухудшателями чаще, чем производители других линий.

В целом более высокой молочной продуктивностью обладают коровы линии Вис Бэк Айдиал (табл. 1), средняя продуктивность животных этой линии составила 7484,29 кг за 305 дней лактации, и Рефлекшн Соверинг – 7471,49 кг молока. Самые низкие удои были у коров линии Силинг Трайджун Рокит – 7042,85 кг. Молоко с наивысшей массовой долей жира наблюдали у линии Силинг Трайджун Рокит – 4,13 %, с наи-

меньшей – у линии Пабст Говернер – 3,85 %, у коров других линий на уровне 3,99–4,01 %.

Содержание белка в молоке коров всех линий, кроме Силинг Трайджун Рокит, составило 2,99 %. Такой уровень белка в целом характерен для данного хозяйства. Массовая доля белка в молоке линии Силинг Трайджун Рокит 2,91 %, что ниже на 0,08 % показателя других линий.

Средняя живая масса всех линий находится в диапазоне от 527,15 кг (Силинг Трайджун Рокит) до 540,55 кг (Монтвик Чифтейн). Максимальный коэффициент молочности у линии Вис Бэк Айдиал – 1401,03 кг, наименьший у коров линии Силинг Трайджун Рокит – на 1336,02 кг.

Для более глубокого анализа качества молока коров разных линий были проведены лабораторные исследования. Результаты физико-химических свойств исследованного молока, а также данные о количестве в молоке соматических клеток представлены в таблице 2.

Анализ молока коров разных линий показал, что наибольшая массовая доля жира и белка содержится в молоке коров, принадлежащих линии Рефлекшн Соверинг, – 4,67 % и 2,95 % соответственно. При этом массовая доля жира значительно выше, чем у других линий (на 0,33 %, чем у Вис Бэк Айдиал ( $P \leq 0,95$ ), и на 0,4 %, чем у Монтвик Чифтейн ( $P \leq 0,95$ )). Массовая доля белка в молоке коров разных линий практически не различалась

и была на уровне 2,93–2,95 %. Содержание СОМО было также выше в молоке коров линии Рефлекшн Соверинг – 8,57 %, что выше, чем у Вис Бэк Айдиал на 0,06 % ( $P \leq 0,95$ ) и Монтвик Чифтейн на 0,16 ( $P \leq 0,95$ ).

Более высокую плотность имело молоко коров Вис Бэк Айдиал – 28,82 А, затем Рефлекшн Соверинг – 28,7 °А, и самое низкое значение плотности было в молоке коров Монтвик Чифтейн – 28,5 °А. Разница между значениями плотности молока всех групп была недостоверной. Кислотность молока коров всех линий находилась в диапазоне 19,5–19,9 °Т, самая высокая кислотность молока наблюдалась у коров линии Рефлекшн Соверинг.

Индикатором здоровья коров, а также их физиологического состояния является уровень в молоке соматических клеток. На данный показатель все чаще обращают внимание при селекции молочного скота, так как он косвенно указывает на устойчивость животных к различным заболеваниям. Наименьшее количество соматических клеток было в молоке коров линии Вис Бэк Айдиал – 170,07 тыс./см<sup>3</sup>, что не достоверно, но ниже, чем в молоке коров линии Монтвик Чифтейн на 224,4 тыс./см<sup>3</sup> ( $P \leq 0,95$ ) и меньше, чем в молоке коров линии Рефлекшн Соверинг на 106,8 тыс./см<sup>3</sup> ( $P \leq 0,95$ ).

Надо отметить, что молоко всех групп соответствовало требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции».

Таблица 1 – Характеристика продуктивных качеств коров разных линий

Линия	Удой за 305 дней, кг	Содержание жира в молоке, %	Содержание белка в молоке, %	Живая масса, кг	Коэффициент молочности, кг
Вис Бэк Айдиал	7484,29±54,03	3,99±0,02	2,99±0,00	534,20±6,20	1401,03
Монтвик Чифтейн	7460,4±60,82	4,01±0,02	2,99±0,01	540,55±4,35	1380,15
Рефлекшн Соверинг	7471,49±56,23	4,01±0,02	2,99±0,00	536,55±1,10	1392,51
Пабст Говернер	7367,68±355,12	3,85±0,10	2,99±0,02	538,1±3,35	1369,20
Силинг Трайджун Рокит	7042,85±155,23	4,13±0,11	2,91±0,02	527,15±2,25	1336,02

Таблица 2 – Качество молока коров разных линий

Показатель	Линия		
	Р. Соверинг (n = 9)	М. Чифтейн (n = 9)	В. Б. Айдиал (n = 9)
Массовая доля жира, %	4,67±0,29	4,27±0,05	4,34±0,21
Массовая доля белка, %	2,95±0,02	2,93±0,06	2,94±0,02
СОМО, %	8,57±0,08	8,41±0,23	8,51±0,10
Плотность, °А	28,7±0,5	28,5±0,9	28,8±0,3
Кислотность, °Т	19,9±0,44	19,5±0,5	19,5±0,62
Количество соматических клеток, тыс./см <sup>3</sup>	276,9±58,21	394,5 ±297,5	170,1±37,8



Если сравнивать значения исследованного молока со средними данными по Удмуртии за 2020 г. (массовая доля жира 3,83 %, массовая доля белка 3,14 %) [6], то можно сказать, что в этом молоке низкое содержание белка и высокое содержание жира.

Далее нами была проведена оценка технологических свойств молока. Сыропригодность молока можно оценить на соответствие требованиям ТУ 9811-153-2004 «Молоко-сырье для сыроделия. Требования к сыропригодному молоку». Результаты исследований представлены в таблице 3.

По содержанию жира, белка и плотности, количеству соматических клеток молоко всех линий соответствует требованиям технических условий на молоко-сырье для сыроделия. Но при этом надо отметить, что в технических условиях представлены минимальные требования к качеству молока для сыроделия. Так, например, согласно рекомендуемым нормам массовая доля белка в сыропригодном молоке должна быть не менее 3,2 %, а плотность – не менее 1028 кг/м<sup>3</sup> [1, 4]. Исследованное молоко значительно уступает данным рекомендациям.

Для оценки сыропригодности молока важным фактором является класс молока по сычужно-бродильной пробе. В ходе проведенного анализа мы выявили что только молоко линии Рефлекшн Соверинг соответству-

ет необходимому II классу. У коров линии Рефлекшн Соверинг также самая высокая скорость сычужной свертываемости – 11,13 мин.

Для определения пригодности молока коров разных линий к производству кисломолочных продуктов нами были выработаны йогурт и творог. Данные по скорости сквашивания молока закваской молочнокислых микроорганизмов (термофильный стрептококк и болгарская палочка) и качества готового йогурта представлены в таблице 4.

Время сквашивания образцов составило 3 часа 45 минут. В течение этого времени кислотность йогурта, произведенного из молока коров линии Рефлекшн Соверинг, достигла уровня 107,5 °Т, кислотность йогурта из молока коров линии Монтвик Чифтейн и Вис Бэк Айдиал – 95,0 и 91,0 °Т соответственно. Более высокая кислотность йогурта из молока коров линии Рефлекшн Соверинг может говорить о том, что молоко этих коров является более благоприятной средой для развития молочнокислой микрофлоры.

Йогурт получился качественный из молока всех трех линий. Несмотря на высокую кислотность молока, вкус йогуртов был не кислый, приятный. Показатели кислотности йогурта соответствуют требуемой кислотности по ГОСТ 31981-2013 «Йогурты. Общие технические условия» (75–140 °Т). Йогурт из молока линии Рефлекшн Соверинг получился более густой.

Таблица 3 – Оценка сыропригодности молока

Показатель	ТУ 9811-153-2004	Линия		
		Р. Соверинг	М. Чифтейн	В. Б. Айдиал
Содержание жира, %	Не менее 3,1	4,67±0,29	4,27±0,05	4,34±0,21
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Не менее 1027	1028,7±0,5	1028,5±0,9	1028,8±0,3
Массовая доля белка, %	Не менее 2,8	2,95±0,02	2,93±0,06	2,94±0,02
Кислотность, °Т	16–19	19,9±0,4	19,5±0,5	19,5±0,6
Количество соматических клеток, тыс./см <sup>3</sup>	Не более 500	276,88±58,21	394,5±297,5	170,07±37,86
Класс молока по сычужно-бродильной пробе	I–II	II	III	III
Сычужная свертываемость, мин	–	11,13±0,03	12,00±0,00	11,81±0,38

Таблица 4 – Пригодность молока для производства кисломолочных продуктов

Показатель	Линия		
	Р. Соверинг	М. Чифтейн	В. Б. Айдиал
Время сквашивания, ч:мин	3:45	3:45	3:45
Внешний вид и консистенция	Нет отделения сыворотки, сгусток более густой, плотный	Незначительное отделение сыворотки, однородная масса, в меру вязкая	Незначительное отделение сыворотки, однородная масса, в меру вязкая
Вкус и запах	Чистый кисломолочный	Чистый кисломолочный	Чистый кисломолочный
Цвет	Молочно-белый	Молочно-белый	Молочно-белый
Кислотность, °Т	107,5±10,50	95,0±0,00	91,0±4,93

При производстве творога мы оценивали такие показатели, как расход молока на производство 1 кг творога, а также физико-химические показатели творога, результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Расход молока на 1 кг творога и качество творога

Показатель	Линия		
	Р. Соверинг	М. Чифтейн	В. Б. Айдиал
Расход молока на 1 кг творога	7,82±4,01	7,53±0,00	6,49±0,64
Массовая доля влаги, %	71,5±0,5	73,0±0,3	70,0±0,2
Кислотность, °Т	186,5±0,5	173,0±0,0	130,5±0,5

Согласно типовым нормам, средний расход молока на 1 кг творога составляет 5–7 кг. Данный показатель линии Вис Бэк Айдиал (6,49 кг) соответствует норме. Значительно выше расход молока на 1 кг творога у линии Рефлекшн Соверинг – 7,82±4,01. При изготовлении творога из молока линии Монтвик Чифтейн расход молока на 1 кг творога составил 7,53 кг. Наиболее экономически целесообразно для изготовления творога использовать молоко линии Вис Бэк Айдиал.

По кислотности и массовой доле влаги творог соответствовал ГОСТ 31453-2013 «Творог. Технические условия», при этом более высокая кислотность была у творога, произведенного из молока коров линии Рефлекшн Соверинг.

Также нами была оценена термоустойчивость молока коров разных линий, результаты исследований представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Термоустойчивость молока коров разных линий

Показатель	Линия		
	Р. Соверинг	М. Чифтейн	В. Б. Айдиал
Группа по алкогольной пробе	2	1	1,7
Доля молока по группе термоустойчивости	2 – 100 %	1 – 100 %	1 – 33,3 % 2 – 66,7 %

Молоко всех трех линий имеет высокую термоустойчивость (1–2-ю группу по алкогольной пробе) и может быть рекомендовано для производства продуктов детского питания и молочных консервов. Наиболее высокую термоустойчивость имело молоко коров линии Монтвик Чифтейн.

**Выводы.** Исходя из анализа физико-химических свойств молока коров трех линий, можно сделать вывод, что наилучшие показатели выявлены в молоке дочерей быков линии Рефлекшн Соверинг. Быки этой линии могут являться улучшателями по содержанию жира, белка и СОМО в молоке. Наименьшее количество соматических клеток в молоке выявлено у коров линии Вис Бэк Айдиал, что говорит о более устойчивом иммунитете коров к заболеваниям. Исходя из оценки сыропригодности молока, мы выявили, что для приготовления сыра можно использовать молоко линии Рефлекшн Соверинг, так как оно имело наиболее желательные результаты сычужной коагуляции – свертывалось сычужным ферментом за оптимальное время и давало плотный сгусток. Молоко линии Рефлекшн Соверинг также мы рекомендуем для приготовления кисломолочных продуктов. Йогурт получился более густой, без отделения сыворотки. Кислотность йогурта линии Рефлекшн Соверинг наивысшая – 107,5 °Т, что подтверждает благоприятную среду для развития молочнокислой микрофлоры. Самая высокая кислотность творога была отмечена также у линии Рефлекшн Соверинг – 186,5 °Т. Наименьший расход молока на 1 кг творога был выявлен у линии Вис Бэк Айдиал – 6,49 кг. Молоко, производимое в ОП УНПК «Ижагроплем» УдГАУ имеет высокую термоустойчивость, поэтому рекомендуем предприятию направлять молоко на производство кисломолочных продуктов и продуктов, в технологиях которых предусмотрена высокотемпературная обработка.

Для улучшения сыропригодности и качества кисломолочных продуктов ОП УНПК «Ижагроплем» УдГАУ необходимо повышать в молоке массовую долю белка. Результаты исследований показали, что для увеличения данного показателя племенному хозяйству целесообразно для дальнейшего воспроизводства стада более широко использовать таких быков-производителей, как Диллер 2384 (линия Монтвик Чифтейн), Эскарт-М 3372303615 (Рефлекшн Соверинг), Манат 1084 (Рефлекшн Соверинг) и АльтаПилснер 70344827 (Вис Бэк Айдиал), так как дочери этих быков в данных хозяйственных условиях имеют наибольшую молочную продуктивность и белково-молочность.

#### Список источников

1. Гудков А. В., Гудкова М. Я. Требования к качеству молока в сыроделии // Молочная промышленность. 1980. № 6. С. 18–20.

2. Эффективность геномного анализа племенной ценности голштинских быков-производителей в сравнении с оценкой по качеству потомства / Ю. В. Исупова, Е. А. Гимазитдинова, Г. В. Азимова, Е. Н. Мартынова // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 1. С. 7–10.

3. Лапина М. Ю., Абрамова М. В. Динамика показателей экстерьера и молочной продуктивности в микропопуляции голштинского скота // Пермский аграрный вестник. 2020. № 3 (31). С. 94–102.

4. Технологические свойства молока коров черно-пестрой породы нового генотипа / А. И. Любимов, Е. Н. Мартынова, В. А. Бычкова и [др.] // Зоотехния. 2015. № 1. С. 19–21.

5. Татаркина Н. И., Беленькая А. Е. Характеристика быков-производителей по молочной продуктивности дочерей // Главный зоотехник. 2016. № 11. С. 9–15.

6. Уткина О. С. Изменение показателей безопасности молока в течение года // Роль ветеринарной и зоотехнической науки на современном этапе развития животноводства: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию д-ра вет. наук, проф. Г. Н. Бурдова и 60-летию д-ра вет. наук, проф. Ю. Г. Крысенко, 23 июля 2021 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – С. 359–363.

7. Шагалиев Ф. М. Молочная продуктивность, технологические качества и сыропригодность молока коров разных генотипов // Зоотехния. 2021. № 12. С. 34–38.

8. Baumung R., Simianer H., Hoffmann I. Genetic diversity studies in farm animals – a survey // J. Anim. Breed. Genet. 2004. № 121. P. 361–373.

## References

1. Gudkov A. V., Gudkova M. Ya. Trebovaniya k kachestvu moloka v syrodellii // Molochnaya promyshlennost'. 1980. № 6. S. 18–20.

2. Effektivnost' genomnogo analiza plemennoj cennosti golshhtinskih bykov-proizvoditelej v sravnenii s ocenкой po kachestvu potomstva / Yu. V. Isupova, E. A. Gimazitdinova, G. V. Azimova, E. N. Martynova // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2022. № 1. S. 7–10.

3. Lapina M. Yu., Abramova M. V. Dinamika pokazatelej ekster'era i molochnoj produktivnosti v mikro-populyacii golshhtinskogo skota // Permskij agrarnyj vestnik. 2020. № 3 (31). S. 94–102.

4. Tekhnologicheskie svojstva moloka korov cherno-pestroj породы novogo genotipa / A. I. Lyubimov, E. N. Martynova, V. A. Bychkova i [dr.] // Zootekhniya. 2015. № 1. S. 19–21.

5. Tatarkina N. I., Belen'kaya A. E. Harakteristika bykov-proizvoditelej po molochnoj produktivnosti docherej // Glavnij zootekhnik. 2016. № 11. S. 9–15.

6. Utkina O. S. Izmenenie pokazatelej bezopasnosti moloka v techenie goda // Rol' veterinarnoj i zootekhnicheskoy nauki na sovremennom etape razvitiya zhivotnovodstva: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 70-letiyu d-ra vet. nauk, prof. G. N. Burdova i 60-letiyu d-ra vet. nauk, prof. Yu. G. Krysenko, 23 iyulya 2021 g. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2021. – S. 359–363.

7. Shagaliev F. M. Molochnaya produktivnost', tekhnologicheskie kachestva i syroprigodnost' moloka korov raznyh genotipov // Zootekhniya. 2021. № 12. S. 34–38.

8. Baumung R., Simianer H., Hoffmann I. Genetic diversity studies in farm animals – a survey // J. Anim. Breed. Genet. 2004. № 121. R. 361–373.

## Сведения об авторах:

**О. С. Уткина** <sup>✉</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

**Е. В. Ачкасова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069

<sup>✉</sup>utkinaolga1982@yandex.ru

Original article

## QUALITY AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF MILK OF COWS OF DIFFERENT LINES

**Olga S.Utkina** <sup>✉</sup>, **Elena V. Achkasova**

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

<sup>✉</sup>utkinaolga1982@yandex.ru

**Abstract.** Milk productivity and technological properties of milk are greatly influenced by the genetic potential of cows, which is largely determined by the servicing bulls used for the herd production. This paper studies the dependence of dairy productivity and milk quality of Black-and-White cows on their origin in the "Izhagroplem" UdSAU. Data from breeding records of the SELEX program were used for studying the genetic potential of dairy productivity of breeding bulls used on the farm and the productivity of their daughters. To study the quality and technological properties of milk three groups of cows of different origin were formed: cows of the

*Reflection Sovering line, Vis Back Ideal line and Montvik Chieftain line. The best indicators were found in the milk of cows from breeding bulls of the Reflection Sovering line. The bulls of this line can be improvers in terms of fat, protein and MSNF content in milk. The smallest number of somatic cells in milk was found in cows of the Vis Back Ideal line. The milk of cows of all lines in the farm has a low protein content – 2.93–2.95 % and a high fat content – 4.27–4.67 %. For improving the technological properties of milk in the farm it is necessary to increase the protein milk producing ability of cows. In order to achieve this purpose for the further reproduction of the herd, we recommend to use more widely such breeding bulls as Diller 2384 (Montvik Chieftain line), Escart-M 3372303615 (Reflection Sovering), Manat 1084 (Reflection Co-vering) and Alta Pilsner 70344827 (Vis Back Ideal), since the daughters of these bulls have higher protein content in milk compared to herd mates. The milk produced in the "Izhagroplem" UdSAU has high thermal stability, therefore it is advisable to use it in the food production with high-temperature processing.*

**Key words:** milk productivity, Reflection Sovering line, Vis Beck Ideal line, Montvik Chieftain line, mass fraction of protein, cheese production suitability, cottage cheese yield, thermal stability, yoghurt production suitability.

**For citation:** Utkina O. S., Achkasova E. V. Quality and technological properties of milk of cows of different lines. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2023; 1(73): 29-35. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_29-35](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_29-35).

#### Authors:

**O. S. Utkina** ✉, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

**E. V. Achkasova**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

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

✉ [utkinaolga1982@yandex.ru](mailto:utkinaolga1982@yandex.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 14.11.2022; одобрена после рецензирования 13.02.2023;  
принята к публикации 17.03.2023.

The article was submitted 14.11.2022; approved after reviewing 13.02.2023; accepted for publication 17.03.2023.

## ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЛЕМЕХОВ ПЛУГОВ, ЛАП КУЛЬТИВАТОРОВ И ПЛОСКОРЕЗОВ ТОЧЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКОЙ

Большаков Виктор Ильич<sup>1</sup>, Федоров Олег Сергеевич<sup>2</sup>✉,  
Ваганов Дмитрий Иванович<sup>3</sup>, Шмыков Сергей Николаевич<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup>Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

<sup>3</sup>ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

<sup>2</sup>fos1973@yandex.ru

**Аннотация.** Потребность в лемехах плугов в странах ближнего зарубежья и России составляет от 25 до 35 млн штук в год. В этих условиях целесообразно восстанавливать ресурс лемеха нанесением износостойкого слоя с тыльной стороны, обеспечивая самозатачиваемость лезвия, предварительного упрочнения лезвия лемеха и носка на вновь изготовленные с последующей их приваркой к части лемеха. Целью работы стало исследование на твердость экспериментальных образцов, наплавленных различными электродами, для повышения износостойкости лемеха плуга точечной наплавкой; разработка рекомендаций по реализации технологии наплавки лемеха в условиях ремонтно-обслуживающих баз различного уровня. В исследованиях использовались электроды Т-590, ЦЛ-11, МР-3С. Наплавка проводилась при постоянном токе обратной полярности  $I_{св} = 100...160$  А,  $U_{св} = 25...30$  В, в качестве наплавляемой основы использовался стальной прокат, геометрические параметры которого соответствуют геометрии режущего лезвия лемеха плуга. Каждой маркой электрода наплавлялись четыре сварочные точки с интервалом 30...40 мм. Анализ закономерностей распределения твердости по глубине сварочных точек показывает, что твердость остается практически неизменной по всей высоте сварочной точки, независимо от того, какой маркой электрода осуществлялась наплавка. Максимальная твердость (в среднем 55...58 HRC) достигается при использовании электрода марки Т-590. Использование предлагаемой технологии восстановления повышает износостойкость лемехов плугов, а получение оптимальной геометрии режущей кромки снижает тяговое усилие транспортирующего агрегата и способствует более качественной обработке почвы.

**Ключевые слова:** анализ, износ, лемех, технология, электрод, конструкция, износостойкость, упрочнение.

**Для цитирования:** Повышение износостойкости лемехов плугов, лап культиваторов и плоскорезов точечной электродуговой сваркой / В. И. Большаков, О. С. Федоров, Д. И. Ваганов, С. Н. Шмыков // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1(73). С. 36-41. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_36-41](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_36-41).

**Актуальность.** В период перехода к рыночной экономике многие предприятия, работающие в сфере сельскохозяйственного производства, испытали на себе экономический спад и частично перепрофилировались, особенно ремонтно-технические предприятия и ремонтные заводы, которые перешли на выпуск промышленной продукции или распались на мелкопрофильные частные предприятия. И, таким образом, восстановление изношенных деталей утратило свое значение.

С последующим развитием промышленности и налаживанием экономических связей, с расширением производств, разработкой но-

вых технологий и материалов, оборудования появились необходимость и возможность проведения научных исследований. Предприятия проявили большой интерес к восстановлению ресурса отработавших свой срок деталей, к новому их использованию, так как себестоимость деталей в зависимости от сложности составляет 18...70 % от новых, а ресурс – не менее 83 %, причем в некоторых случаях превышает в 1,7...1,8 раза вновь изготовленные [1–3]. Наиболее востребованными для восстановления являются рабочие органы простых и сложных сельскохозяйственных машин (лемехи плугов, лапы культиваторов, рабочие органы

плоскорезов, диски сеялок, луцильников) [11–13]. Так, например, наработка лемехов плугов в условиях абразивной среды небольшая и колеблется от 100 до 300 га. После этого лемехи подвергаются оттяжке и затачиванию.

Многие известные способы восстановления утратили свое назначение из-за высокой себестоимости, отсутствия высокопроизводительного оборудования, организованного централизованного сбора изношенных деталей и их последующего восстановления. Тем не менее ежегодная потребность в лемехах плугов по Российской Федерации и странам ближнего зарубежья, по различным источникам, составляет десятки миллионов штук [5, 8], и даже при развитой сети ремонтно-обслуживающих баз (РОБ) объем восстановления составлял в 1982 г. 10 % от вновь изготавливаемых [9]. Учитывая сегодняшнее положение дел, этот процент значительно ниже, так как многие сети перепрофилированы на выпуск совершенно другой продукции, но все же потребность в восстановлении лемехов плугов, повышении их износостойкости и срока службы не утратила своей значимости.

В ремонтных мастерских хозяйств восстановление лемеха плуга в основном осуществляется оттяжкой лезвия за счет специального запаса металла («магазина»), предусмотренного при изготовлении лемеха, такой способ позволяет восстановить его геометрию не более 4 раз. В этих условиях становится целесообразным восстанавливать ресурс лемеха плуга нанесением износостойкого слоя с тыльной стороны, обеспечивая самозатачиваемость лезвия, предварительного упрочнения лезвия лемеха и носка на вновь изготовленные с последующей их приваркой к части лемеха.

**Цель работы** – исследование на твердость экспериментальных образцов, наплавленных различными электродами, для повышения износостойкости лемеха плуга точечной наплавкой; разработка рекомендаций по реализации технологии наплавки лемеха в условиях ремонтно-обслуживающих баз различного уровня.

#### Задачи исследований:

- определить закономерности изменения твердости наплавленных образцов в основном металле (тело лемеха), переходной зоне и наплавленном слое при использовании различных электродных материалов;
- определить закономерности изменения твердости в околошовном пространстве

при использовании различных электродных материалов;

- разработать рекомендации упрочнения лезвия лемеха для различных структурных подразделений ремонтно-обслуживающих баз.

#### Материалы и методы исследования.

В специализированных ремонтных предприятиях наиболее популярна технология восстановления лемеха путем нанесения износостойкого покрытия (рис. 1), как правило, сормайт-1 [4, 6, 7, 10].

Последующее восстановление геометрии обеспечивает значительное повышение ресурса лемеха.

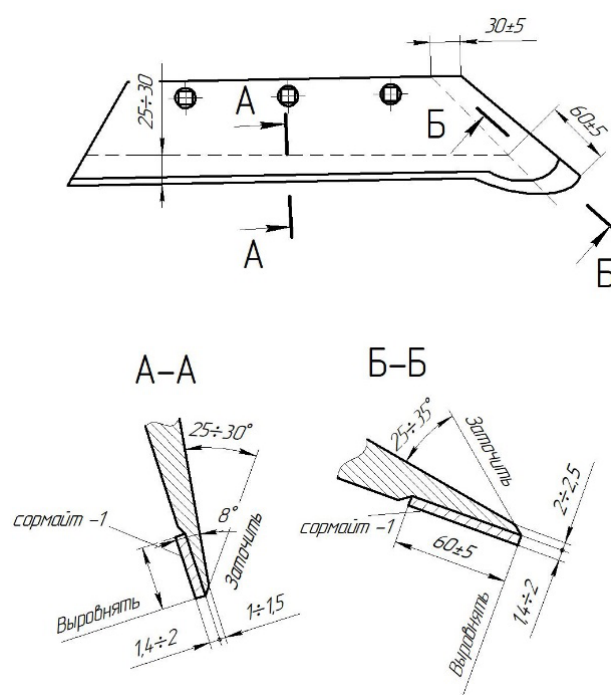


Рисунок 1 – Параметры лемеха, восстановленного сормайт-1

Основными недостатками вышеприведенной технологии являются ограниченность использования, дорогостоящие расходные материалы, низкая производительность.

Достаточно простой и высокопроизводительной технологией упрочнения является дуговая точечная наплавка на лезвие лемеха износостойкого материала. При этом способе наплавки на поверхность лемеха с интервалом в 20...40 мм наплавляются точки конусообразной формы, высотой 5...7 мм, диаметром 9...12 мм (рис. 2), точки имеют переменное сечение и твердость, которая снижается по мере приближения к основному металлу.

В процессе обработки почвы таким лемехом лезвие рабочего органа с точечным упроч-

нением изнашивается на различную величину, на твердых участках образуются выступы, а на менее твердых – впадины. В итоге образуется волнообразная поверхность лезвия лемеха, благодаря чему уменьшается тяговое сопротивление плуга на 25 %, улучшаются разрыхление почвы и устойчивость работы плуга в процессе вспашки. Это же можно сказать в отношении работы лап культиваторов, дисков борон и сеялок.

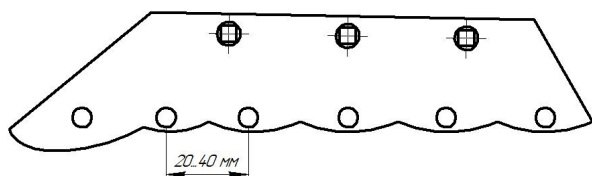


Рисунок 2 – Параметры лемеха, восстановленного дуговой точечной наплавкой

Параметры сварочных точек можно регулировать, изменяя диаметр электрода, скорость наплавки, силу сварочного тока и т.п.

**Результаты исследования.** Фактором, существенно влияющим на параметры наплавленной точки, является марка используемого электрода. В проведенных исследованиях использовались электроды Т-590, ЦЛ-11, МР-3С. Выбор электродов обусловлен тем, что данные марки являются наиболее распространенными при выполнении сварочных работ в условиях собственных ремонтных мастерских сельхозтоваропроизводителей. Наплавка проводилась при постоянном токе обратной по-

лярности  $I_{св} = 100...160$  А,  $U_{св} = 25...30$  В, в качестве наплавляемой основы использовался стальной прокат, геометрические параметры которого соответствуют геометрии режущего лезвия лемеха плуга. Каждой маркой электрода наплавлялось четыре сварочные точки с интервалом 30...40 мм (рис. 3).



Рисунок 3 – Стальная основа с точками, наплавленными электродами Т-590, ЦЛ-11, МР-3С

Целью проведения исследования наплавленных образцов являлось определение закономерностей распределения твердости по глубине сварочной точки (рис. 4). Измерение твердости наплавленных слоев проводились на твердомере ТК-2М. Для снятия слоев металла сварочной точки использовался точильный станок, схема послойного снятия металла представлена на (рис. 5).

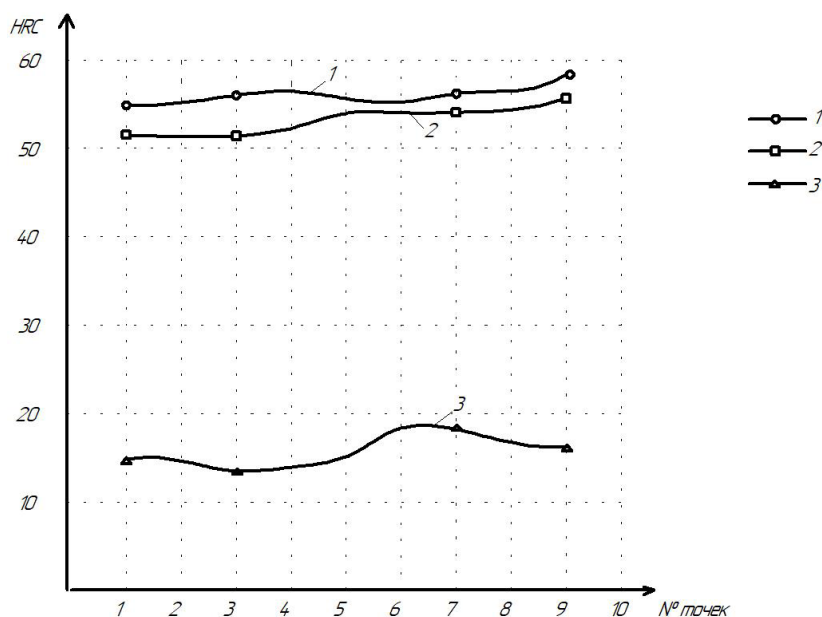


Рисунок 4 – Распределение твердости по глубине сварочной точки, выполненной электродами: 1 – Т-590, 2 – ЦЛ-11, 3 – МР-3С

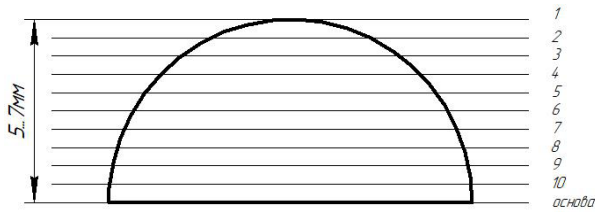


Рисунок 5 – Схема послойного снятия металла сварочной точки

Анализ закономерностей распределения твердости по глубине сварочных точек показывает, что твердость остается практически неизменной по всей высоте сварочной точки, независимо от того, какой маркой электрода осуществлялась наплавка. Максимальная твердость (в среднем 55...58 HRC) достигается при использовании электрода марки Т-590.

Для получения оптимальной волнообразной геометрии режущего лезвия лемеха необходимо определить закономерности распределения твердости металла сварочной точки в поперечном направлении ширины точки

(рис. 6). Измерение твердости наплавленных слоев проводилось на твердомере ТК-2М. Схема измерения твердости в поперечном направлении сварочной точки представлена на рисунке 7.

Наиболее стабильное распределение твердости в поперечном направлении сварочной точки наблюдается при использовании электродов марки Т-590, максимальная твердость наблюдается на вершине конусообразной сварочной точки, в дальнейшем происходит плавное снижение твердости вплоть до наплавливаемой основы.

**Вывод.** Исходя из полученных зависимостей установлено, что максимальная твердость наплавленной точки и стабильное распределение твердости на режущем лезвии лемеха плуга достигаются при использовании электродов Т-590. При этом рекомендуемая высота точки составляет 5...7 мм, наружный диаметр – 9...12 мм.

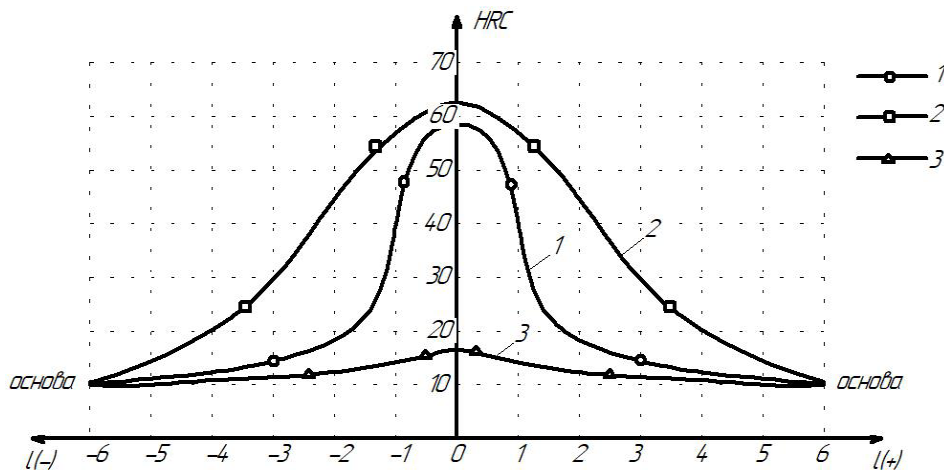


Рисунок 6 – Распределение твердости металла в поперечном направлении сварочной точки, выполненной электродами: 1 – ЦЛ-11, 2 – Т-590, 3 – МР-3С

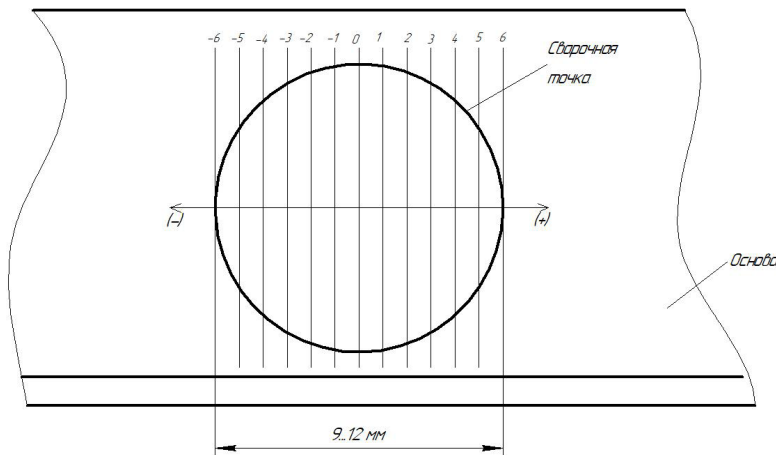


Рисунок 7 – Схема измерения твердости в поперечном направлении сварочной точки



Данный способ восстановления работоспособности лемехов плугов может быть реализован как в специализированных, так и в собственных ремонтных мастерских хозяйств.

### Список источников

1. Большаков В. И., Федоров О. С. Восстановление поверхности деталей с заменой изношенной части // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 фев. 2018 г. Ижевск, 2018. С. 120–123.

2. Зорин А. И., Большаков В. И., Квакин А. Г. Рекомендации по способам восстановления деталей в мастерских хозяйств. Ижевск: Областное правление Всесоюзного агропромышленного НТО, 1989. – 97 с.

3. Восстановление посадочных поверхностей вала гидромотора методом SLM (SELECTIVE LASER MELTING) / А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков, В. И. Ширококов, Л. Я. Новикова // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2022. № 1. С. 12–17.

4. Надежность и ремонт машин / В. В. Курчаткин, Н. Ф. Тельнов, К. А. Ачкасов [и др.]; под ред. В. В. Курчаткина. Москва: Колос, 2000. 776 с.

5. Исследование конструктивно-технологических параметров вибрационного уловителя неорганических примесей / В. А. Петров, М. А. Витвинова, О. С. Федоров, В. И. Ширококов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4 (72). С. 70–75.

6. Анализ износа сошника сеялки PRIMERA DMC 9000 AMAZONE (Германия) / В. Ф. Первущин, О. С. Федоров, В. И. Ширококов [и др.] // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Международной научно-практической конференции, 15–18 фев. 2022 г. Ижевск, 2022. С. 211–213.

7. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве / В. И. Черноиванов, В. В. Бледных, А. Э. Северный [и др.]; под ред. В. И. Черноиванова. Москва-Челябинск: ГОСНИТИ, ЧГАУ, 2003. 992 с.

8. Влияние износа рабочих органов на эффективность работы дробилки зерна / В. И. Ширококов, А. А. Мякишев, В. А. Баженов [и др.] // Сельский механизатор. 2022. № 3. С. 28–29.

### References

1. Bol'shakov V. I., Fedorov O. S. Vosstanovlenie poverhnosti detalej s zamenoj iznoshennoj chasti // Innovacionnoe tekhnologii dlya realizacii programmy nauchno-tekhnicheskogo razvitiya sel'skogo hozyajstva: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 13–16 fev. 2018 g. Izhevsk, 2018. S. 120–123.

2. Zorin A. I., Bol'shakov V. I., Kvakin A. G. Rekomendacii po sposobam vosstanovleniya detalej v masterskih hozyajstv. Izhevsk: Oblastnoe pravlenie Vsesoyuznogo agropromyshlennogo NTO, 1989. – 97 s.

3. Vosstanovlenie posadochnyh poverhnostej vala gidromotora metodom SLM (SELECTIVE LASER MELTING) / A. G. Ipatov, S. N. Shmykov, V. I. Shirobokov, L. Ya. Novikova // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. 2022. № 1. S. 12–17.

4. Nadezhnost' i remont mashin / V. V. Kurchatkin, N. F. Tel'nov, K. A. Achkasov [i dr.]; pod red. V. V. Kurchatkina. Moskva: Kolos, 2000. 776 s.

5. Issledovanie konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov vibracionnogo ulovatelya neorganicheskikh primesej / V. A. Petrov, M. A. Vitvinova, O. S. Fedorov, V. I. Shirobokov // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2022. № 4 (72). S. 70–75.

6. Analiz iznosa soshnika seyalki PRIMERA DMC 9000 AMAZONE (Germaniya) / V. F. Pervushin, O. S. Fedorov, V. I. Shirobokov [i dr.] // Nauchnye razrabotki i innovacii v reshenii strategicheskikh zadach agropromyshlennogo kompleksa: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 15–18 fev. 2022 g. Izhevsk, 2022. S. 211–213.

7. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont mashin v sel'skom hozyajstve / V. I. Chernoiyanov, V. V. Blednyh, A. E. Severnyj [i dr.]; pod red. V. I. Chernoiyanova. Moskva-Chelyabinsk: GOSNITI, CHGAU, 2003. 992 s.

8. Vliyanie iznosa rabochih organov na effektivnost' raboty drobilki zerna / V. I. Shirobokov, A. A. Myakishhev, V. A. Bazhenov [i dr.] // Sel'skij mekhanizator. 2022. № 3. S. 28–29.

### Сведения об авторах:

**В. И. Большаков**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент;

**О. С. Федоров**<sup>2✉</sup>, кандидат технических наук, доцент,  
<https://orcid.org/0000-0001-6079-6897>;

**Д. И. Ваганов**<sup>3</sup>, ассистент;

**С. Н. Шмыков**<sup>4</sup>, кандидат экономических наук, доцент,  
<https://orcid.org/0000-0002-2103-8695>

<sup>1,2,4</sup>Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 9, Ижевск, Россия, 426069

<sup>3</sup>ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, ул. Студенческая, 37, Ижевск, Россия, 426069

<sup>2</sup>fos1973@yandex.ru

Original article

## INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF PLOUGH SHARES, CULTIVATOR SHARES AND SWEEPS BY SPOT ARC WELDING

Victor I. Bolshakov<sup>1</sup>, Oleg S. Fedorov<sup>2✉</sup>, Dmitriy I. Vaganov<sup>3</sup>, Sergey N. Shmykov<sup>4</sup><sup>1,2,4</sup>Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia<sup>3</sup>Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia<sup>2</sup>fos1973@yandex.ru

**Abstract.** The demand for plough shares in neighboring countries and Russia ranges from 25 to 35 million pieces per year. Under these conditions it is advisable to restore the life of the plough share by applying a wear-resistant layer on the back side providing self-sharpening of the blade, pre-hardening of the blade of the plough share and the share nose on newly manufactured ones, followed by their welding to a part of the plough share. The aim of the work was to study the hardness of experimental samples deposited with various electrodes to increase the wear resistance of the plough share by spot deposit welding; to develop recommendations for the implementation of plough share surfacing technology in the maintenance and servicing bases of various levels. The T-590, CL-11, MR-3C electrodes were used in the research. The surfacing was carried out at a direct current of reverse polarity  $I_{cb} = 100...160$  A,  $U_{cb} = 25...30$  V, rolled steel was used as the surfaced base, its geometric parameters correspond to the geometry of the cutting blade of the plough share. Four welding points with an interval of 30...40 mm were deposited with each electrode type. The analysis of the regularities of the hardness distribution over the depth of the welding points shows that the hardness remains almost unchanged over the entire height of the welding point, regardless of the classification of electrode used in the process of surfacing. The maximum hardness (on average 55...58 HRC) is achieved by using a T-590 electrode. The use of the proposed restoration technology increases the wear resistance of plough shares, and the obtaining of the optimal geometry of the cutting edge reduces the pulling force of the transporting unit and contributes to better soil treatment.

**Key words:** analysis, wear, plough share, technology, electrode, construction, wear resistance, hardening.

**For citation:** Bolshakov V. I., Fedorov O. S., Vaganov D. I., Shmykov S. N. Increasing the wear resistance of plough shares, cultivator shares and sweeps by spot arc welding. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2023; 1(73): 36-41. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_36-41](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_36-41).

### Authors:

**V. I. Bolshakov**<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

**O. S. Fedorov**<sup>2✉</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0001-6079-6897>;

**D. I. Vaganov**<sup>3</sup>, Assistant;

**S. N. Shmykov**<sup>4</sup>, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-2103-8695>

<sup>1,2,4</sup>Udmurt State Agricultural University, 9 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

<sup>3</sup>Kalashnikov ISTU, 37 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

<sup>2</sup>fos1973@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 09.02.2023; одобрена после рецензирования 14.02.2023; принята к публикации 17.03.2023.

The article was submitted 09.02.2023; approved after reviewing 14.02.2023; accepted for publication 17.03.2023.

Научная статья

УДК 620.197.6:666.76

DOI 10.48012/1817-5457\_2023\_1\_42-47

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ С НИКЕЛЕВОЙ МАТРИЦЕЙ И СВЕРХТВЕРДЫМИ КЕРАМИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ

Ипатов Алексей Геннадьевич<sup>1✉</sup>, Харанжевский Евгений Викторович<sup>2</sup>,  
Шмыков Сергей Николаевич<sup>3</sup>, Новикова Лилия Яннуровна<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup>УдГУ, Ижевск, Россия

<sup>1</sup>ipatow.al@yandex.ru

**Аннотация.** Применение тонких функциональных керамических покрытий ограничено по технологическим причинам и характеризуется отсутствием полной информации об их трибологических свойствах. На кафедре «Эксплуатация и ремонт машин» УдГАУ имеется опыт испытаний и эксплуатации тонких керамических покрытий на основе карбида бора. Особенности адгезионного взаимодействия между керамическими материалами и традиционными антифрикционными сплавами не позволяют использовать их в большинстве узлов машиностроения. В данной работе рассмотрены особенности трибологического поведения металломатричных композитов на никелевой основе, дополнительно упрочненных диоксидом циркония  $ZrO_2$ . Для получения лабораторных образцов использована технология высокоэнергетического короткоимпульсного лазерного оплавления мелкодисперсных порошковых композиций. Для оценки трибологических свойств получены металломатричные композиты с различным содержанием диоксида циркония  $ZrO_2$ . Износные испытания выполнены по стандартной методике по схеме нагружения «диск – колодка» в условиях граничного трения. В качестве контрольных трибологических параметров исследованы коэффициент трения и температура в зоне трения. Проведенные исследования показали зависимость коэффициента трения и температуры от содержания диоксида циркония. Введение диоксида циркония стабилизирует интенсивность изнашивания и снижает коэффициент трения до 0,03, при этом повышается задиростойкость, термостойкость покрытия, что положительно сказывается на ресурсе сопряжения. Снижение коэффициента трения и температуры в зоне трения обосновывается формированием трибослоя на основе механической смеси оксидных соединений с неокисленными компонентами покрытия, вызванных избирательным переносом вещества. Повышение температуры в зоне трения стабилизирует трибослой, поскольку интенсивность окисления компонентов покрытия увеличивается.

**Ключевые слова:** керамические покрытия, трибослой, коэффициент трения, металломатричный композит.

**Для цитирования:** Исследование триботехнических свойств металломатричных композитов с никелевой матрицей и сверхтвердыми керамическими включениями / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, С. Н. Шмыков, Л. Я. Новикова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1(73). С. 42-47. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_42-47](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_42-47).

**Введение.** В ранее опубликованных работах [5–8] были исследованы керамические покрытия на основе карбида бора и гексагонального нитрида бора, которые наносились на стальные диски и подвергались испытаниям на износ в условиях граничной смазки при контакте с образцами из различных антифрикционных материалов, широко используемых в машиностроении.

В результате испытаний на износ была показана хорошая совместимость сверхтвердых

керамических покрытий в паре трения с бронзами и сплавами баббита [9]. Но результаты испытаний показали, что пары трения этих покрытий с алюминиевыми сплавами или чугунами совершенно не совместимы. Такое сочетание приводит к ускоренному износу контртела. Если переход к режиму со сверхнизким коэффициентом трения при контактировании с образцами из бронзы объясняется появлением связей В-О-Н, то несовместимость покрытий с чугунами и алюминиевыми

сплавами объясняется химической адгезией контактирующих компонентов и возникновением химических реакций между материалами покрытия и контртела в парах трения.

В связи с этим **целью данной работы** явилось исследование триботехнического поведения металломатричных композиционных материалов, в которых в качестве включений содержатся керамические материалы на основе карбида бора, дополнительно легированные диоксидом циркония  $ZrO_2$ .

**Методика исследований.** Для получения лабораторных образцов на цилиндрическую поверхность стальных дисков толщиной 10 мм и диаметром 75 мм было нанесено покрытие из металломатричного композита (ММК) методом высокоэнергетического короткоимпульсного лазерного плавления мелкодисперсных порошковых смесей из различных материалов.

Состав смеси определялся следующими факторами:

1. Металлическая матрица – никель.
2. Добавки в металлическую матрицу для формирования антифрикционного триботехнического слоя – оксид циркония, оксид бора.
3. Добавки порошков для формирования сверхтвердых керамических включений в металлической матрице – карбид бора.

Для каждой композиции покрытия изготовили пять одинаковых дисков. Методика позволяет синтезировать широкий спектр керамических покрытий на сталях. Исключительной особенностью используемой методики является высокий уровень адгезии между подложкой и покрытием [2–4]. Для введения в покрытие необходимого количества кислорода с целью формирования трибослоя с низким коэффициентом трения в порошковую смесь перед лазерным плавлением добавлялось определенное количество мелкодисперсного порошка диоксида циркония. Карбид бора добавляли от 0 до 50 мас.%. Частицы в порошках имеют средний размер 5 и 10 мкм, а размер агломератов частиц в полученных порошковых смесях не превышает 14 мкм. Стальные диски для испытаний на износ изготовлены из углеродистой стали марки 40 по ГОСТ 1050-88. Твердость стальных дисков составляла 34 HRC, цилиндрическая поверхность дисков была отшлифована до достижения параметра шероховатости Ra 0,32 мкм.

В экспериментальной установке для лазерного напыления используется волоконный

короткоимпульсный иттербиевый лазер ( $P = 50$  Вт,  $\lambda = 1,065$  мкм,  $\tau = 40$  нс). Использовался коммерческий короткоимпульсный лазер LDesigner F1 номинальной мощностью 50 Вт. Однопроходная лазерная обработка проводилась в атмосфере аргона (чистота 99,997 %). Энергия импульсов составляла 1 мДж с частотой 20 кГц, что давало мгновенную мощность 25 кВт. Диаметр фокуса лазерного луча составлял 30 мкм, что давало результирующую мгновенную плотность мощности  $3,5 \cdot 10^{13}$  Вт/м<sup>2</sup>.

Для испытаний на износ по стандарту ASTM G77 использовали схему испытания типа «диск – колодка». Нормальная сила задавалась в диапазоне от 50 до 300 Н, а скорость скольжения составляла 3 м/с. В качестве контртела-колодки использовали серый чугун СЧ-18. Выбранный сплав представляет собой материал, используемый в деталях машин и двигателей, например, головка цилиндра.

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, марка И-40А, ГОСТ 20799-88). Его технические характеристики соответствуют стандарту SAE20W. Главная особенность масла – отсутствие в его составе каких-либо антикоррозионных и антиоксидантных присадок. Низкая эффективность смазывающих свойств масла при температурах выше 100 °С позволяет анализировать поведение образцов при повышенных температурах. Скорость подачи масла в начальное время испытаний составляла 1 капля (10 мкл) в минуту. Эти условия смазки имитируют масляное голодание в аварийных случаях работы техники.

Все испытания проводились при относительной влажности (RH)  $60 \pm 3$  %. Относительная влажность контролировалась промышленным осушителем и устанавливалась для всего помещения с испытательным оборудованием. Предварительно выбранные условия трибологических испытаний, такие как контактное давление, скорость скольжения и относительная влажность, позволили сравнить полученные результаты с данными, приведенными ранее в литературе [1, 4]. Температура испытуемых образцов измерялась термопарой типа К. Расположение установки термопары схематично показано черным квадратом на рисунке 1.

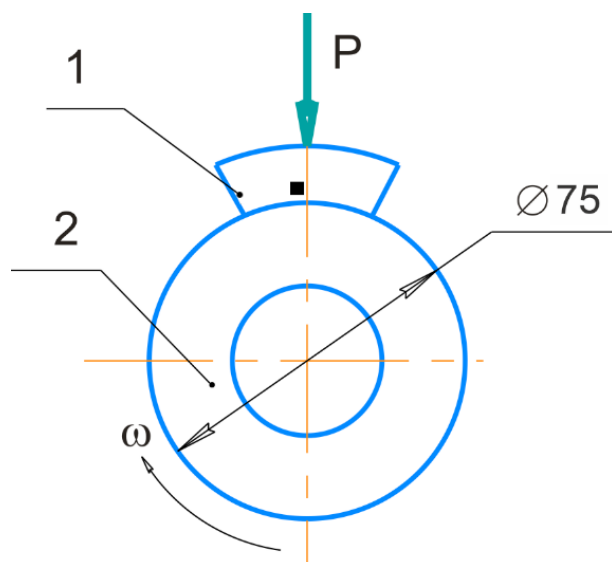


Рисунок 1 – Схема испытаний типа «диск-колодка»: 1 – колодка; 2 – диск

Изменение массы  $\Delta m$  контртела при износе использовалось для расчета удельной скорости изнашивания  $k$  следующим образом:

$$k = \frac{\Delta m}{\rho LP}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность образца;

$L$  – путь скольжения, м;

$P$  – нормальная нагрузка на контакт, Н.

Измерение коэффициента трения (COF) и скорости изнашивания позволяет исследовать влияние содержания кислорода в поверхностных слоях, образующихся при интенсивном трении скольжения во время высоких нагрузок в условиях повышенных температур.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Динамика изменения коэффициента трения при трении скольжения покрытий различного состава показана на рисунке 2. Для покрытий из чистого никеля в целом наблюдается снижение коэффициента трения при увеличении диапазона нагрузок от 50 до 200 Н (рис. 2а). Увеличение нагрузки сопровождается повышением температуры трущихся поверхностей (рис. 2в), но при этом формирования трибослоя с низким коэффициентом трения, изложенного в работах [9], не наблюдается.

При нагрузке 200 Н в чистом никелевом покрытии наблюдается переход к интенсивному износу (истирание). Увеличение нормальной нагрузки до 250 Н приводит к быстрому заеданию контактных поверхностей.

Никель-циркониевые покрытия ведут себя по-разному в зависимости от состава. Как видно из рисунка 2а, для покрытий с низким содержанием диоксида циркония критическая точка нормальной нагрузки составляет 200 Н.

После этой нагрузки в условиях интенсивного износа на трущихся поверхностях образуются диссипативные структуры на основе оксидов и продуктов трибологического переноса компонентов трущихся поверхностей, характеризующиеся низким коэффициентом трения и представляющие эффективные трибослои. Образование таких структур было подтверждено химическим анализом [5].

Для покрытий с содержанием диоксида циркония 2,8 % и ниже образование трибослоев резко снижает коэффициент трения (см. рис. 2а и рис. 2б).

Например, коэффициент трения покрытий Ni – 0,4 % ZrO<sub>2</sub> снизился в 7 раз при нагрузке 300 Н. Наименьшее значение коэффициента трения, равное 0,03, было зафиксировано нами при испытаниях покрытия на износ в условиях граничной смазки. Высокая температура при испытаниях на износ делает масляную смазку неэффективной, поэтому снижение коэффициента трения можно объяснить только смазывающей способностью ТМА, образующейся при сильном износе.

Заметные изменения фрикционных свойств покрытия с содержанием диоксида циркония выше 2,8 % наблюдались при испытаниях (рис. 2б). Эти покрытия имеют более низкий коэффициент трения при низких нормальных нагрузках в начале испытаний, как показано на рисунке 2г.

Формирование трибослоев с ярким и блестящим поверхностным слоем при более высоких нагрузках увеличивает коэффициент трения. Можно сделать вывод, что чем выше содержание диоксида циркония, вводимого в покрытия, тем выше коэффициент трения регистрируется для трибослоев, образующихся в условиях интенсивного трения при высоких нагрузках.

**Выводы.** В работе исследованы металлматричные композиты на основе никелевой матрицы, дополнительно легированные диоксидом циркония ZrO<sub>2</sub>. Для оценки работоспособности исследуемых материалов выполнены трибологические исследования ММК с различным содержанием диоксида циркония ZrO<sub>2</sub>.

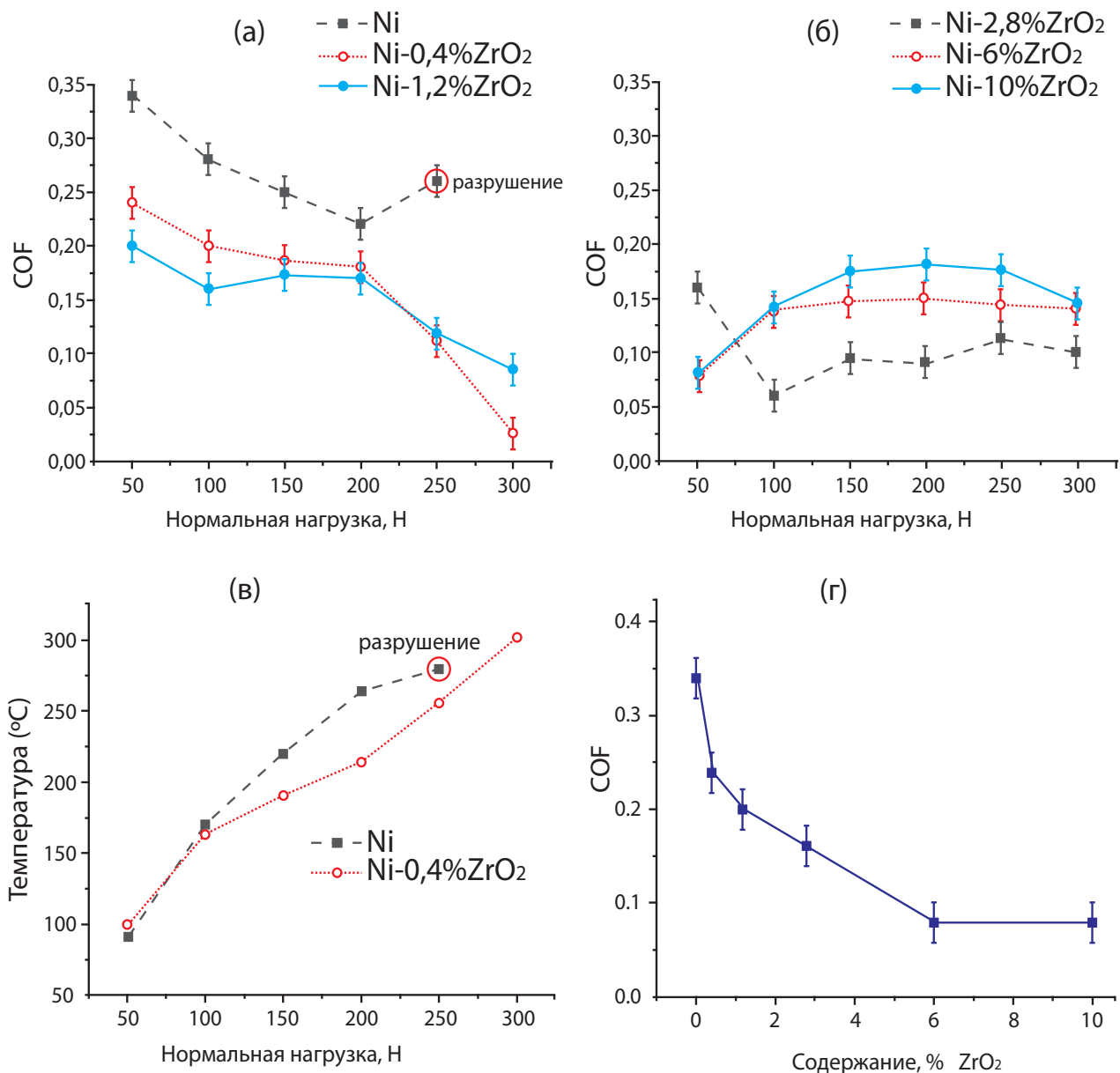


Рисунок 2 – Сравнительные трибологические характеристики ММК на никелевой основе с различным содержанием оксида циркония ZrO<sub>2</sub>

Из результатов исследований следует, что введение ZrO<sub>2</sub> в состав ММК положительно влияет на коэффициент трения, значительно снижая его до аномальных 0,03 при повышенных нагрузках. Введение 0,4 % ZrO<sub>2</sub> снижает коэффициент трения в сравнении ММК на никелевой основе без ZrO<sub>2</sub> в семь раз. С повышением ZrO<sub>2</sub> до 7,0 % возникает более устойчивый коэффициент трения на всем диапазоне динамического нагружения, но с более высоким значением и с повышенным температурным режимом трения.

Анализ поверхностей трения выявил формирование на поверхности устойчивых трибоструктур, формирующихся при повыше-

нии температуры за счет сил трения и представляющих собой продукты окисления компонентов покрытия и неокисленных соединений на основе избирательного переноса. Полученные результаты имеют высокую практическую значимость и могут быть реализованы при проектировании тяжело нагруженных, быстроходных узлов трения.

#### Список источников

1. Волков К. Г., Ипатов А. Г. Исследование термостойкости защитно-восстановительных покрытий рабочей фаски тарелок клапанов // Вклад молодых ученых в реализацию приоритетных направлений развития аграрной науки: материалы Нац. науч.-практ. конф. молодых ученых, Ижевск,

17–19 ноября 2021 г. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. С. 243–247.

2. 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.

3. Ипатов А. Г., Харанжевский Е. В., Волков К. Г. Исследование свойств керамических покрытий рабочей фаски клапанов двигателей // Сельский механизатор. 2022. № 3. С. 42–44. EDNJYJSKZ.

4. Ипатов А. Г., Волков К. Г. К обоснованию материала защитно-восстановительного покрытия рабочей поверхности тарелки клапана // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1. С. 44–50.

5. Effect of oxygen in surface layers formed during sliding wear of Ni–ZrO<sub>2</sub> coatings / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Surface and Coatings Technology. 2022. Vol. 434. P. 128174. DOI 10.1016/j.surfcoat. 2022128174. EDN UBLNSI.

6. Ma D., Harvey T. J., Zhuk Y. N., Wellman R. G., Wood R. J. K. Cavitation erosion performance of CVD W/WC coatings. Wear. 2020; 452–453. 203276. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2020.203276>.

7. Meier K., Penny R. W., Zou Y., Gibbs J. S., Hart A. J. Thermophysical Phenomena in Metal Additive Manufacturing by Selective Laser Melting: Fundamentals, Modeling. Annual Reviews of Heat Transfer. January 2018; 20(1): 1–59. DOI:10.1615/AnnualRevHeatTransfer.2018019042.

8. Meschter P. J., Opila E. J., Jacobson N. S. Water Vapor–Mediated Volatilization of High-Temperature Materials. Annu. Rev. Mater. Res. 2013; 43: 559–588.

9. Tribological performance of boron-based superhard coatings sliding against different materials / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Wear. 2021. Vol. 477. P. 203835. DOI 10.1016/j.wear.2021.203835. EDN GCSTIQ.

## References

1. Volkov K. G., Ipatov A. G. Issledovanie termostojkosti zashchitno-vosstanovitel'nyh pokrytij rabochej faski tarelok klapanov // Vklad molodyh uchenykh

v realizaciyu prioritnykh napravlenij razvitiya agrarnoj nauki: materialy Nauch.-prakt. konf. molodyh uchenykh, Izhevsk, 17–19 noyabrya 2021 g. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2021. S. 243–247.

2. Vosstanovlenie i uprochnenie rabochej faski klapana 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.

3. Ipatov A. G., Haranzhevskij E. V., Volkov K. G. Issledovanie svojstv keramicheskikh pokrytij rabochej faski klapanov dvigatelej // Sel'skij mekhanizator. 2022. № 3. S. 42–44. EDNJYJSKZ.

4. Ipatov A. G., Volkov K. G. K obosnovaniyu materiala zashchitno-vosstanovitel'nogo pokrytiya rabochej poverhnosti tarelki klapana // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2021. № 1. S. 44–50.

5. Effect of oxygen in surface layers formed during sliding wear of Ni–ZrO<sub>2</sub> coatings / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Surface and Coatings Technology. 2022. Vol. 434. P. 128174. DOI 10.1016/j.surfcoat. 2022128174. EDN UBLNSI.

6. Ma D., Harvey T. J., Zhuk Y. N., Wellman R. G., Wood R. J. K. Cavitation erosion performance of CVD W/WC coatings. Wear. 2020; 452–453. 203276. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2020.203276>.

7. Meier K., Penny R. W., Zou Y., Gibbs J. S., Hart A. J. Thermophysical Phenomena in Metal Additive Manufacturing by Selective Laser Melting: Fundamentals, Modeling. Annual Reviews of Heat Transfer. January 2018; 20(1): 1–59. DOI:10.1615/AnnualRevHeatTransfer.2018019042.

8. Meschter P. J., Opila E. J., Jacobson N. S. Water Vapor–Mediated Volatilization of High-Temperature Materials. Annu. Rev. Mater. Res. 2013; 43: 559–588.

9. Tribological performance of boron-based superhard coatings sliding against different materials / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Wear. 2021. Vol. 477. P. 203835. DOI 10.1016/j.wear.2021.203835. EDN GCSTIQ.

## 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>;

**С. Н. Шмыков**<sup>3</sup>, кандидат экономических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-2103-8695>;

**Л. Я. Новикова**<sup>4</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-7479-1752>

<sup>1,3,4</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

Original article

## INVESTIGATION OF TRIBOTECHNICAL PROPERTIES OF METAL MATRIX COMPOSITES WITH A NICKEL MATRIX AND SUPER-HARD CERAMIC INCLUSIONS

Alexey G. Ipatov<sup>1</sup>✉, Evgeny V. Kharanzhevsky<sup>2</sup>, Sergey N. Shmykov<sup>3</sup>, Liliya Ya. Novikova<sup>4</sup>

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

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

<sup>1</sup>ipatow.al@yandex.ru

**Abstract.** *The use of thin functional ceramic coatings is limited due to technological reasons and the lack of complete information about their tribological properties. The Department of Operation and Maintenance of Machines has experience in testing and operating of thin ceramic coatings based on boron carbide. The specific features of the adhesive interaction between ceramic materials and traditional antifriction alloys do not allow their use in most mechanical engineering units. This paper considers the features of the tribological behavior of nickel-based metal-matrix composites additionally strengthened with zirconium dioxide ZrO<sub>2</sub>. The technology of high-energy short-pulse laser melting of fine powder compositions was used to obtain laboratory samples. To evaluate the tribological properties, metal-matrix composites with different contents of zirconium dioxide ZrO<sub>2</sub> were obtained. The wear tests were carried out according to the standard method with the “Disk-Pad” loading scheme under boundary friction conditions. Friction coefficient and temperature in the friction zone were studied as control tribological parameters. The conducted studies have shown the dependence of the friction coefficient and temperature on the content of zirconium dioxide. The introduction of zirconium dioxide stabilizes the wear rate and reduces the friction coefficient to 0.03, while increasing the scratch resistance and heat resistance of the coating, which has a positive effect on the resource of conjugation. The decrease in the friction coefficient and temperature in the friction zone is caused by the formation of a tribolayer based on a mechanical mixture of oxide compounds with non-oxidized coating components, caused by the selective transfer of substance. An increase in temperature in the friction zone stabilizes the tribolayer since the intensity of oxidation of the coating components increases.*

**Key words:** ceramic coatings, tribolayer, coefficient of friction, metal matrix composite.

**For citation:** Ipatov A. G., Kharanzhevsky E. V., Shmykov S. N., Novikova L. Ya. Investigation of tribotechnical properties of metal matrix composites with a nickel matrix and super-hard ceramic inclusions. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2023; 1(73): 42-47. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_42-47](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_42-47).

### 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>;

**S. N. Shmykov**<sup>3</sup>, Candidate of Economical Sciences, Associate Professor,  
<https://orcid.org/0000-0002-2103-8695>;

**L. Ya. Novikova**<sup>4</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
<https://orcid.org/0000-0002-7479-1752>

<sup>1,3,4</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

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 12.03.2023; одобрена после рецензирования 14.03.2023;  
принята к публикации 17.03.2023.

The article was submitted 12.03.2023; approved after reviewing 14.03.2023; accepted for publication 17.03.2023.



Научная статья

УДК 621.431.06-049.32

DOI 10.48012/1817-5457\_2023\_1\_48-53

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ УПРОЧНЕННЫХ КЛАПАНОВ ДВС

Ипатов Алексей Геннадьевич ✉, Дородов Павел Владимирович,  
Шмыков Сергей Николаевич, Волков Кирилл Георгиевич,  
Малинин Александр Васильевич

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

✉ ipatow.al@yandex.ru

**Аннотация.** Применение газового топлива негативно влияет на детали газораспределительной системы двигателя внутреннего сгорания (ДВС), в особенности сопряжения «седло клапана – клапан». Для защиты от высоких температур рабочую поверхность клапана модифицируют специальными термостойкими покрытиями, основанными на использовании металломатричных соединений. Но физико-механические свойства применяемых покрытий не в полной мере соответствуют условиям эксплуатации газовых двигателей, что приводит к их преждевременному выходу из строя. Целью данной работы было исследование работоспособности клапанов с керамическим упрочняющим покрытием, полученным методом короткоимпульсной лазерной обработки, реализованным специально для ДВС на газовом топливе. Для анализа работоспособности разработана методика и спроектирован стенд для ускоренных испытаний клапанов на термостойкость на базе стенда для притирки клапанов ОПР-1841А. В качестве объекта исследований проанализировали упрочненные выпускные клапаны двигателя КаМАЗ-740. Для оценки работоспособности керамических покрытий были проведены сравнительные испытания со стандартным термостойким покрытием типа ВКЗ. Работоспособность керамического покрытия оценивалась динамикой изменения ширины рабочего пояса фаски клапана под действием динамического и термического нагружения. У анализируемого клапана с керамическим упрочненным покрытием на первом этапе термоциклирования сформировалась рабочая фаска шириной 0,75 мм. На втором этапе термоциклирования ширина рабочего пояса достигла ширины 1,1 мм, и дальнейшего увеличения и изнашивания фаски не наблюдалось. Результаты исследований подтвердили высокую износостойкость и термостойкость анализируемых покрытий. Аппроксимация результатов исследований выявила снижение интенсивности изнашивания рабочей фаски на 480 % в сравнении со стандартным покрытием ВКЗ.

**Ключевые слова:** защитное покрытие, рабочая фаска клапана, модификация поверхности, изнашивание, клапанный механизм.

**Для цитирования:** Исследование работоспособности упрочненных клапанов ДВС / А. Г. Ипатов, П. В. Дородов, С. Н. Шмыков [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1(73). С. 48-53. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_48-53](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_48-53).

**Актуальность.** Введение строгих экологических норм к содержанию выхлопных газов ДВС принуждает моторостроителей прибегать к использованию альтернативных видов топлива, в частности, газового. Оно обладает более высокой теплотворной способностью, экономичностью, простотой эксплуатации и возможностью сочетать работу двигателя внутреннего сгорания с традиционными видами топлива [6, 8].

Однако использование газового топлива в двигателях внутреннего сгорания негативно сказывается на долговечности и ресурсе узлов и механизмов двигателя. Рядом исследований выявлено, что переход ДВС на газовое топливо без внесения конструктивных из-

менений снижает ресурс двигателя на 80 %. Основная причина снижения ресурса – более высокая температура выхлопных газов. Наиболее значимые изменения происходят с рабочей температурой в камере сгорания, так, для дизельного двигателя температура возрастает на 250...300 °С, а также с условиями трения в сопряжении «клапан – седло», так как при сгорании газового топлива в данном сопряжении наблюдается переход с граничного на сухое трение [6, 7].

Высокая температура в камере сгорания, достигающая 700–800 °С, давление в камере сгорания 0,25–0,45 МПа, а также высокая скорость истекания отработавших газов, достигающих 1000 м/с, усиливают окислительное

и эрозионное изнашивание рабочей поверхности клапана. Переход на сухое трение в сопряжении «клапан – седло» приводит к интенсивному абразивному износу.

В работах [1, 9] описывается, что негативное воздействие газового топлива наблюдается уже при пробеге 50 000 км, что приравнивается к 2000 моточасам эксплуатации, при том что минимальный ресурс клапанов оценивается в 10 000 моточасов.

Исходя из вышесказанного, **целью данной работы** является исследование работоспособности клапанов с керамическим упрочняющим покрытием, полученным методом короткоимпульсной лазерной обработки, реализованным специально для ДВС на газовом топливе.

**Материалы и методы.** Упрочняющие покрытия наносились на рабочую поверхность фаски клапана по технологии, изложенной в работах [3, 4].

Состав керамической порошковой композиции, ее обоснование и подготовка представлены в работе [5].

В качестве параметра работоспособности рабочей поверхности клапана рассмотрели интенсивность изнашивания рабочей фаски клапана в сопряжении «седло клапана – клапан» в условиях ускоренных испытаний. Ускорения испытания добились за счет увеличенного температурного режима испытаний. Циклограмма термического нагружения представлена в работе [2], в соответствии с которой испытания выполнили циклически. Первый цикл испытаний заключался в пятикратном термоциклировании при температуре 500 °С. Длительность нагрева в каждом цикле составила 20 мин с последующим охлаждением до 20 °С. Второй цикл испытаний сопровождался более высоким температурным режимом и проводился при тех же временных параметрах и температуре в 800 °С.

Для реализации исследований на кафедре «Эксплуатация и ремонт машин» разработали лабораторную установку для ускоренных испытаний на базе притирочной машины для ГБЦ ОПР-1841А (рис. 1). В качестве объекта исследований проанализировали упрочненные выпускные клапана двигателя КАМАЗ-740.

Для нагрева тарелки клапана использовали промышленный фен, который обеспечивает температуру нагрева 800 °С. Температуру нагрева контролировали термопарой К06. Для сравнительной оценки работоспособности

исследуемого клапана проанализировали интенсивность изнашивания рабочей фаски клапана со стандартным упрочняющим покрытием ВК3. Ширину рабочей фаски измеряли и контролировали при помощи штангенциркуля.

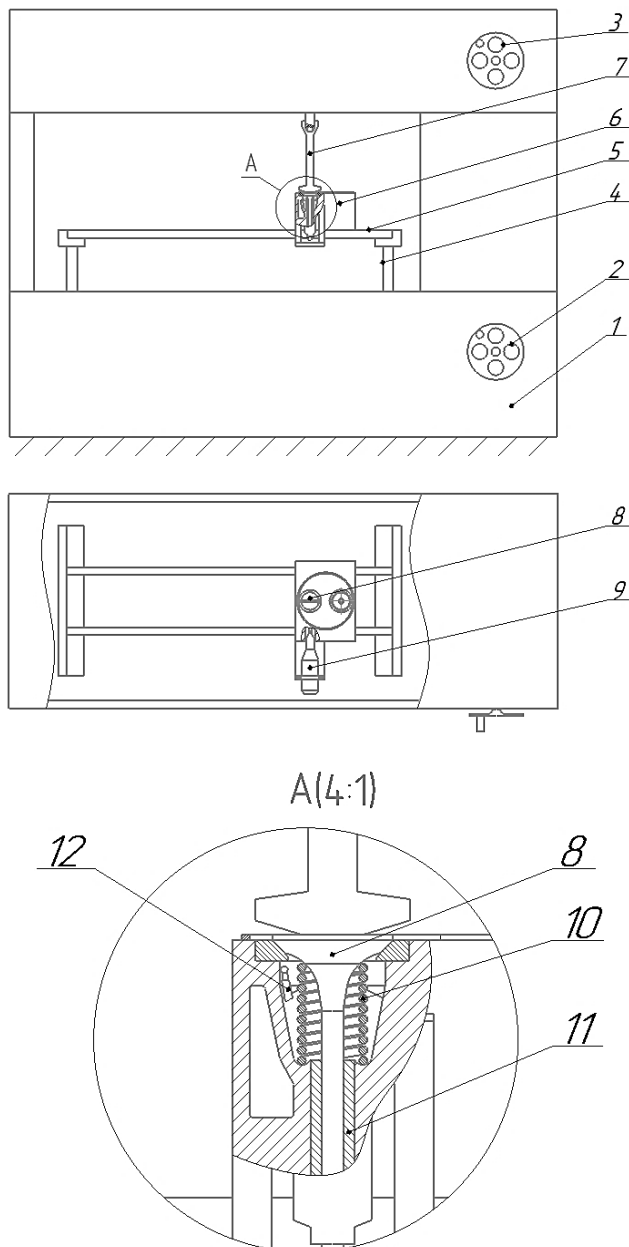


Рисунок 1 – Схема испытательной установки:

- 1 – станок ОПР-1841А; 2 – маховик регулировки высоты опор; 3 – маховик ручного привода; 4 – опора; 5 – рама; 6 – ГБЦ КАМАЗ 740.10; 7 – приводная лопатка; 8 – клапан выпускной; 9 – фен Black&Decker KX2200K-QS; 10 – возвратная пружина; 11 – направляющая втулка; 12 – термопара К06

**Обсуждение результатов.** Технологический процесс подготовки сопряжения «сед-

ло клапана – клапан» заключается в нанесении керамического покрытия на рабочую поверхность клапана с последующим алмазным выглаживанием и притиркой сопряжения. Предварительно анализируемый клапан с покрытием и стандартный клапан были подготовлены по технологии, реализованной в работе [10] (рис. 2).

Поверхность упрочненного клапана ровная, без явных видимых дефектов, наблюдается небольшая пористость структуры, которая завальцовывается при алмазном выглаживании. Физико-механические свойства покрытия представлены в работах [14] и характеризуются высокой твердостью в пределах 8–10 ГПа, адгезионной прочностью 80–100 МПа, термостойкостью 1000 °С.

металлическим блеском. Стандартный клапан с покрытием ВКЗ обладает шириной рабочего пояса от 1,8 до 2,0 мм. Проявляется интенсивный абразивный износ со следами адгезионного контакта и «шелушение» поверхности от термического воздействия. Для более наглядного анализа динамики изменения ширины рабочего пояса на рисунке 4 представлено изменение ширины рабочего пояса клапана от времени испытаний. В соответствии с рисунком 4 стандартный клапан после 60 мин испытаний в условиях термоциклирования получает более интенсивное увеличение рабочего пояса, на чем сказываются более низкие термостойкость покрытия типа ВКЗ и стойкость к абразивному изнашиванию в условиях высоких температур.

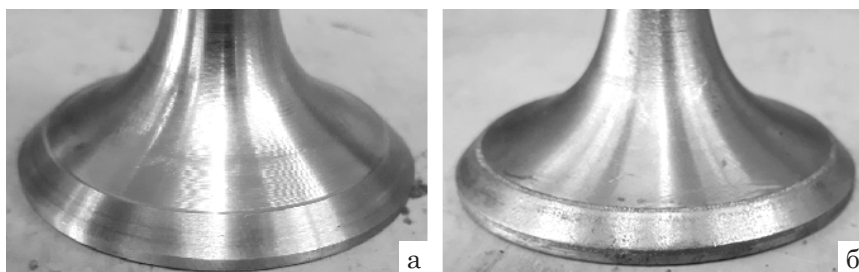


Рисунок 2 – Клапаны до испытаний:  
а) стандартный клапан; б) упрочненный клапан

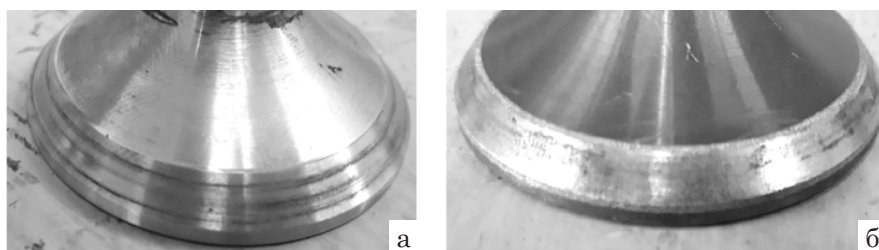


Рисунок 3 – Клапаны после испытаний:  
а) стандартный клапан; б) упрочненный клапан

Критическая ширина рабочей фаски, при которой сопряжение «седло клапана – клапан» выходит из строя, приняты в соответствии с рекомендациями [1] равной 2 мм.

На рисунке 3 изображены клапаны после проведения термоциклирования в соответствии с вышеуказанной методикой.

Анализируемое покрытие (рис. 3б) после цикла испытаний практически не обладает зоной видимого износа поверхности. Поверхность рабочей фаски клапана имеет выраженную зону рабочего пояса, которая колеблется в диапазоне от 0,8–1,1 мм. Следов термического окисления, отслоения покрытия, а также абразивного и адгезионного изнашивания не наблюдается, поверхность ровная, с ярким

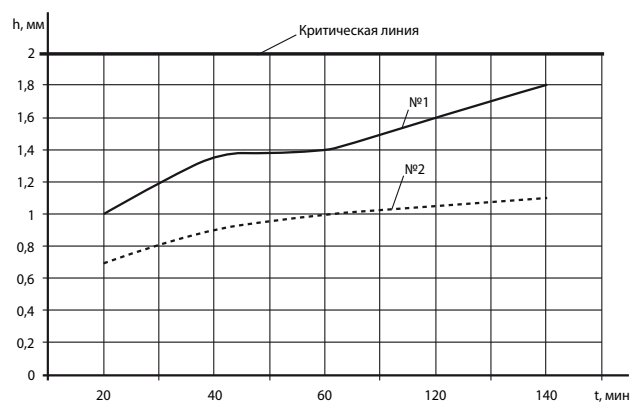


Рисунок 4 – Динамика изменения ширины пояса сопряжения «клапан – седло»:  
№ 1 – стандартный клапан;  
№ 2 – упрочненный клапан

Упрочненный клапан с керамическим покрытием обладает противоположной тенденцией, и после 60 мин испытаний интенсивность увеличения ширины рабочего пояска снижается. Причиной такого поведения может быть формирование трибослоя из гидроксидных соединений на основе бора, который реализуется при высоких температурах и устойчив к динамическому и кинематическому нагружению. Принцип реализации таких трибологических структур обоснован рядом зарубежных авторов [11–13] и подтвержден отечественными учеными-исследователями.

Для оценки ресурса анализируемых упрочненных клапанов выполнили аппроксимацию эмпирических данных, полученных в результате термоциклирования.

В итоге были выведены следующие зависимости:

$$Y_1 = 0,363x^{0,342}, \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,310x^{0,280}, \quad (2)$$

где  $Y_1$  – ширина образовавшегося пояска на стандартном клапане, мм;

$Y_2$  – ширина образовавшегося пояска на модифицированном клапане, мм;

$x$  – время работы сопряжения, мин.

Используя полученные регрессивные уравнения, можно определить период достижения критического состояния рабочей фаски сравниваемых клапанов (рис. 5).

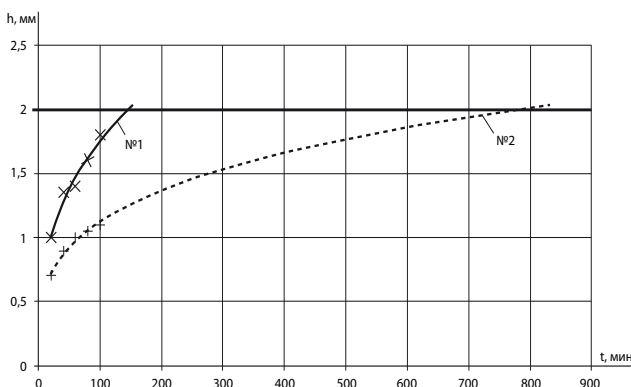


Рисунок 5 – Динамика изменения ширины пояска сопряжения «клапан – седло» по аппроксимированным данным:

№ 1 – стандартный клапан;  
№ 2 – упрочненный клапан

Стандартный клапан достигает предельной ширины рабочей фаски уже на первом этапе термоциклирования после 160 мин испытаний. И дальнейшее испытание при более высокой температуре теряет смысл. У анализируемого клапана с керамическим упрочнен-

ным покрытием на первом этапе термоциклирования сформировалась рабочая фаска шириной 0,75 мм. На втором этапе термоциклирования ширина рабочего пояска достигла 1,1 мм, и дальнейшего увеличения и изнашивания рабочей фаски не наблюдалось. Анализируя динамику по аппроксимированным данным, следует ожидать значительного увеличения долговечности сопряжения «седло клапана – клапан».

**Выводы.** В данной работе были выполнены сравнительные исследования по оценке работоспособности упрочненных клапанов ДВС в условиях высокотемпературных испытаний. Для определения термостойкости исследуемых клапанов и проведения сравнительного анализа была разработана испытательная установка. С помощью нее удалось определить скорость износа рабочей фаски клапана. В среднем скорость износа стандартного клапана превышает темпы износа упрочненного клапана на 480 %. Из этого можно сделать вывод, что при возросших температурных нагрузках, отсутствии смазки в сопряжении модифицированный клапан имеет большую долговечность, нежели стандартный. Данная разработка позволит увеличить срок службы клапанного механизма двигателя, работающего на газомоторном топливе.

#### Список источников

1. Автомобильный двигатель ЗИЛ 130 / под ред. А. М. Кригера. Москва: Машиностроение, 1973. 264 с.
2. Волков К. Г., Ипатов А. Г. Исследование термостойкости защитно-восстановительных покрытий рабочей фаски тарелок клапанов // Вклад молодых ученых в реализацию приоритетных направлений развития аграрной науки: материалы Нац. науч.-практ. конф. молодых ученых, Ижевск, 17–19 ноября 2021 г. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. С. 243–247.
3. 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.
4. Ипатов А. Г., Харанжевский Е. В., Волков К. Г. Исследование свойств керамических покрытий рабочей фаски клапанов двигателей // Сельский механизатор. 2022. № 3. С. 42–44. EDN JYJSKZ.
5. Ипатов А. Г., Волков К. Г. К обоснованию материала защитно-восстановительного покрытия рабочей поверхности тарелки клапана // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1. С. 44–50.

6. Колодочкин М. В., Шабанов А. Ю. Попутный газ // За рулем: электронный журнал. URL: [https://www.zr.ru/content/articles/16577-poputnyj\\_gaz/](https://www.zr.ru/content/articles/16577-poputnyj_gaz/) (дата публикации 01.10.2008).

7. Попов Д. А., Поляков И. Е., Третьяков А. И. О целесообразности применения аустенитного марганцовистого чугуна для седел клапанов ДВС, работающих на газомоторном топливе // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. С. 10–18.

8. Российская Федерация. Государственный таможенный комитет. О введении в действие годовых норм расхода моторесурсов (пробега) автомобильного транспорта: приказ Государственного таможенного комитета от 2 октября 1996 г. № 609 // ГТК Российской Федерации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9031328> (дата обращения 17.06.2021).

9. Савельев Г. С., Кочетков М. Н., Овчинников Е. В. Эффективность газомоторного топлива для сельхозтехники // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 1. С. 12–15.

10. Effect of oxygen in surface layers formed during sliding wear of Ni–ZrO<sub>2</sub> coatings / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Surface and Coatings Technology. 2022. Vol. 434. P. 128174. DOI 10.1016/j.surfcoat. 2022128174. EDN UBLNSI.

11. Ma D., Harvey T. J., Zhuk Y. N., Wellman R. G., Wood R. J. K. Cavitation erosion performance of CVD W/WC coatings. Wear. 2020; 452–453. 203276. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2020.203276>.

12. Meier K., Penny R. W., Zou Y., Gibbs J. S., Hart A. J. Thermophysical Phenomena in Metal Additive Manufacturing by Selective Laser Melting: Fundamentals, Modeling. Annual Reviews of Heat Transfer. January 2018; 20(1): 1–59. DOI:10.1615/AnnualRevHeatTransfer.2018019042.

13. Meschter P. J., Opila E. J., Jacobson N. S. Water Vapor–Mediated Volatilization of High-Temperature Materials. Annu. Rev. Mater. Res. 2013; 43: 559–588.

14. Tribological performance of boron-based superhard coatings sliding against different materials / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Wear. 2021. Vol. 477. P. 203835. DOI 10.1016/j.wear.2021.203835. EDN GCSTIQ.

## References

1. Avtomobil'nyj dvigatel' ZIL 130 / pod red. A. M. Krigera. Moskva: Mashinostroenie, 1973. 264 s.

2. Volkov K. G., Ipatov A. G. Issledovanie termostoikosti zashchitno-vosstanovitel'nyh pokrytij rabochej faski tarelok klapanov // Vklad molodyh uchenyh v realizaciyu prioritetnyh napravlenij razvitiya agrarnoj nauki: materialy Nac. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh, Izhevsk, 17–19 noyabrya 2021 g. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2021. S. 243–247.

3. Vosstanovlenie i uprochnenie rabochej faski klapana 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.

4. Ipatov A. G., Haranzhevskij E. V., Volkov K. G. Issledovanie svojstv keramicheskikh pokrytij rabochej faski klapanov dvigatelej // Sel'skij mekhanizator. 2022. № 3. S. 42–44. EDN JYJSKZ.

5. Ipatov A. G., Volkov K. G. K obosnovaniyu materiala zashchitno-vosstanovitel'nogo pokrytiya rabochej poverhnosti tarelki klapana // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2021. № 1. S. 44–50.

6. Kolodochkin M. V., Shabanov A. Yu. Poputnyj gaz // Za rulem: elektronnyj zhurnal. URL: [https://www.zr.ru/content/articles/16577-poputnyj\\_gaz/](https://www.zr.ru/content/articles/16577-poputnyj_gaz/) (data publikacii 01.10.2008).

7. Popov D. A., Polyakov I. E., Tret'yakov A. I. O celesoobraznosti primeneniya austenitnogo margancovistogo chuguna dlya sedel klapanov DVS, robotayushchih na gazomotornom toplive // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. № 2. S. 10–18.

8. Rossijskaya Federaciya. Gosudarstvennyj tamozhennyj komitet. O vvedenii v dejstvie godovyh norm raskhoda motoresursov (probega) avtomobil'nogo transporta: prikaz Gosudarstvennogo tamozhennogo komiteta ot 2 oktyabrya 1996 g. № 609 // GTK Rossijskoj Federacii. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9031328> (data obrashcheniya 17.06.2021).

9. Savel'ev G. S., Kochetkov M. N., Ovchinnikov E. V. Effektivnost' gazomotorного топлива dlya sel'hoztekhniki // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. 2015. № 1. S. 12–15.

10. Effect of oxygen in surface layers formed during sliding wear of Ni–ZrO<sub>2</sub> coatings / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Surface and Coatings Technology. 2022. Vol. 434. P. 128174. DOI 10.1016/j.surfcoat. 2022128174. EDN UBLNSI.



11. Ma D., Harvey T. J., Zhuk Y. N., Wellman R. G., Wood R. J. K. Cavitation erosion performance of CVD W/WC coatings. Wear. 2020; 452–453. 203276. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2020.203276>.

12. Meier K., Penny R. W., Zou Y., Gibbs J. S., Hart A. J. Thermophysical Phenomena in Metal Additive Manufacturing by Selective Laser Melting: Fundamentals, Modeling. Annual Reviews of Heat Transfer. January 2018; 20(1): 1–59. DOI:10.1615/AnnualRevHeatTransfer.2018019042.

13. Meschter P. J., Opila E. J., Jacobson N. S. Water Vapor–Mediated Volatilization of High-Temperature Materials. Annu. Rev. Mater. Res. 2013; 43: 559–588.

14. Tribological performance of boron-based superhard coatings sliding against different materials / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Wear. 2021. Vol. 477. P. 203835. DOI 10.1016/j.wear.2021.203835. EDN GCSTIQ.

**Сведения об авторах:**

**А. Г. Ипатов** , кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-2637-4214>;  
**П. В. Дородов**, доктор технических наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0003-1478-5876>;  
**С. Н. Шмыков**, кандидат экономических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-2103-8695>;  
**К. Г. Волков**, аспирант;  
**А. В. Малинин**, аспирант  
Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 9, Ижевск, Россия, 426069  
 [ipatow.al@yandex.ru](mailto:ipatow.al@yandex.ru)

Original article

**STUDY OF THE OPERABILITY OF HARDENED VALVES OF ICE**

**Alexey G. Ipatov** , **Pavel V. Dorodov**, **Sergey N. Shmykov**,  
**Kirill G. Volkov**, **Alexander V. Malinin**

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia



 [ipatow.al@yandex.ru](mailto:ipatow.al@yandex.ru)

**Abstract.** *The use of gas fuel negatively affects the details of the gas distribution system of the internal combustion engine (ICE), especially the coupling "valve seat – valve". The working surface of the valve is modified with special heat-resistant coatings based on the use of metal matrix connections for protection against high temperatures. But the physical and mechanical properties of the coatings used do not fully correspond to the operating conditions of gas engines which leads to their premature failure. The purpose of this work was to study the operability of valves with a ceramic hardening coating obtained by the method of short-pulse laser treatment, implemented specifically for gas-fueled internal combustion engines. The methodology has been developed and the stand for accelerated testing of valves for heat resistance has been designed on the basis of a stand for lapping OPR-1841A valves for operability analysis. The hardened exhaust valves of the KaMAZ-740 engine were analyzed as an object of research. Comparative tests were carried out with a standard heat-resistant coating of the VK3 type for assessment of ceramic coatings operability. The operability of the ceramic coating was evaluated by the dynamics of the change in the width of the working belt of the valve chamfer under the influence of dynamic and thermal loading. The analyzed valve with a ceramic hardened coating formed a working chamfer with a width of 0.75 mm at the first stage of thermal cycling. At the second stage of thermal cycling the width of the working belt reached a width of 1.1 mm and no further increase and wear of the chamfer was observed. The research results confirmed the high wear resistance and heat resistance of the analyzed coatings. The approximation of the research results revealed a decrease in the wear intensity of the working chamfer by 480 % in comparison with the standard coating VK3.*

**Key words:** protective coating, valve face, surface modification, wear, valve mechanism.

**For citation:** Ipatov A. G., Dorodov P. V., Shmykov S. N., Volkov K. G., Malinin A. V. Study of the operability of hardened valves of ICE. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2023; 1(73): 48-53. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_48-53](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_48-53).

**Authors:**

**A. G. Ipatov** , Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-2637-4214>;  
**P. V. Dorodov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0003-1478-5876>;  
**S. N. Shmykov**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-2103-8695>;  
**K. G. Volkov**, Postgraduate student;  
**A. V. Malinin**, Postgraduate student  
Udmurt State Agricultural University, 9 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069  
 [ipatow.al@yandex.ru](mailto:ipatow.al@yandex.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 10.11.2022; одобрена после рецензирования 20.02.2023;  
принята к публикации 17.03.2023.

The article was submitted 10.11.2022; approved after reviewing 20.02.2023;  
accepted for publication 17.03.2023.

Научная статья

УДК 631.333.44

DOI 10.48012/1817-5457\_2023\_1\_54-62

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ УНИВЕРСАЛЬНОГО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОДУЛЬНОГО КОМПЛЕКСА «ТУМАН» ООО «ПЕГАС-АГРО» ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Милюткин Владимир Александрович

ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, п.г.т. Усть-Кинельский, Кинель, Россия

oiapp@mail.ru

**Аннотация.** *Агрехимические работы в земледелии с обязательным применением удобрений – основа эффективного производства продукции агропромышленного комплекса Российской Федерации. Целью научно-исследовательской работы Самарского ГАУ совместно с крупнейшим в России химическим концерном ПАО «КуйбышевАзот» и самарским предприятием ООО «Пегас-Агро» является совершенствование агротехнологий возделывания сельхозкультур для повышения их урожайности и качества зерна. Объектом исследований являются минеральные удобрения – жидкие азотные на основе карбамидно-аммиачной смеси (КАС), и технические средства – опрыскиватели и мультиинжекторы «Туман» для внесения жидких удобрений поверхностно и внутривечно. Исследовались удобрения на основе КАС-32 и баковой смеси КАС + S + гумат калия + микроэлементы Си + Zn + Вг + ингибитор в разные по погодным условиям годы: 2021 г. – засушливый, 2022 г. – благоприятный. В опытах сравниваются инновационный агрегат для инъекторного внесения жидких удобрений мультиинжектором «Туман-2М» и штанговый опрыскиватель «Туман-2» производства ООО «Пегас-Агро». В результате исследований установлено, что удобрения с различными нормами содержания азота, внесенные инъекторно, по сравнению с поверхностным способом обеспечивают дополнительное повышение урожайности озимой пшеницы (в опытах участвовал сорт Базис селекции Самарского НИИСХ), особенно при засухах (2021 г.). Прибавка урожайности от внесения КАС+S при норме внесения мультиинжектором 200 л/га в опытах возросла до 56,1 ц/га по сравнению с 48,4 ц/га от внесения опрыскивателем (+15,7 %). При достаточном влагообеспечении (2022 г.) жидкие и твердые удобрения практически равнозначны. Мультиинжектор по сравнению с опрыскивателем при внесении жидких удобрений КАС в больших дозах (300, 350 л/га) обеспечивает повышение урожайности от 71,5 ц/га (2021 г.) до 78,5 ц/га (2022 г.), что значительно для рискованного земледелия Поволжья. Качество зерна от жидких азотных удобрений также улучшается до II и I класса.*

**Ключевые слова:** *технологии, сельхозпродукция, агрохимия, озимая пшеница, урожайность, жидкие удобрения, КАС, мультиинжектор, опрыскиватель, эффективность.*

**Для цитирования:** *Милюткин В. А. Эффективность универсального многофункционального модульного комплекса «Туман» ООО «Пегас-Агро» при возделывании озимой пшеницы // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1(73). С. 54-62. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_54-62](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_54-62).*

**Актуальность.** Многочисленными зарубежными и отечественными исследованиями доказана высокая эффективность минеральных удобрений [8, 11, 13, 16], особенно жидких КАС по сравнению с твердыми. Также получены лучшие результаты [1, 3, 5, 14, 17] при внесении удобрений КАС инъекторно ликвилайзером голландской фирмы Dupont.

Отечественные предприятия по программе импортозамещения успешно решили проблему производства аналогичных российских агрегатов. Это касается и самарского предприятия ООО «Пегас-Агро», которое разработало

и серийно выпускает агрегаты для агрохимических работ, в частности, самоходный многофункциональный модульный комплекс «Туман» [2, 3, 7, 6, 9, 10, 15, 17] с инновационным агрегатом – мультиинжектором «Туман-2М». Комплекс «Туман» по сравнению с аналогом Dupont имеет большие эксплуатационные возможности, так как он самоходный и многофункциональный за счет технологических модулей. В связи с чем проводимые Самарским ГАУ сравнительные исследования эффективности мультиинжектора «Туман-2М» и штангового опрыскивателя «Туман-2» при внесе-

нии жидких удобрений как в чистом виде (КАС-32), так и в баковой смеси с мезоэлементом серой – КАС+S, микроэлементами Cu, Zn, Br, гуматом калия и ингибитором актуальны (организация исследований, производство и поставки жидких удобрений КАС с элементами питания осуществляются ПАО «КуйбышевАзот», г. Тольятти, Самарская обл.).

**Цель исследований:** совершенствование и оценка технологии возделывания озимой пшеницы с применением инновационных жидких азотных и азото-серосодержащих минеральных удобрений на основе КАС традиционными техническими средствами – штанговым опрыскивателем «Туман-2» и инновационным агрегатом – мультиинжектором «Туман-2М».

**Задачи:** провести сравнительные исследования эффективности агрегатов ООО «Пегас-Агро» по влиянию способов внесения КАС поверхностно опрыскивателем и внутрипочвенно инжектором с различными нормами внесения на урожайность и качество зерна озимой пшеницы.

**Материалы и методика.** Наши исследования проводились на опытных полях Самарско-

го ГАУ в 2021 г. (засушливый) и в 2022 г. (благоприятный для земледелия) с использованием мультиинжектора «Туман-2М» (рис. 1а) и штангового опрыскивателя «Туман-2» (рис. 1б).

Предшественником озимой пшеницы как в 2020 г., так и в 2021 г. был традиционно для Самарской области подсолнечник.

Внесение жидких удобрений КАС-32 и КАС+S с микроэлементами, гуматом калия и ингибитором производилось различными дозами в фазу кущения озимой мягкой пшеницы сорта Базис селекции Самарского НИИСХ. 30 апреля 2021 г. в фазу кущения при обработке мультиинжектором «Туман-2М» были внесены три нормы КАС+S: 200, 300 и 350 л/га; при обработке посевов опрыскивателем «Туман-2» 28 апреля – одна доза КАС+S с нормой 200 л/га в чистом виде и с гуматом калия из расчета 5 л/га и меди ( $\text{CuSO}_4$ ) – 0,5 кг/га. В 2022 г. исследования были продолжены, но в варианте опытов с микроэлементами их состав был увеличен и баковая смесь удобрений была представлена: КАС+S + гумат калия (5 л/га) + Cu + Br + Zn (0,5 кг/га).



а)

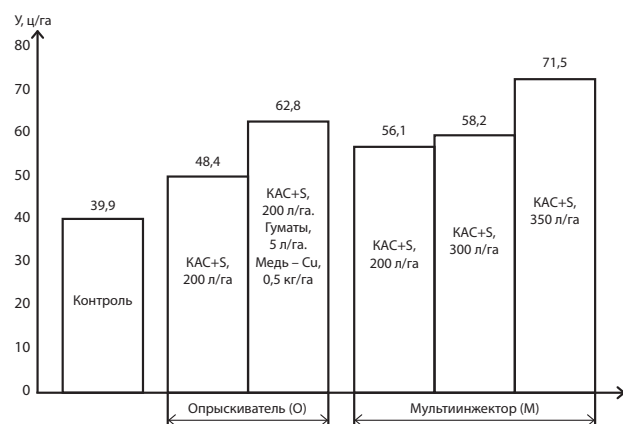


б)

Рисунок 1 – Агрегаты фирмы «Пегас-Агро» для агрохимических работ в земледелии: а) мультиинжектор «Туман-2М»; б) опрыскиватель штанговый «Туман-2»



**Результаты исследований.** В результате проведенных подкормок озимой пшеницы жидкими удобрениями как в чистом виде КАС-32 (N 32 %), так и в баковых смесях КАС + S (N 26 %, S 2,5–4,0 %) + S + гумат калия (5 л/га) + Cu + Br + Zn (0,5 кг/га) получены следующие результаты по урожайности (рис. 2). Проведенные исследования в различные по погодным условиям годы показали, что КАС обеспечивает значительное повышение урожайности озимой пшеницы как в целом, так и по вариантам опытов (рис. 2, 3) по сравнению с контролем – твердые удобрения (аммиачная селитра).



**Рисунок 2 – Урожайность озимой пшеницы сорта Базис в зависимости от вида удобрений при обработке посевов техникой ООО «Пегас-Агро», ц/га: поверхностно в фазу кущения – опрыскивателем (О) и внутривпочвенно – мультиинжектором (М) по сравнению с контролем – без удобрений (2020–2021 гг.)**

Анализ средней урожайности озимой пшеницы сорта Базис по вариантам опытов по сравнению с контролем 39,9 ц/га показывает, что при обработке посевов в фазу кущения (2021 г.) жидкими азото-серосодержащими удобрениями с помощью опрыскивателя «Туман-2» существенным образом повышается урожайность. Так, при обработке КАС+S с нормой 200 л/га урожайность возросла до 48,4 ц/га, или на 21,1 %, при той же норме 200 л/га, но с добавлением гумата калия 5 л/га и меди 0,5 кг/га урожайность возросла до 62,8 ц/га, или на 57,4 % по сравнению с контролем.

При обработке озимой пшеницы сорта Базис в фазу кущения мультиинжектором «Туман-2М» жидкими азото-серосодержащими удобрениями урожай значительно возрастает, причем в большей степени по сравнению с обработкой посевов опрыскивателем. Так, при обработке КАС+S с нормой 200 л/га урожайность возросла до 56,1 ц/га, или на 40,5 %, при норме

300 л/га – до 58,2 ц/га, или на 45,7 %, при норме 350 л/га – до 71,5 ц/га, или на 79,1 % по сравнению с контролем.

Применение КАС на озимой пшенице в опытах также показывает значительное улучшение качества зерна. Так, внесение КАС+S опрыскивателем по принятым в опытах нормам в фазе кущения обеспечивает повышение основного хлебопекарного качества для муки – белка по сравнению с контролем (М.д. 13,3 %) до 16,3–16,6 % М.д., при обработке мультиинжектором – до 15,3–16,7 % М.д.

Практически аналогичный эффект получен от применения КАС по показателю качества зерна – клейковине. Так, применение КАС на озимой пшенице с внесением опрыскивателем по принятым в опытах нормам в фазе кущения обеспечивает повышение клейковины по сравнению с контролем (М.д. 25,7 %) до 30,3–31,4 % М.д., мультиинжектором – до 29,6–31,2 % М.д.

В исследованиях по изменению качества зерна озимой пшеницы за «контроль» были приняты посевы без их обработки жидкими азото-серосодержащими минеральными удобрениями КАС+S, и белок в этом варианте опытов был наименьшим – 13,3 % (М.д.). При обработке посевов удобрениями КАС как в чистом виде, так и баковой смесью с добавлением гумата калия и меди опрыскивателем параметры качества по белку были одинаковыми – 16,3–16,6 %, но превосходящими контроль на 24,8–22,5 %.

Внутривпочвенное внесение КАС+S мультиинжектором при норме внесения от 200 до 350 л/га влияет на содержание белка в зерне. Так, при норме 200 л/га данный показатель возрос по сравнению с контролем на 2,0 % (М.д.), при норме 300 л/га – на 3,0 %, при норме 350 л/га – на 3,4 %, что значительно улучшило качество зерна и позволило отнести его к I классу качества при III классе у контроля – без удобрений.

В исследованиях качества зерна озимой пшеницы без применения жидких азото-серосодержащих удобрений КАС+S (контроль) клейковина составляла 25,7 % (М.д.). При обработке удобрениями КАС+S – 31,4 % (М.д.), баковой смесью с гуматом калия и медью – 30,3 % (М.д.). Внесение КАС+S мультиинжектором нормами от 200 до 350 л/га увеличило содержание в зерне клейковины. Так, при норме 200 л/га клейковина возросла по сравнению с контролем на 4,0 % (М.д.), при норме 300 л/га – на 5,2 %, при норме

350 л/га – на 3,4 %, то есть зерно классифицируется II классом качества при III классе у «контроля».

Таким образом, внесение КАС+S как опрыскивателем по листовой части растений, так и мультинжектором внутрипочвенно позволило улучшить качество зерна озимой пшеницы сорта Базис в 2021 г.: по белку пшеница повышает класс с III до I, по клейковине – с III до II.

По метеорологическим данным, 2021 г. был засушливым, так как за вегетационный период озимой пшеницы (август 2020 г. – август 2021 г.) выпало 435,7 мм атмосферных осадков против 575,8 мм средних данных, а 2022 г. был более благоприятным по увлажнению, осадков за тот же период выпало 580,4 мм. Исследования в 2022 г. по оценке эффективности инновационного агрегата – мультинжектора «Туман-2М» в сравнении со штанговым опрыскивателем «Туман-2» при внесении азотных жидких удобрений КАС+S с микроэлементами в фазу кущения пшеницы (25.04.2022 г.) в сравнении с традиционно вносимыми в качестве весенней подкормки озимой пшеницы минеральными удобрениями (аммиачная селитра) в эквивалентном количестве по содержанию азота (контроль) показали прибавку урожайности пшеницы относительно контроля с 51,7 до 78,5 ц/га (рис. 3).

Оценка качества зерна озимой пшеницы сорта Базис проводилась по основным мукомольным показателям: белку и клейковине. Применение КАС+S осуществлялось при норме внесения 200–350 л/га опрыскивателем и мультинжектором и при ярусной обработ-

ке совместно мультинжектором и опрыскивателем. Так, при внесении аммиачной селитры (контроль) и обработке посевов КАС+S опрыскивателем и мультинжектором с нормой 200 л/га (1–3-й варианты) белок составлял 11,579, 11,659 % (IV класс) и 12,797 % (III класс), во всех остальных опытах (4–7-й варианты) с увеличением нормы внесения КАС+S до 300, 350 л/га и обработке мультинжектором и опрыскивателем совместно классность пшеницы по белку улучшается до первого.

По клейковине также в 1–2-м вариантах опытов массовая доля составляет 19,867 % (IV класс) и 20,422 % (III класс), а при увеличении нормы внесения КАС+S более 200 л/га массовая доля клейковины возрастает максимально до 25,407 %, и во всех вариантах опытов этот показатель улучшается до II класса качества. По качеству сырой клейковины (ед. прибора ИДК) во всех опытах получено зерно I класса. Эти результаты имеют большое значение для получения зерна озимой пшеницы с высокими хлебопекарными качествами, особенно во влажный год при высокой урожайности. Производственные посевы в Самарской области в 2022 г. при рекордной урожайности показали во многих случаях низкое качество зерна.

В целом при подкормке озимой пшеницы жидкими удобрениями КАС+S в фазу кущения мультинжектором урожайность по сравнению с контролем возросла с 51,7 до 65,5 ц/га (рис. 3), при добавлении в КАС+S гумата калия 5 л/га и микроэлементов Cu, Zn, Br по 0,5 кг/га урожайность пшеницы возросла до 76,9 ц/га.

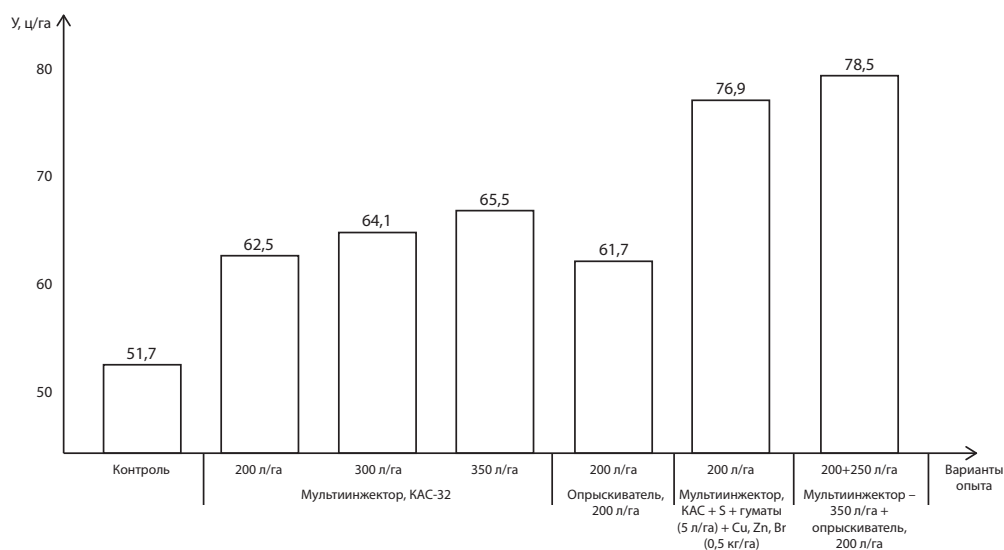


Рисунок 3 – Урожайность озимой пшеницы сорта Базис по вариантам опыта при обработке посевов техникой ООО «Пегас-Агро», ц/га (2022 г.)

Также изучался эффект от баковых смесей с использованием мезо- и микроудобрений при внесении КАС+S мультиинжектором внутрипочвенно и опрыскивателем поверхностно практически двойной нормой 250 + 200 л/га для определения влияния на повышение урожайности озимой пшеницы. При этом была получена самая высокая урожайность – 78,5 ц/га, что на 51,8 % выше контроля и выше (значительно) рекордно высокой средней по Самарской области урожайности озимой пшеницы – 44,2 ц/га на 424 тыс. га по итогам 2022 г., который характеризовался более благоприятной по влажности погодой за многие годы, в сравнении с более низкой урожайностью по области – 20 ц/га в засушливом и неблагоприятном, но типичном для региона 2021 г.

В 2022 г. предприятие ООО «Пегас-Агро», развивая производство, построило новую современную производственную площадку-завод (рис. 4).

На новом заводе начато производство инновационных многофункциональных модульных самоходных комплексов «Туман» на базовой платформе с улучшенным дизайном, технологическими, эксплуатационными показателями и надежностью (рис. 5а, б).

#### Выводы и рекомендации:

1. Проведенные Самарским государственным аграрным университетом научно-производственные исследования по совершенствованию технологии возделывания озимой пшеницы определили возможности повышения эффективности ее выращивания в регионе Поволжья (Самарская область) при использовании инновационных жидких азотосодержащих минеральных удобрений на базе карбамидно-аммиачной смеси КАС с добавлением мезоэлемента – серы S (КАС+S) и микроэлементов инновационной техникой «Туман»: мультиинжектором и опрыскивателем с крупнокапельными форсунками для традиционного внесения КАС+S.



Рисунок 4 – Новый завод ООО «Пегас-Агро» (г. Самара) для выпуска многофункционального комплекса «Туман»



а)



б)

Рисунок 5 – Многофункциональные самоходные комплексы «Туман» ООО «Пегас-Агро»:

а) штанговый опрыскиватель;  
б) разбрасыватель-распределитель твердых минеральных удобрений

2. Использование жидких минеральных азото-серосодержащих удобрений КАС+S на озимой пшенице сорта Базис селекции Самарского НИИСХ, несмотря на неблагоприятные засушливые-жаркие условия 2021 г., обеспечило (в отдельных вариантах опытов) достаточно высокую урожайность пшеницы – до 70 ц/га, а в более благоприятном по увлажнению 2022 г. максимальная урожайность в опытах достигла 78,5 ц/га. Высокая эффективность жидких азотных и азото-серосодержащих удобрений КАС+S с микроэлементами, гуматом калия и ингибитором обеспечивается различными инновационными технологиями: как через листья азотом в амидной форме при внесении мультинжектором, так и опрыскивателем с крупнокапельными форсунками, и через корневую систему внутрипочвенным внесением жидких удобрений через нитратную и промежуточную аммонийную формы.

3. Применение жидких азото-серосодержащих удобрений КАС+S как опрыскивателем, так и мультинжектором и особенно с микроэлементами в баковой смеси, наряду со значительным повышением урожайности зерна, обеспечивает повышение его основных хлебопекарных показателей (белок и клейковина) по классности. Инновационная технология применения КАС на озимой пшенице обеспечила по белку I класс качества по сравнению с III классом по традиционной технологии; по клейковине – II класс качества по инновационной технологии в сравнении с III классом по традиционной технологии.

### Список источников

1. Милюткин В. А. Внутрипочвенная инъекторная подкормка сельхозкультур жидкими азотными удобрениями КАС со значительным увеличением урожайности пшеницы и кукурузы // Инновационные технологии в АПК как фактор развития науки в современных условиях: сб. VIII Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Цирицкого Нёни Абрамовича, доцента, канд. техн. наук, зав. кафедрой начертательной геометрии Омского СХИ (с 1962 по 1989 г.). Омск, 2022. С. 121–129.

2. Милюткин В. А. Идеология создания многофункционального сельскохозяйственного машинного комплекса на единой транспортно-силовой базовой платформе (на примере агрегатов «Туман» предприятия ООО «Пегас-Агро») // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: материалы XXXV Междунар. науч.-практ. конф. им. В. В. Михайлова. Саратов, 2022. С. 300–307.

3. Милюткин В. А. Инновационные техника и технологии применения жидких удобрений КАС в регионах с недостаточным увлажнением при прогнозируемом глобальном потеплении: монография. Кинель, 2021. 181 с.

4. Милюткин В. А. Перспективность развития аграрного комплекса региона в широком внедрении высокоэффективных научных разработок // Конкурентный потенциал региона: оценка и эффективность использования: сб. ст. XIII Междунар. науч.-практ. конф. Абакан, 2022. С. 217–219.

5. Милюткин В. А. Сравнительная эффективность внесения жидких удобрений КАС на озимой пшенице мультинжектором и опрыскивателем Туман (ООО Пегас-Агро, г. Самара, РФ) // Почвенные ресурсы и их рациональное использование: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения д-ра с.-х. наук, проф. Петра Семёновича Бугакова. Красноярск, 2022. С. 106–111.

6. Милюткин В. А. Техника ООО «Пегас-Агро» для эффективного внесения перспективных жидких удобрений КАС с повышением урожайности в 1,5 раза // Конкурентный потенциал региона: оценка и эффективность использования: сб. ст. XIII Междунар. науч.-практ. конф. Абакан, 2022. С. 214–217.

7. Милюткин В. А. Эффективный агрохимический комплекс машин регионального производства для АПК России // Приоритетные направления регионального развития АПК: сб. ст. по материалам IV Всерос. (нац.) науч.-практ. конф.; под общ. ред. С. Ф. Сухановой. Курган, 2022. С. 143–149.

8. Милюткин В. А., Буксман В. Э. Инновационные технические решения для внесения жидких и твердых минеральных удобрений одновременно с посевом // Техника и оборудование для села. 2018. № 10. С. 16–21.

9. Милюткин В. А., Гужин И. Н. Многофункциональная система инновационных агрегатов «Туман» для агрохимических технологий в полеводстве АПК // Энергетическая, экологическая и продовольственная безопасность: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. Нальчик, 2022. С. 111–115.

10. Милюткин В. А., Гужин И. Н., Толпекин С. А. Оптимальные решения агрохимических задач при возделывании сельхозкультур единой системой агрегатов «Туман...» ООО «Пегас-Агро» // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов: сб. докл. IV Междунар. науч.-практ. конф. Курск, 2022. С. 201–206.

11. Нужны неотложные меры по воспроизводству плодородия почв / В. А. Милюткин, А. В. Милюткин, И. Н. Золатарев, М. Ю. Шишкевич // Земледелие. 1998. № 6. С. 16–17.

12. Оборин М. С. Возможности импортозамещения агропромышленного комплекса на основе инте-

грации в социально-экономическую систему субъектов РФ // Менеджмент в АПК. 2022. № 4. С. 37–48.

13. Основы производства продукции растениеводства / И. Н. Гаспарян, В. Г. Сычев, А. В. Мельников, А. С. Горохов. Санкт-Петербург, 2021. 372 с.

14. Плескачёв Ю. Н., Воронов С. И., Черномооров Г. В. Технологии возделывания озимой пшеницы с использованием водорастворимого удобрения КАС-32 // Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий: материалы Междунар. науч.-практ. конф., проведенной в рамках Междунар. науч.-практ. форума, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. Волгоград, 2020. С. 185–190.

15. Сельхозмашины «Туман» ООО «Пегас-Агро» на универсальной ходовой платформе для решения основных агрохимических проблем в земледелии / В. А. Милюткин, Ю. А. Киров, А. П. Цирулев, Г. В. Кнурова // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы XIV Междунар. науч.-практ. интернет-конференции. Москва, 2022. С. 706–715.

16. Сычев В. Г., Шафран С. А., Ильющенко И. В. Применение минеральных удобрений и их эффективность в различных зонах России // Плодородие. 2022. № 3 (126). С. 3–6.

17. Эффективная подкормка кукурузы жидкими удобрениями КАС-32 внутрипочвенно мультиинжектором «Туман-2М» / В. А. Милюткин, В. Н. Сысоев, О. А. Блинова [и др.] // АПК России: образование, наука, производство: сб. ст. V Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. с междунар. участием; под науч. ред. М. К. Садыговой, М. В. Беловой, А. А. Галиуллина. Пенза, 2023. С. 254–257.

## References

1. Milyutkin V. A. Vnutripochvennaya in'ekturnaya podkormka sel'hozkul'tur zhidkimi azotnymi udobreniyami KAS so znachitel'nym uvelicheniem urozhajnosti pshenicy i kukuruzy // Innovacionnye tekhnologii v APK kak faktor razvitiya nauki v sovremennykh usloviyakh: sb. VIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya Cirinskogo Nyoni Abramovicha, docenta, kand. tekhn. nauk, zav. kafedroj nachertatel'noj geometrii Omskogo SKHI (s 1962 po 1989 g.). Omsk, 2022. S. 121–129.

2. Milyutkin V. A. Ideologiya sozdaniya mnogofunktional'nogo sel'skohozyajstvennogo mashinnogo kompleksa na edinoj transportno-silovoj bazovoj platforme (na primere agregatov «Tuman» predpriyatiya ООО «Pegas-Agro») // Problemy ekonomichnosti i ekspluatatsii avtotraktornoj tekhniki: materialy XXXV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. im. V. V. Mihajlova. Saratov, 2022. S. 300–307.

3. Milyutkin V. A. Innovacionnye tekhnika i tekhnologii primeneniya zhidkih udobrenij KAS v regionah s nedostatochnym uvlazhneniem pri prognoziru-

emom global'nom potepelenii: monografiya. Kinel', 2021. 181 s.

4. Milyutkin V. A. Perspektivnost' razvitiya agrarnogo kompleksa regiona v shirokom vnedrenii vysokoeffektivnykh nauchnykh razrabotok // Konkurentnyj potencial regiona: ocenka i effektivnost' ispol'zovaniya: sb. st. VIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Abakan, 2022. S. 217–219.

5. Milyutkin V. A. Sravnitel'naya effektivnost' vneseniya zhidkih udobrenij KAS na ozimoy pshenice mul'tiinzhektorom i opryskivatelem Tuman (ООО Pegas-Agro, g. Samara, RF) // Pochvennye resursy i ih racional'noe ispol'zovanie: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya d-ra s.-h. nauk, prof. Petra Semyonovicha Bugakova. Krasnoyarsk, 2022. S. 106–111.

6. Milyutkin V. A. Tekhnika ООО «Pegas-Agro» dlya effektivnogo vneseniya perspektivnykh zhidkih udobrenij KAS s povysheniem urozhajnosti v 1,5 raza // Konkurentnyj potencial regiona: ocenka i effektivnost' ispol'zovaniya: sb. st. VIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Abakan, 2022. S. 214–217.

7. Milyutkin V. A. Effektivnyj agrohimicheskij kompleks mashin regional'nogo proizvodstva dlya APK Rossii // Prioritetnye napravleniya regional'nogo razvitiya APK: sb. st. po materialam IV Vseros. (nac.) nauch.-prakt. konf.; pod obshch. red. S. F. Suhanovoj. Kurgan, 2022. S. 143–149.

8. Milyutkin V. A., Buksman V. E. Innovacionnye tekhnicheskie resheniya dlya vneseniya zhidkih i tverdykh mineral'nykh udobrenij odnovremenno s posevom // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2018. № 10. S. 16–21.

9. Milyutkin V. A., Guzhin I. N. Mnogofunktional'naya sistema innovacionnykh agregatov «Tuman» dlya agrohimicheskikh tekhnologij v polevodstve APK // Energeticheskaya, ekologicheskaya i prodovol'stvennaya bezopasnost': aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovacii: sb. nauch. tr. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Nal'chik, 2022. S. 111–115.

10. Milyutkin V. A., Guzhin I. N., Tolpekin S. A. Optimal'nye resheniya agrohimicheskikh zadach pri vozdelevanii sel'hozkul'tur edinoj sistemoj agregatov «Tuman...» ООО «Pegas-Agro» // Problemy i perspektivy nauchno-innovacionnogo obespecheniya agropromyshlennogo kompleksa regionov: sb. dokl. IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Kursk, 2022. S. 201–206.

11. Nuzhny neotlozhnye mery po vosproizvodstvu plodorodiya pochv / V. A. Milyutkin, A. V. Milyutkin, I. N. Zolotarev, M. Yu. Shishkevich // Zemledelie. 1998. № 6. S. 16–17.

12. Oborin M. S. Vozmozhnosti importozameshcheniya agropromyshlennogo kompleksa na osnove integracii v social'no-ekonomicheskuyu sistemu sub'ektov RF // Menedzhment v APK. 2022. № 4. S. 37–48.

13. Основы производства продукции растениеводства / И. Н. Гаспарян, В. Г. Сычев, А. В. Мельников, А. С. Горохов. Санкт-Петербург, 2021. 372 с.

14. Pleskachyov Yu. N., Voronov S. I., Chernomorov G. V. Tekhnologii vozdelevaniya ozimoy psh-

enicy s ispol'zovaniem vodorastvorimogo udobreniya KAS-32 // Optimizaciya sel'skohozyajstvennogo zemlepol'zovaniya i usilenie eksportnogo potentsiala APK RF na osnove konvergentnyh tekhnologij: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., provedennoj v ramkah Mezhdunar. nauch.-prakt. foruma, posvyashchennogo 75-letiyu Pobedy v Velikoj Otechestvennoj vojne 1941–1945 gg. Volgograd. 2020. S. 185–190.

15. Sel'hozmashiny «Tuman» OOO «Pegas-Agro» na universal'noj hodovoj platforme dlya resheniya osnovnyh agrohimicheskikh problem v zemledelii / V. A. Milyutkin, Yu. A. Kirov, A. P. Cirulev, G. V. Knurova // Nauchno-informacionnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya

APK: materialy XIV Mezhdunar. nauch.-prakt. internet-konferencii. Moskva, 2022. S. 706–715.

16. Sychev V. G., Shafran S. A., Il'yushenko I. V. Primenenie mineral'nyh udobrenij i ih effektivnost' v razlichnyh zonah Rossii // Plodorodie. 2022. № 3 (126). S. 3–6.

17. Effektivnaya podkormka kukuruzy zhidkimi udobreniyami KAS-32 vnutripochvenno mul'tiinzhektorom «Tuman-2M» / V. A. Milyutkin, V. N. Sysoev, O. A. Blinova [i dr.] // APK Rossii: obrazovanie, nauka, proizvodstvo: sb. st. V Vseros. (nac.) nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem; pod nauch. red. M. K. Sadygovej, M. V. Belovoj, A. A. Galiullina. Penza, 2023. S. 254–257.

### Сведения об авторе:

**В. А. Милюткин**, доктор технических наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0001-8948-4862>

ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, ул. Учебная, 2, п.г.т. Усть-Кинельский, Кинель, Россия, 446442

oiapp@mail.ru

Original article

## THE EFFECTIVENESS OF THE ALL-PURPOSE MULTIFUNCTIONAL MODULAR COMPLEX "TUMAN" DURING WINTER WHEAT CULTIVATION IN "PEGAS-AGRO"

**Vladimir A. Milyutkin**

Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky settlement, Kinel, Russia

oiapp@mail.ru

**Abstract.** Agrochemical work in agriculture with the obligatory use of fertilizers is the basis for the efficient production of products by the agro-industrial complex of the Russian Federation. The purpose of the research work of the Samara State Agrarian University together with the largest chemical concern in Russia "KuibyshevAzot" and the Samara enterprise "Pegas-Agro" is to improve agricultural technologies of cultivating crops for increasing their yield and grain quality. The subject of research is mineral fertilizers – liquid nitrogen based on a carbamide-ammonia mixture (CAM), and technical means – sprayers and multi-injectors "Tuman" for applying liquid fertilizers on the surface and subsurface of soil. Fertilizers based on CAM-32 and a tank mixture of CAM + S + potassium humate + trace elements Cu + Zn + Br + inhibitor were studied under different weather conditions: 2021 – dry year, 2022 – year with favorable weather. The experiments compared an innovative unit for injecting liquid fertilizers by a multi-injector "Tuman-2M" with a rod sprayer "Tuman-2" produced by "Pegas-Agro". The research results have established that fertilizers with different nitrogen content norms introduced by injection, compared with the surface distribution, provide an additional increase in the yield of winter wheat (the variety Basis of selection of the Samara Research Institute of Agriculture participated in the experiments), especially during droughts (2021). The application of CAM + S at the rate of application by a multi-injector of 200 l/ha in experiments increased yield to 56.1 c/ha compared to 48.4 c/ha obtained while using the sprayer (+15.7 %). With sufficient moisture supply (2022) liquid and solid fertilizers are almost equivalent. The multi-injector in comparison with the sprayer when applying liquid fertilizers CAM in large doses (300, 350 l/ha) provides an increase in yield from 71.5 c/ha (2021) to 78.5 c/ha (2022), which is significant for risky farming of the Volga region. Grain quality is also improved to Grade II and I after using liquid nitrogen fertilizers.

**Key words:** technologies, agricultural products, agrochemistry, winter wheat, yield, liquid fertilizers, carbamide-ammonia mixture (CAM), multi-injector, sprayer, efficiency.

**For citation:** Milyutkin V. A. The effectiveness of the all-purpose multifunctional modular complex "Tuman" during winter wheat cultivation in "Pegas-AGRO". The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2023; 1(73): 54-62. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_54-62](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_54-62).

### Author:

**V. A. Milyutkin**, Doctor of Technical Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0001-8948-4862>

Samara State Agrarian University, 2 Uchebny St., Ust-Kinelsky settlement, Kinel, Russia, 446442

oiapp@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 01.03.2023; одобрена после рецензирования 03.03.2023;

принята к публикации 17.03.2023.

The article was submitted 01.03.2023; approved after reviewing 03.03.2023; accepted for publication 17.03.2023.

Научная статья

УДК 635-151:635.21

DOI 10.48012/1817-5457\_2023\_1\_62-70

## ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА И УСТРОЙСТВА ДЛЯ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ

Первушин Владимир Федорович✉, Салимзянов Марат Зуфарович,  
Ипатов Алексей Геннадьевич, Ширококов Владимир Иванович,  
Шмыков Сергей Николаевич

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

✉pervushin54@mail.ru

**Аннотация.** Наиболее полно агротехническим требованиям по уходу за растениями картофеля отвечают активные (ротационные) рабочие органы сельхозмашин. Цель исследования – обоснование параметров и режимов работы ротационного рыхлителя для повышения эффективности рыхления почвы и уничтожения сорняков при междурядной обработке посадок картофеля. В процессе работы были выполнены теоретические исследования процесса взаимодействия ротационного рабочего органа с почвой. Представлена конструкция ротационного рыхлителя и описаны три варианта траектории движения его рабочих органов, установлена величина протаскивания верхнего слоя почвы скребком-планкой ротационного рыхлителя в зоне контакта с почвой. Проанализирован отрезок пути с момента начала и до конца протаскивания поверхностного слоя почвы, на линии которой происходит разрушение почвенной корки и вычесывание сорняков. Представлена графическая зависимость рабочего хода скребка-планки от его кинематического режима работы. Для повышения эффективности рыхления почвы и уничтожения сорняков ротационным рыхлителем наиболее эффективен вариант, когда точки, расположенные на среднем и малом дисках рыхлителя, будут совершать укороченную (вытянутую) циклоиду. При этом скребки ротационного рыхлителя протаскивают поверхностный слой почвы вперед, разрушая почвенную корку, разрыхляя ее и уничтожая сорняки в фазе белой нити, а также выкорчевывают и протаскивают проросшие сорняки вперед. С уменьшением радиуса вращения рабочих элементов ротационного рыхлителя от большого диска бороны в направлении к меньшему увеличивается длина рабочего хода и величина протаскивания верхнего слоя почвы. Для малого диска при показателе кинематического режима работы  $\lambda = 0,5$  она соответствует 289,3 мм.

**Ключевые слова:** культиватор, сорняки, ротационный рыхлитель, скребок-планка, борона, почва, поверхность, технология.

**Для цитирования:** Обоснование способа и устройства для междурядной обработки картофеля / В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, А. Г. Ипатов [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1(73). С. 62-70. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_62-70](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_62-70).

**Актуальность исследований.** Применяемые в сельхозработах машины и орудия не в полной мере обеспечивают технологический процесс рыхления и уничтожения сорняков и забиваются почвой на переувлажненных участках. Рабочие органы сельскохозяйственных машин при пассивном взаимодействии

с почвой движутся по прямолинейной траектории, поэтому интенсивность крошения почвы их невелика [6–8]. Наиболее полно агротехническим требованиям измельчения почвы и уничтожения сорняков отвечают активные (ротационные) рабочие органы. Повышенная активность взаимодействия с почвой, а следо-

вательно, интенсивность рыхления почвы ротационными рабочими органами в большей степени определяется видом траектории их движения [1, 4, 5].

**Цель работы** – обоснование параметров и режимов работы ротационного рыхлителя для повышения эффективности рыхления почвы и уничтожения сорняков при междурядной обработке посадок картофеля.

**Задачи исследований:** изучить траекторию движения скребка-планки ротационного рыхлителя в зоне ее контакта с почвой и определить величину ее перемещения.

**Материалы и методы.** Увеличение технологических возможностей достигается путем междурядной обработки поверхности гребня почвы ротационными рыхлителями. Они изготовлены из фигур в виде усеченных конусов, по поверхности которых приварены скребки-планки и почвозацепы. Скребки-планки представляют гребенку, изготовленную из полосы с насечками [8].

Ротационный рыхлитель состоит из подвески, составленной из стойки 1, диска 2 и коленчатой оси 3, двух ротационных борон 4, смонтированных к коленчатой оси (рис. 1).

Коленчатая ось изготавливается путем надрезов 6 оси 2 (рис. 2) в двух местах на половину ее диаметра, с последующим загибом на угол  $15^\circ$ , и далее места надреза провариваются ручной электродуговой сваркой (рис. 3).

Стойка подвески установлена с возможностью кругового вращения вокруг коленчатой оси с последующей фиксацией посредством болта и контргайки через отверстия на стойке и диске, приваренным ручной электродуговой сваркой к коленчатой оси.

Ротационный рыхлитель монтируется стойкой 1 к грядилю рабочей секции культиватора. В процессе работы ротационные бороны перекатываются по поверхности гребня, разрыхляют почву, вычесывают сорняки и сбрасывают их на поверхность почвы.

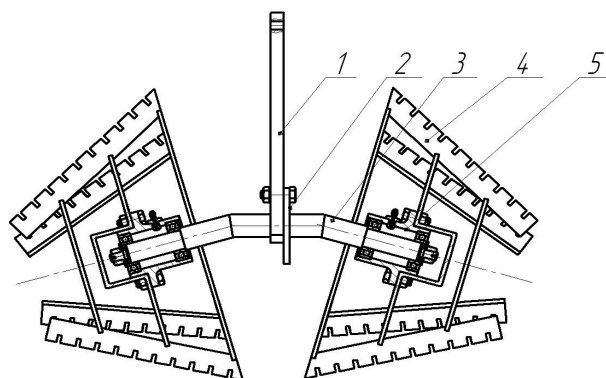


Рисунок 1 – Схема ротационного рыхлителя

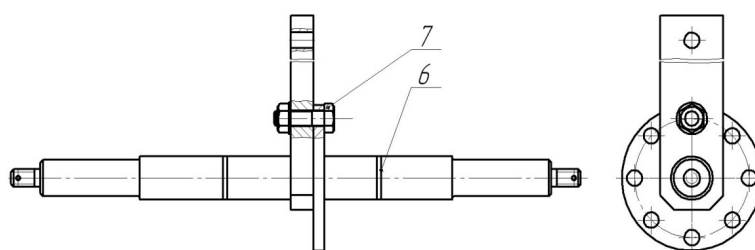


Рисунок 2 – Подвеска

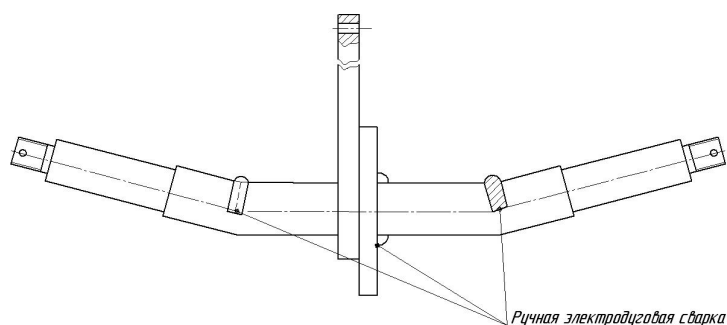


Рисунок 3 – Коленчатая ось подвески



Ротационный рыхлитель одновременно выполняет функцию опорного колеса рабочей секции культиватора, регулирующего глубину обработки почвы стрельчатыми лапами.

Для настройки ротационных борон 4 под угол наклона боковины гребня снимают болт 7, фиксирующий стойку 1 с диском 2, приваренным к коленчатой оси 6, и поворачивают коленчатую ось относительно стойки 1 на угол, соответствующий углу наклона боковины гребня [2, 8–11].

Благодаря такой конструкции ротационного рыхлителя повышается точность настройки ротационных борон под угол наклона боковины гребня и эффективность уничтожения сорняков и рыхления почвы, а также снижается металлоемкость самого устройства.

Геометрические параметры конструкции ротационного рыхлителя определяются параметрами культиватора, на который устанавливается ротационный рыхлитель, размерами профиля гребня, глубиной залегания клубней и расстоянием между рядами растений.

**Результаты исследования.** При первой междурядной обработке почвы, когда сорняки начинают прорастать в междурядьях, они уничтожаются стрельчатыми лапами, а по боковинам гребня – ротационными рыхлителями. Ротационные рыхлители разрушают почвенную корку, разрыхляют ее и выкорчевывают сорные растения на поверхность почвы. После повторных всходов обработку рыхлителями повторяют.

Возможны три варианта перекачивания ротационного рыхлителя:

- 1) на окружности плоскости малого диска;
- 2) на окружности плоскости среднего диска;
- 3) на окружности плоскости большого диска.

В первом варианте, когда ротационный рыхлитель перекачивается на окружности малого диска, все ее точки описывают нормальную циклоиду с показателем кинематического режима работы  $\lambda = 1$ . Все точки ротационного рыхлителя, лежащие на среднем и большом дисках, описывают траекторию движения удлиненной циклоиды с показателем кинематического режима работы  $\lambda > 1$  (рис. 4).

Во втором варианте, когда ротационный рыхлитель перекачивается на окружности среднего диска по нормальной циклоиде, точки, лежащие на малом диске, перекачиваются по укороченной циклоиде (вытянутой), а точки, лежащие на большом

диске, перекачиваются по удлиненной циклоиде (рис. 5).

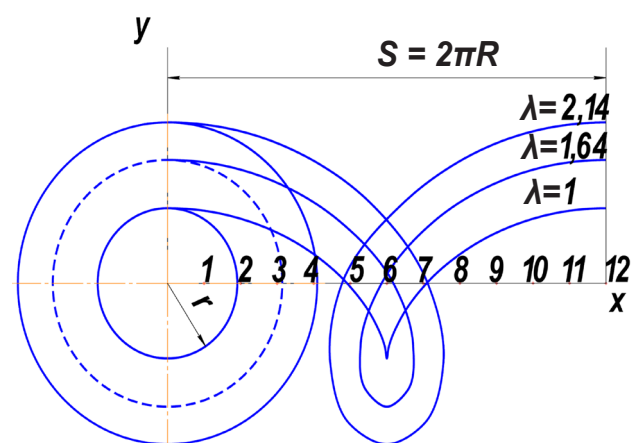


Рисунок 4 – Перекачивание рыхлителя на окружности малого диска

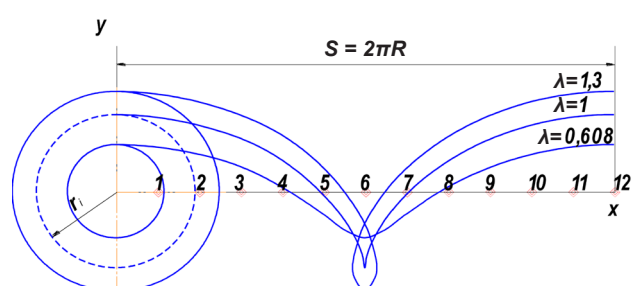


Рисунок 5 – Перекачивание рыхлителя на окружности среднего диска

В третьем варианте, когда рыхлитель перекачивается на окружности большого диска, все точки рыхлителя, лежащие на среднем и малом дисках, описывают укороченную циклоиду (вытянутую), и их показатель кинематического режима работы  $\lambda < 1$  (рис. 6).

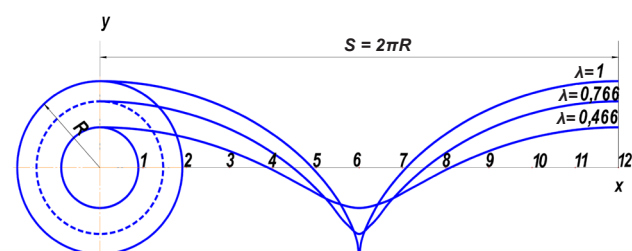


Рисунок 6 – Перекачивание рыхлителя на окружности большого диска

Для достижения поставленной цели наиболее эффективен третий вариант. В этом случае точки, расположенные на среднем и на малом дисках рыхлителя, будут совершать укороченную (вытянутую) циклоиду и граблины ротационного рыхлителя будут протаскивать верхний поверхностный слой почвы вперед, разрушая почвенную корку, разрыхляя

ее и уничтожая сорняки в фазе белой нити, а также выкорчевывать и протаскивать просшие сорняки вперед.

По нашей рабочей гипотезе, все это достигается ротационным рыхлителем, представленным на рисунке 7, облегаяющим профиль гребня и перекатывающимся на окружности большого диска 1 ротационного рыхлителя, точки которого совершают траекторию движения обыкновенной циклоиды.

Все остальные точки меньшего диаметра, которые находятся на среднем 2, малом диске 3 и скребках-планках 4, вращаются по укороченной циклоиде с кинематическим режимом работы  $\lambda < 1$ .

Анализ траектории движения удобнее начать с рассмотрения движения точки, расположенной на расстоянии от оси вращения радиусом  $r$  и вращающейся с угловой скоростью  $\omega$  вокруг оси в неподвижной системе координат  $OXY$  с поступательной скоростью машины  $V_T$  вдоль оси  $OX$  [8].

Согласно классификации ротационных рабочих органов, ротационный рыхлитель следует отнести к классу А с горизонтально-поперечным расположением оси вращения, и в этом случае уравнение, описывающее траекторию скребка-планки ротационного рыхлителя в параметрической форме, можно записать в виде:

$$\begin{aligned} x &= V_T \times t + r_i \times \sin(\omega \times t_i); \\ y &= r_i \times \cos(\omega \times t), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $r_i$  – радиус вращения скребка-планки ( $r \dots R$ ), м.

При обосновании геометрических параметров ротационного рыхлителя было принято, что борона перекатывается на большом диске 1 с кинематическим показателем вращения

$\lambda = 1$ , так как на этом диске создается максимальный крутящий момент. А все остальные рабочие элементы, такие как средний диск 2, малый диск 3 и скребки-планки 4 вращаются с кинематическим режимом работы  $\lambda < 1$ , что соответствует траектории движения, представленной на рисунке 6.

По результатам полевых исследований установлено, что чем больше диаметр большого диска 1 с грунтозацепами, тем больше крутящий момент на его перекатывание.

Проанализируем отрезок пути с момента начала протаскивания поверхностного слоя почвы в точке  $O_{вх}$  и конца протаскивания поверхностного слоя почвы в точке  $O_{вых}$ , на линии которой происходит разрушение почвенной корки, ее рыхление и вычесывание сорняков (рис. 8).

В момент начала контакта с почвой скребко-планка находится под острым углом, в середине протаскивания принимает вертикальное положение, а в конце отрывается от поверхности почвы под тупым углом. Таким образом, на первой половине рабочего хода скребок набирает на себя почву и сорняки в фазе белой нити, а на втором – протаскивает их и сбрасывает на поверхность почвы, разрушая связь сорняков с почвой, что вполне подтверждает рабочую гипотезу способа рыхления почвы и уничтожения сорняков [3, 12–14].

Представляет интерес траектория движения, совершаемая скребком во время контакта с почвой на пути (0–6), характеризуемая началом контакта скребка с почвой в точке 0 и концом его контакта в точке 6, на которой происходит рыхление и разрушение почвенной корки, а также вычесывание сорняков. Отрезок пути 0–6 траектории скребка-планки соответствует величине  $s_0$  поступательного перемещения бороны.

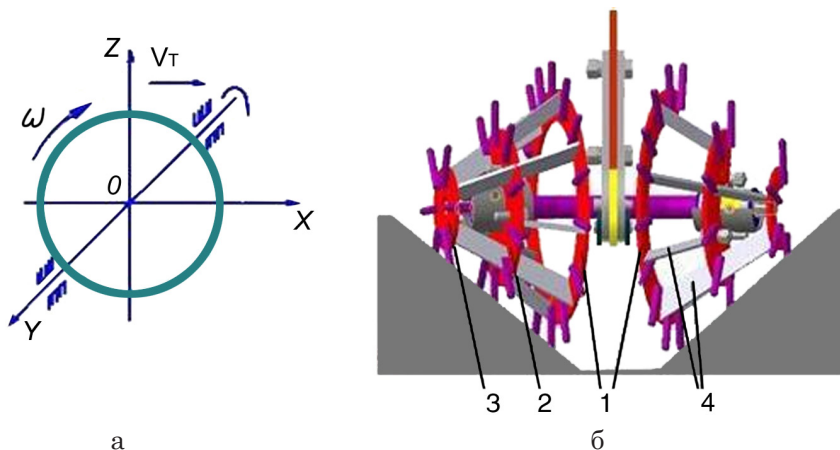


Рисунок 7 – Ротационный рыхлитель:  
а – кинематическая схема ротора; б – 3D-модель ротационной бороны

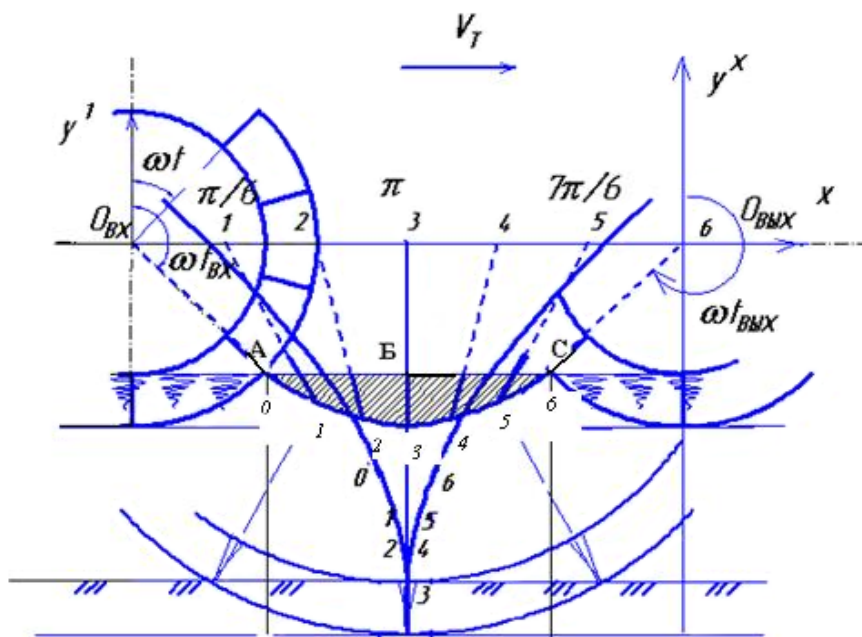


Рисунок 8 – Зона контакта скребка-планки с почвой АБС ротационного рыхлителя

Проанализируем путь, пройденный скребком-планкой в момент начала контакта почвы в точке 0 и конца контакта в точке 6.

Из рисунка 8 находим, что в момент начала протаскивания почвы ее координата  $y$  принимает значение, равное  $r_1$ . Следовательно:

$$\cos \alpha = r_1 / (r_1 + h)$$

или

$$\alpha = \arccos[r_1 / (r_1 + h)],$$

тогда:

$$\alpha = \omega t_{ex} = \pi - \arccos[r_1 / (r_1 + h)]$$

или:

$$t_{ex} = (\pi - \arccos[r_1 / (r_1 + h)]) / \omega.$$

Учитывая, что  $V_T = \omega r_1 / \lambda$ , а значение  $t_{ex} = (\pi - \arccos[r_1 / (r_1 + h)]) / \omega$ , подставив в выражение (1), получим величину перемещения ротационного рыхлителя к моменту начала взаимодействия скребка-планки с почвой  $x_{ex}$  (входа):

$$x_{ex} = r_1 (\pi - \arccos[r_1 / (r_1 + h)]) / \lambda + r_1 \sin(\pi - \arccos[r_1 / (r_1 + h)]). \quad (2)$$

В момент отрыва скребка-планки от почвы угол  $\alpha$  равен:

$$\alpha = \omega t_{вых} = \pi + \arccos[r_1 / (r_1 + h)]$$

или

$$t_{вых} = (\pi + \arccos[r_1 / (r_1 + h)]) / \omega.$$

Учитывая, что  $v_T = \omega r_1 / \lambda$ , а значение  $t_{вых} = (\pi + \arccos[r_1 / (r_1 + h)]) / \omega$ , подставив в выражение (1), получим величину перемещения ротационного рыхлителя в момент отрыва скребка-планки от поверхности почвы. Следовательно,

$$x_{вых} = r_1 (\pi + \arccos[r_1 / (r_1 + h)]) / \lambda + r_1 \sin(\pi + \arccos[r_1 / (r_1 + h)]). \quad (3)$$

Зная значения линейного перемещения ротационного рыхлителя вдоль оси  $x$ ,  $x_{ex}$  и  $x_{вых}$ , находим величину отрезка  $s_0$  перемещения скребка-планки в период ее контакта с почвой.

$$s_0 = x_{вых} - x_{ex}. \quad (4)$$

На первой половине рабочего хода (АВ) происходит подрезание верхнего слоя почвы и сорняков, на второй половине (ВС) – рыхление и разрушение почвенной корки, а также уничтожение сорняков.

Возможны три случая (варианта) рабочего процесса бороны: а) с пропусками (рис. 9а); б) без пропусков (рис. 9б); в) с перекрытием рабочего хода бороны (рис. 9в).

Результаты решения уравнений (2) и (3) представлены в таблице 1, а графическая зависимость рабочего хода от кинематического режима работы  $\lambda$  – на рисунке 10.

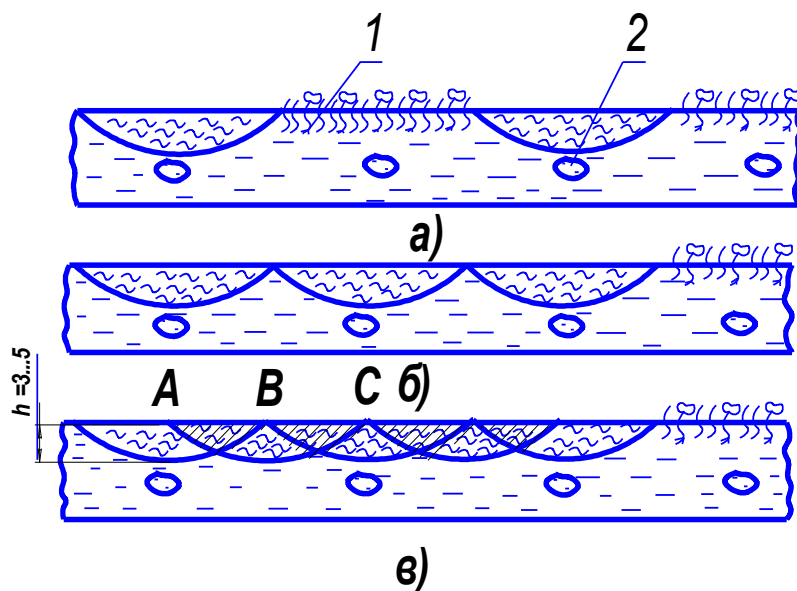


Рисунок 9 – Три случая (варианта) разрушения почвенной корки и подрезания сорняков

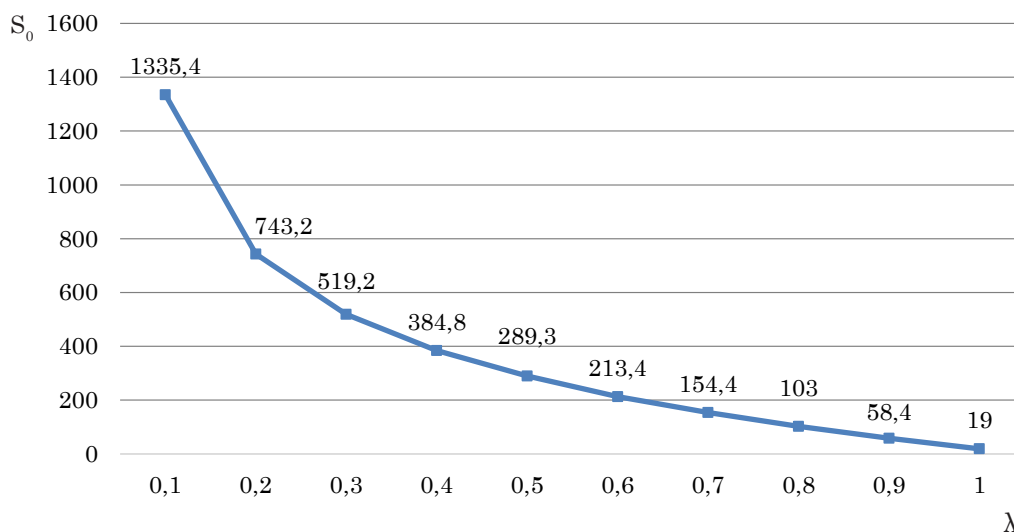


Рисунок 10 – Зависимость рабочего хода  $S_0$  от показателя кинематического режима работы  $\lambda$

Таблица 1 – Расчетные данные уравнений (2) и (3) при кинематическом режиме работы  $\lambda$  от 0,1 до 1,0

$\lambda = r_2/R$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$r_2 = R \times \lambda$ , мм	32,5	65	97,5	130	162,5	195	227,5	260	292,5	325
$X_{вх} = A1 + B1$ , мм	352,9	649	761	828,2	875,9	913,9	943,4	969,1	991,4	1011
$X_{вых} = A2 + B2$ , мм	1688,3	1392,2	1280,2	1213	1165,2	1127	1097	1072	1049	1030
$S = X_{вых} - X_{вх}$ , мм	1335,4	743,2	519,2	384,8	289,3	213,4	154,4	103	58,4	19

**Выводы:**

1. Для повышения эффективности рыхления почвы и уничтожения сорняков ротационным рыхлителем наиболее эффективен вариант, когда точки, расположенные на среднем и на малом дисках рыхлителя, будут совершать укороченную (вытянутую)

циклоиду, при этом скребки ротационного рыхлителя будут протаскивать поверхностный слой почвы вперед, разрушая почвенную корку, разрыхляя ее и уничтожая сорняки в фазе белой нити, а также выкорчевывать и протаскивать проросшие сорняки вперед.

2. С уменьшением радиуса вращения рабочих элементов ротационного рыхлителя от большого диска бороны в направлении к меньшему увеличивается длина рабочего хода, а следовательно, и величина протаскивания верхнего слоя почвы, для малого диска при показателе кинематического режима работы  $\lambda = 0,5$  она соответствует 289,3 мм.

### Список источников

1. Взаимодействие пружинных рабочих органов тяжелых зубочных борон с почвой / А. П. Бодалев, А. Г. Иванов, А. В. Костин [и др.] // Вестник НГИЭИ. 2020. № 1(104). С. 16–30. EDN FKELCU.

2. Дерюшев И. А., Галицын Д. А., Костев В. В. Перспективные способы посева овощных культур в открытом грунте // Вклад молодых ученых в реализацию приоритетных направлений развития аграрной науки: материалы Нац. науч.-практ. конф. молодых ученых, Ижевск, 17–19 ноября 2021 г. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. С. 8–11. EDN IMZIDC.

3. Ипатов А. Г., Шмыков С. Н., Волков К. Г. Использование аддитивных технологий в ремонтном производстве // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2 томах. Ижевск, 15–18 февраля 2022 г. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. Том I. С. 187–191. EDN ANYAOZ.

4. Исследование кинематического режима работы ротационного рыхлителя для междурядной обработки почвы / В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов [и др.] // Развитие производства и роль агроинженерной науки в современном мире: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Ижевск, 16–17 декабря 2021 г. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. С. 259–264. EDN WFDXQL.

5. Комплекс оборудования для возделывания картофеля в хозяйствах малых форм собственности / А. Г. Иванов, К. И. Шубин, Р. Р. Шакиров, Д. А. Марков // Развитие инженерного образования и его роль в технической модернизации АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 65-летию подготовки инженеров-механиков Ижевской государственной сельскохозяйственной академией, Ижевск, 11–13 ноября 2020 г. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. С. 78–86. EDN HXQSZR.

6. Левшин А. Г., Алсанкари А. Проверка методики экспресс-анализа буксования // Материалы Всерос. с междунар. участием науч. конф. молодых ученых и специалистов, посвященной 155-летию со дня рождения Н. Н. Худякова: сборник статей. Москва, 07–09 июня 2021 г. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им.

К. А. Тимирязева, 2021. Том 1. С. 164–168. EDN QGEQHO.

7. Обоснование параметров и режимов работы устройства для декапитации / Б. А. Бицоев [и др.]. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2021. 112 с. EDN EFSLRA.

8. Первушин В. Ф. Повышение эффективности механизированной технологии возделывания картофеля в условиях малых форм хозяйствования (фермерские и личные подсобные хозяйства населения): специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Москва, 2011. 34 с. EDN ZOKUOL.

9. Пути снижения воздействия ходовых систем сельскохозяйственной техники на структуру и свойства почвы / И. А. Дерюшев, В. В. Костев, Н. А. Луценко, О. П. Васильева // Развитие производства и роль агроинженерной науки в современном мире: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Ижевск, 16–17 декабря 2021 г. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. С. 59–63. EDN KFJNBN.

10. Шкляев К. Л., Шкляев А. Л., Михеева Е. А. Комплекс машин для возделывания и уборки корнеплодов // Современные достижения селекции растений – производству: материалы Нац. науч.-практ. конф., Ижевск, 15 июля 2021 г. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. С. 311–316. EDN YTEKMY.

11. Экспериментальная установка для удаления ботвы картофеля / В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов [и др.] // Сельский механизатор. 2022. № 5. С. 6–7. EDN WSTGGF.

12. Development and theoretical study of the impact of the working body on the soil / M. N. Kalimullin, M. Z. Salimzyanov, V. F. Pervushin [et al.] // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 г. Vol. 52. Kazan: EDP Sciences, 2022. P. 00056. EDN UDWMKX.

13. Effect of oxygen in surface layers formed during sliding wear of Ni–ZrO<sub>2</sub> coatings / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Surface and Coatings Technology. 2022. Vol. 434. P. 128174. DOI 10.1016/j.surfcoat.2022.128174. EDN UBLNSI.

14. Tribological performance of boron-based superhard coatings sliding against different materials / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Wear. 2021. Vol. 477. P. 203835. DOI 10.1016/j.wear.2021.203835. EDN GCSTIQ.

### References

1. Vzaimodejstvie pruzhinnyh rabochih organov tyazhelyh zubovyh boron s pochvoj / A. P. Bodaley,

A. G. Ivanov, A. V. Kostin [i dr.] // Vestnik NGIEI. 2020. № 1(104). S. 16–30. EDN FKELCU.

2. Deryushev I. A., Galicyn D. A., Kostev V. V. Perspektivnye sposoby poseva ovoshchnyh kul'tur v otkrytom grunte // Vklad molodyh uchenyh v realizaciyu prioritetnyh napravlenij razvitiya agrarnoj nauki: materialy Nac. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh, Izhevsk, 17–19 noyabrya 2021 g. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2021. S. 8–11. EDN IMZIDC.

3. Ipatov A. G., Shmykov S. N., Volkov K. G. Ispol'zovanie additivnyh tekhnologij v remontnom proizvodstve // Nauchnye razrabotki i innovacii v reshenii strategicheskikh zadach agropromyshlennogo kompleksa: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. V 2 tomah. Izhevsk, 15–18 fevralya 2022 g. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2022. Tom I. S. 187–191. EDN AHYAOZ.

4. Issledovanie kinematicheskogo rezhima raboty rotacionnogo ryhlitelya dlya mezhduryadnoj obrabotki pochvy / V. F. Pervushin, M. Z. Salimzyanov, N. G. Kasimov [i dr.] // Razvitie proizvodstva i rol' agroinzhenernoj nauki v sovremennom mire: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Izhevsk, 16–17 dekabrja 2021 g. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2021. S. 259–264. EDN WFDXQL.

5. Kompleks oborudovaniya dlya vozdeleyvaniya kartofelya v hozyajstvah malyh form sobstvennosti / A. G. Ivanov, K. I. Shubin, R. R. Shakirov, D. A. Markov // Razvitie inzhenernogo obrazovaniya i ego rol' v tekhnicheskoy modernizacii APK: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 65-letiyu podgotovki inzhenerov-mekhanikov Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademiej, Izhevsk, 11–13 noyabrya 2020 g. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2021. S. 78–86. EDN HXQSZR.

6. Levshin A. G., Alsankari A. Proverka metodiki ekspress-analiza buksovaniya // Materialy Vseros. s mezhdunar. uchastiem nauch. konf. molodyh uchenyh i specialistov, posvyashchennoj 155-letiyu so dnya rozhdeniya N. N. Hudyakova: sbornik statej. Moskva, 07–09 iyunya 2021 g. Moskva: Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet – MSKHA im. K. A. Timiryazeva, 2021. Tom 1. S. 164–168. EDN QGEQHO.

7. Obosnovanie parametrov i rezhimov raboty ustrojstva dlya dekapitacii / B. A. Bicoev [i dr.]. Moskva: Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet –

MSKHA im. K. A. Timiryazeva, 2021. 112 s. EDN EFSLRA.

8. Pervushin V. F. Povyshenie effektivnosti mekhanizirovannoj tekhnologii vozdeleyvaniya kartofelya v usloviyah malyh form hozyajstvovaniya (fermerskie i lichnye podsobnye hozyajstva naseleniya): special'nost' 05.20.01 «Tekhnologii i sredstva mekhanizacii sel'skogo hozyajstva»: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk. Moskva, 2011. 34 s. EDN ZOKUOL.

9. Puti snizheniya vozdejstviya hodovyh sistem sel'skohozyajstvennoj tekhniki na strukturu i svojstva pochvy / I. A. Deryushev, V. V. Kostev, N. A. Lucenko, O. P. Vasil'eva // Razvitie proizvodstva i rol' agroinzhenernoj nauki v sovremennom mire: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Izhevsk, 16–17 dekabrja 2021 g. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2021. S. 59–63. EDN KFJNBN.

10. Shklyayev K. L., Shklyayev A. L., Miheeva E. A. Kompleks mashin dlya vozdeleyvaniya i uborki korneplodov // Sovremennye dostizheniya selekcii rastenij – proizvodstvu: materialy Nac. nauch.-prakt. konf., Izhevsk, 15 iyulya 2021 g. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2021. S. 311–316. EDN YTEKMY.

11. Eksperimental'naya ustanovka dlya udaleniya botvy kartofelya / V. F. Pervushin, M. Z. Salimzyanov, N. G. Kasimov [i dr.] // Sel'skij mekhanizator. 2022. № 5. S. 6–7. EDN WSTGGF.

12. Development and theoretical study of the impact of the working body on the soil / M. N. Kalimullin, M. Z. Salimzyanov, V. F. Pervushin [et al.] // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 maya 2022 g. Vol. 52. Kazan: EDP Sciences, 2022. P. 00056. EDN UDWMKX.

13. Effect of oxygen in surface layers formed during sliding wear of Ni–ZrO<sub>2</sub> coatings / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Surface and Coatings Technology. 2022. Vol. 434. P. 128174. DOI 10.1016/j.surfcoat.2022.128174. EDN UBLNSI.

14. Tribological performance of boron-based superhard coatings sliding against different materials / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Wear. 2021. Vol. 477. P. 203835. DOI 10.1016/j.wear.2021.203835. EDN GCSTIQ.

## Сведения об авторах:

**В. Ф. Первушин** <sup>✉</sup>, доктор технических наук, профессор;

**М. З. Салимзянов**, кандидат технических наук, доцент;

**А. Г. Ипатов**, кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-2637-4214>;

**В. И. Ширококов**, кандидат технических наук, доцент;

**С. Н. Шмыков**, кандидат экономических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-2103-8695>

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

<sup>✉</sup>pervushin54@mail.ru

Original article

## JUSTIFICATION OF THE METHOD AND DEVICE FOR INTER-ROW CULTIVATION OF POTATOES

Vladimir F. Pervushin <sup>✉</sup>, Marat Z. Salimzyanov, Alexey G. Ipatov, Vladimir I. Shirobokov, Sergey N. Shmykov

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

<sup>✉</sup>pervushin54@mail.ru

**Abstract.** *The dynamic (rotational) tools of agricultural machines completely meet the agrotechnical requirements for the handling of potatoes. The purpose of the study is to substantiate the parameters and operating modes of the rotary ripper to increase the efficiency of soil loosening and weed destruction during the inter-row cultivation of potato plantings. Theoretical studies of the process of interaction of the rotary working element with the soil were carried out. The design of the rotary ripper is presented and the motion trajectory of its working elements is described. The amount of dragging of the upper layer of soil by the scraper-bar of the rotary ripper in the contact zone with the soil is established. The section of the path from the beginning to the end of the dragging of the surface layer of soil, on the line of which the destruction of the soil crust and weeds occurs, is analyzed. The graphical dependence of the working stroke of the scraper-bar on its kinematic mode of operation is presented. To increase the efficiency of soil loosening and destroying weeds with a rotary ripper, the most effective is the option with the points located on the medium and small ripper discs making a shortened (elongated) cycloid. At the same time, the scrapers of the rotary ripper drag the surface layer of soil forward, destroying the soil crust, loosening it and destroying weeds in the phase of the white thread, and also uproot and drag the sprouted weeds forward. With a decrease in the radius of rotation of the working elements of the rotary ripper from the large disc of the harrow in the direction of the smaller one, the length of the working stroke and the amount of dragging of the topsoil increases. It corresponds to 289.3 mm for a small disk with a kinematic operating mode indicator  $\lambda = 0.5$ .*

**Key words:** cultivator, weeds, rotary ripper, scraper-bar, harrow, soil, surface, technology.

**For citation:** Pervushin V. F., Salimzyanov M. Z., Ipatov A. G., Shirobokov V. I., Shmykov S. N. Justification of the method and device for inter-row cultivation of potatoes. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2023; 1(73): 62-70. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_1\\_62-70](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_1_62-70).

### Authors:

**V. F. Pervushin** <sup>✉</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;

**M. Z. Salimzyanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

**A. G. Ipatov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-2637-4214>;

**V. I. Shirobokov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

**S. N. Shmykov**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-2103-8695>

Udmurt State Agricultural University, 9 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

<sup>✉</sup>pervushin54@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 10.02.2023; одобрена после рецензирования 20.02.2023;

принята к публикации 17.03.2023.

The article was submitted 10.02.2023; approved after reviewing 20.02.2023; accepted for publication 17.03.2023.

## 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. Рисунки допускаются только черно-белые, штриховые, без полутонов и заливки. В рисунках необходимо предусмотреть 1,5-кратное уменьшение. Ширина рисунков – не более ширины основного текста. Дополнительно рисунки представляются в отдельных файлах в одном из следующих форматов: \*.jpeg, \*.eps, \*.tiff.

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. К статье прилагается рецензия (внешняя), составленная доктором наук по направлению исследований автора (формат jpg). Рецензия должна содержать: полное название статьи; должность автора статьи; его фамилию, имя, отчество; краткое описание проблемы, которой посвящена статья; степень актуальности предоставляемой статьи; наиболее важные аспекты, раскрытые автором в статье; рекомендацию к публикации; сведения о рецензенте (ученая степень, ученое звание, должность, место работы, фамилия, имя, отчество, подпись, гербовая печать). Рецензирование всех научных статей обеспечивается редакцией. Рецензирование проводят члены редакционной коллегии или приглашенные редакцией рецензенты.



---

## AUTHORS' INSTRUCTIONS FOR ARTICLES SUBMISSION AND PUBLICATION

1. Articles submitted for publication should conform to the main scientific directions of the journal, contain previously unpublished results of original researches, developments which are ready for use in practical work, as well as the materials of cognitive interest.

2. 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. Only black-and-white drawings, drawings in lines, without halftones and filling are allowed. It is necessary to provide for 1.5-fold reduction in the drawings. The drawing width must not be more than the width of the main text. In addition, the drawings are presented in separate files in one of the following formats: \*.jpeg, \*.eps, \*.tiff.

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. The article is enclosed with the review (external) of Doctor of Sciences in the author's research field (format jpeg). The review should contain: a full title of the article; a position of the article's author, his/her surname, first name and patronymic; a brief description of the article's problem; a degree of relevance of the article; the most significant issues revealed by the author in the article; a recommendation for the article publication; information about the reviewer (science degree, academic rank, position and place of work, surname, first name and patronymic, signature, official stamp). Review of all scientific articles is provided by the editorial staff. The peer review is carried out by the editors or external reviewers.