

ISSN 2587-8824



# АПК России

Научный журнал

Основан в 1993 году

Том 27  
№ 2



Челябинск  
2020

16+



ISSN 2587-8824



# Agro-Industrial Complex of Russia

Scientific Journal

Published since 1993

Volume 27  
Issue 2



Chelyabinsk  
2020

16+

**АПК России****Agro-Industrial Complex of Russia**

Журнал включен в международную БД AGRIS

Журнал включен в перечень ВАК  
рецензируемых научных изданий  
(распоряжение Министерства науки  
и высшего образования Российской Федерации  
от 12 февраля 2019 г. № 21-р)

Журнал включен в систему Российского индекса  
научного цитирования (РИНЦ): <http://www.elibrary.ru>

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ  
№ ФС 77-65320 от 12.04.2016  
(РОСКОНАДЗОР, г. Москва)

The log is included in the international AGRIS database

The log is included in the list of the Highest certifying  
commission of the reviewed scientific publications  
(order of the Ministry of science and the higher education  
of the Russian Federation  
of February 12, 2019 No. 21-r)

The journal is included in the Russian Science  
Citation Index: <http://www.elibrary.ru>

Certificate of registration SMI PI  
№ FS 77-65320 of 12.04.2016  
(ROSKOMNADZOR, city of Moscow)

**И. о. главного редактора**

доктор биологических наук, профессор  
Мифтахутдинов Алевтин Викторович

**Acting editor-in-chief**

Doctor of Biological Sciences, Professor  
Miftakhutdinov Alevtin Viktorovich

**Редакционная коллегия**

Фисинин В. И., д-р с.-х. наук, проф., академик РАН

Менков Н. Д., д-р техн. наук

Алымбеков К. А., д-р техн. наук

Басарыгина Е. М., д-р техн. наук, проф.

Безин А. Н., д-р ветеринар. наук, проф.

Белов В. В., д-р техн. наук, проф., член-корр. РАЕ

Буторин В. А., д-р техн. наук, проф.

Васильев А. А., д-р с.-х. наук

Возмилов А. Г., д-р техн. наук, проф.

Дерхо М. А., д-р биол. наук, проф.

Горшков Ю. Г., д-р техн. наук, проф.

Гриценко А. В., д-р техн. наук

Зезин Н. Н., д-р с.-х. наук

Косилов В. И., д-р с.-х. наук, проф.

Линенко А. В., д-р техн. наук, проф.

Лыкасова И. А., д-р ветеринар. наук, проф.

Мударисов С. Г., д-р техн. наук, проф.

Овчинников А. А., д-р с.-х. наук, проф.

Панфилов А. Э., д-р с.-х. наук, проф.

Позняковский В. М., д-р биол. наук, проф.

Синявский И. В., д-р биол. наук

Тихонов С. Л., д-р техн. наук, проф.

Торопова Е. Ю., д-р биол. наук, проф.

Тошев А. Д., д-р техн. наук, проф.

Трояновская И. П., д-р техн. наук, ст. научн. сотрудник

Тюлебаев С. Д., д-р с.-х. наук, проф.

Фоминых А. В., д-р техн. наук, проф.

Чарыков В. И., д-р техн. наук, проф.

Шепелёв С. Д., д-р техн. наук

Юдин М. Ф., д-р с.-х. наук, проф.

**Editorial board**

Fisinin V. I., Dr. Sci. (Agricultural), Professor, Academician  
of Russian Academy of Sciences

Menkov N. D., Dr. Sci. (Technical)

Alymbekov K. A., Dr. Sci. (Technical)

Basarygina E. M., Dr. Sci. (Technical), Professor

Bezina A. N., Dr. Sci. (Veterinary), Professor

Belov V. V., Dr. Sci. (Technical), Professor,  
Corresponding Member of the Russian Academy  
of Natural History

Butorin V. A., Dr. Sci. (Technical), Professor

Vasilyev A. A., Dr. Sci. (Agricultural)

Vozmilov A. G., Dr. Sci. (Technical), Professor

Derkho M. A., Dr. Sci. (Biological), Professor

Gorshkov Yu. G., Dr. Sci. (Technical), Professor

Gritsenko A. V., Dr. Sci. (Technical)

Zezev N. N., Dr. Sci. (Agricultural)

Kosilov V. I., Dr. Sci. (Agricultural), Professor

Linenko A. V., Dr. Sci. (Technical), Professor

Lykasova I. A., Dr. Sci. (Veterinary), Professor

Mudarisov S. G., Dr. Sci. (Technical), Professor

Ovchinnikov A. A., Dr. Sci. (Agricultural), Professor

Panfilov A. E., Dr. Sci. (Agricultural), Professor

Poznyakovskiy V. M., Dr. Sci. (Biological), Professor

Sinyavskiy I. V., Dr. Sci. (Biological)

Tikhonov S. L., Dr. Sci. (Technical), Professor

Toropova E. Y., Dr. Sci. (Biological), Professor

Toshev A. D., Dr. Sci. (Technical), Professor

Trojanovskaja I. P., Dr. Sci. (Technical), Senior researcher

Tulebaev S. D., Dr. Sci. (Agricultural), Professor

Fominykh A. V., Dr. Sci. (Technical), Professor

Tcharykov V. I., Dr. Sci. (Technical), Professor

Shepelev S. D., Dr. Sci. (Technical)

Yudin M. F., Dr. Sci. (Agricultural), Professor

Учредитель:

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».  
South-Ural State Agrarian University.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

## CONTENT

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

### AGRONOMIC SCIENCES

<b>Астафьев В. Л.</b> Почвенная биота в системе земледелия.....	239	<b>Astafiev V. L.</b> Soil biota in the agricultural system.....	239
<b>Ахметшин А. Т., Атнагулов Д. Т., Мухамедьянова Т. К.</b> Экпериментальное исследование влияния обработки семян пшеницы магнитным полем на их водопоглощение.....	245	<b>Akhmetshin A. T., Atnagulov D. T., Mukhamedyanova T. K.</b> Studying experimentally the effect of treating wheat seeds with a magnetic field on their water absorption.....	245
<b>Васильев А. А., Гордеев О. В., Асаналиев А. Ж., Султанбаева В. А., Дергилева Т. Т., Айдаралиев Т. А., Дуйшембиев Н. Д.</b> Эколого-географическое испытание челябинских сортов картофеля в Кыргызстане.....	250	<b>Vasiliev A. A., Gordeev O. V., Asanaliev A. Zh., Sultanbaeva V. A., Dergileva T. T., Aydaraliev T. A., Duyshembiev N. D.</b> Ecological and geographical testing of Chelyabinsk potato varieties in Kyrgyzstan.....	250
<b>Васильев А. А., Дергилева Т. Т., Дергилев В. П.</b> Оценка адаптивного потенциала коллекции картофеля Южно-Уральского научно-исследовательского института садоводства и картофелеводства.....	257	<b>Vasiliev A. A., Dergileva T. T., Dergilev V. P.</b> Assessing the adaptive potential of the potato collection of South Ural Research Institute of Horticulture and Potato.....	257
<b>Платонова А. З., Павлов Н. Е.</b> Изучение коллекции кострцов в экстремальных условиях Оймяконья.....	266	<b>Platonova A. Z., Pavlov N. E.</b> Studying the smooth brome collection under the extreme Oymyakon conditions.....	266
<b>Синещеков В. Е.</b> Модели зяблевой обработки почвы в полевых севооборотах в лесостепи Западной Сибири.....	272	<b>Sineshchekov V. E.</b> Autumn tillage models for field crop rotation in the forest-steppe of Western Siberia.....	272

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### TECHNICAL SCIENCES

<b>Буторин В. А., Царев И. Б., Буторин Д. В.</b> Определение среднего ресурса для оценки надежности пленочного электронагревателя с проволочным резистивным элементом...	280	<b>Butorin V. A., Tsarev I. B., Butorin D. V.</b> Determining the average resource for assessing the reliability of a film electric heater with a wire resistive element.....	280
<b>Возмилов А. Г., Широбокова Т. А., Набатчикова М. А., Цыркина Т. В.</b> Применение термоэлектрического эффекта в светодиодном светильнике.....	284	<b>Vozmilov A. G., Shirobokova T. A., Nabatchikova M. A., Tsyrkina T. V.</b> Thermoelectric effect used in a LED lamp.....	284
<b>Возмилов А. Г., Яруллин Р. Б., Илимбетов Р. Ю., Астафьев Д. В.</b> Технико-экономическая оценка ограничения резонанса в переходных процессах асинхронного электропривода зарезонансной виброзерноочистительной машины.....	289	<b>Vozmilov A. G., Yarullin R. B., Plimbetov R. Yu., Astafiev D. V.</b> Technical and economic assessing for resonance limitation in transients of the asynchronous electric drive in a superresonance grain-cleaning vibration machine.....	289

<b>Глемба К. В., Гриценко А. В., Плаксин А. М.</b> Взаимосвязь критерия риска травмирования персонала на предприятиях АПК и показателей транспортно-технологической системы.....	294	<b>Glemba K. V., Gritsenko A. V., Plaksin A. M.</b> The relationship of the risk criterion of injuring the staff of agricultural enterprises and the indicators of a transport and technological system.....	294
<b>Гриценко А. В., Глемба К. В.</b> Исследование информативности и параметров движения пешеходов на нерегулируемых пешеходных переходах.....	303	<b>Gritsenko A. V., Glemba K. V.</b> Studying the information content and parameters of pedestrian traffic at unregulated pedestrian crossings.....	303
<b>Ерофеев В. В., Трояновская И. П., Базанова Д. В.</b> Особенности расчета предела выносливости деталей и узлов машин при ударном нагружении.....	310	<b>Erofeev V. V., Troyanovskaya I. P., Bazanova D. V.</b> Finding the endurance limit for machine parts and assemblies under shock loading.....	310
<b>Илимбетов Р. Ю., Астафьев Д. В., Тинькина Т. В., КокOLEV Е. М.</b> Исследование моторного масла двигателя внутреннего сгорания электрофизическим методом контроля.....	315	<b>Ilimbetov R. Yu., Astafiev D. V., Tinkina T. V., Kokolev E. M.</b> Studying the engine oil of an internal combustion engine with the electrophysical control method.....	315
<b>Козлов А. Н., Шатруков В. И., Плескачев П. А.</b> Влияние технического состояния доильных установок на качество сырого молока.....	322	<b>Kozlov A. N., Shatrukov V. I., Pleskachev P. A.</b> Effects of the technical condition of milking machines on raw milk quality.....	322
<b>Козлов А. Н., Шатруков В. И., Плескачев П. А., Романов А. С.</b> Машинное доение и аспекты профилактики заболеваний коров маститом.....	327	<b>Kozlov A. N., Shatrukov V. I., Pleskachev P. A., Romanov A. S.</b> Machine milking and aspects for preventing cows from mastitis.....	327
<b>Митрашчук В. В., Баранова М. П.</b> Конструкция беспилотного летательного аппарата для применения в сельском хозяйстве.....	333	<b>Mitrashchuk V. V., Baranova M. P.</b> Designing an unmanned aerial vehicle for using in agriculture.....	333
<b>Николаев В. Н., Ахметвалиев М. С., Литаш А. В., Первушин В. В.</b> Разделение пивной дробины на криволинейной лопасти ротора вибрационно-центробежной центрифуги...339	339	<b>Nikolaev V. N., Akhmetvaliev M. S., Litash A. V., Pervushin V. V.</b> Separating spent grains on the curved blade of a vibrational centrifuge rotor.....	339
<b>Попов В. М., Епишков Е. Н., Афонькина В. А., Кривошеева Е. И.</b> Математическая модель для обоснования параметров пленочного электронагревателя на основе высокоомной проволоки.....	346	<b>Popov V. M., Epishkov E. N., Afonkina V. A., Krivosheeva E. I.</b> Mathematical modeling for substantiating the parameters of a film electric heater based on high-resistance wire.....	346
<b>Старунов А. В., Иксанов Ш. С., Жуков Г. О., Шестаков А. М.</b> Оценка состояния сегментов режущего аппарата «Schumacher».....	351	<b>Starunov A. V., Iksanov Sh. S., Zhukov G. O., Shestakov A. M.</b> Assessing the condition of Schumacher cutting unit segments.....	351

## ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ

- Гертман А. М., Самсонова Т. С.,  
Манина Е. М., Уфимцева Н. Ф.**  
Роль солей тяжелых металлов в развитии  
болезней желудочно-кишечного тракта  
животных.....357
- Гизатуллина Ф.Г., Дерхо М. А.,  
Стрижикова С. В., Стрижиков В. К.**  
Морфологический и биохимический  
статус крови коров при эхинококкозе  
в условиях природно-техногенной  
провинции Южного Урала.....362

## ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

- Московенко Н. В., Тихонов С. Л.,  
Тихонова Н. В.**  
Исследование химического состава  
различных сортов льна масличного  
и продуктов его переработки.....372

## VETERINARY SCIENCES

- Gertman A. M., Samsonova T. S.,  
Manina E. M., Ufimtseva N. F.**  
The role of salts of heavy metals  
in the development of diseases  
of the digestive tract of animals.....357
- Gizatullina F. G., Derkho M. A.,  
Strizhikova S. V., Strizhikov V. K.**  
The morphological and biochemical blood  
status of cows with echinococcosis in the  
conditions of the natural and technogenic  
province of the Southern Urals.....362

## STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCE

- Moskovenko N. V., Tikhonov S. L.,  
Tikhonova N. V.**  
Studying the chemical composition  
of oil flax varieties and their derivatives.....372





УДК 631.4:631.5

## **ПОЧВЕННАЯ БИОТА В СИСТЕМЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**В. Л. Астафьев**

Почвозащитная система земледелия в северных районах Казахстана позволила не только снизить ветровую эрозию, но и выявила ряд существенных проблем, связанных с переуплотнением пахотного и подпахотного горизонтов, в результате интенсивного применения химических средств защиты растений нарушены биологические процессы в почве, снижаются плодородие полей и устойчивость производства в засушливые годы. В работе рассматриваются вопросы развития биологических процессов с целью их активизации для стабилизации земледелия в условиях сухой степи.

*Ключевые слова:* зерновая монокультура, нулевая технология обработки почвы, гумус, почвенные грибы и бактерии, микориза, почвенная биота, плодосмен, покровные посевы.

Почвозащитная система земледелия базируется на четырех-, пятипольных зернопаровых севооборотах с механическими и химическими способами защиты растений. Эта технология отработана в производстве и обеспечена необходимой техникой, решены вопросы хранения зерна и подготовки семян, в благоприятные годы получают сравнительно хороший урожай [1–3].

Интенсивные механические обработки ведут к истощению плодородия почвы, переуплотнению пахотного и подпахотного горизонтов. Зернопаровые севообороты и механические обработки не обеспечивают защиту от сорняков и болезней растений. Слабое накопление влаги в паровом поле и интенсивное иссушение в

степной зоне приводят к существенному снижению урожайности в засушливые годы. Переход в целях ресурсосбережения на нулевую технологию потребовал все возрастающей химической нагрузки для защиты растений, однако это негативно отразилось на биологических процессах в почве. На солонцовых почвах (а их в северных областях Казахстана около 30%) нулевая технология не может быть реализована из-за плохого дренажа [4–6].

### **Методы исследования**

Методы исследования включали изучение применяемых и перспективных севооборотов, систем обработки почвы и защиты растений

с применением информационно-аналитического обзора, наблюдений, анализа, синтеза, проведения экспериментов и производственных испытаний. Производственные испытания проводились в ТОО «Трояна» и ТОО «Жанахай» Федоровского района Костанайской области.

### Результаты исследования

Почва состоит из минерального вещества (примерно 45%), воздуха (около 25%), воды (до 25%) и органики (в среднем 5% по массе). Естественно, такое рассмотрение возможно только в качестве первого приближения, так как 25% воды в почве находится только в весенний период. При высыхании влаги увеличивается доля воздуха в порах и щелях почвы. Органика состоит из гумуса – неживого органического материала (около 4%), живых корней растений (около 0,5%) и живой почвенной биоты (бактерии, грибы, простейшие и черви) – около 0,5% по массе. Гумус – это производная форма отмерших растений и их корней и отмерших микроорганизмов, переработанных живой почвенной биотой. В состав гумуса входит огромная группа химических веществ на основе соединений углерода (ферменты, витамины, гормоны и другие соединения органической природы), а также химические соединения неорганического происхождения на основе минералов (фосфора, калия и других). Почвенные исследования показывают, что в наших почвах достаточно фосфора, только он находится в составе гуминовых соединений в недоступном для растений виде.

В последние годы доказано, что живая биота играет важнейшую роль в питании растений (обеспечении водой, азотом, фосфором, калием) и повышении их иммунитета, фильтрации воды, снижении плотности почвы. Требуется проводить не только химический анализ почвы на наличие в ней химических элементов, но и микробиологический анализ на наличие грибов, бактерий, простейших с определением их активности. Рассмотрим роль биоты в почве подробнее.

Как известно, растения поглощают углекислый газ из воздуха и, получая воду из почвы, под действием солнечного света превращают их в глюкозу с выделением кислорода в атмосферу. Одна часть глюкозы используется растениями для наращивания собственной биомассы,

а вторая часть направляется для грибов и бактерий, находящихся в почве. Взамен от грибов и бактерий растения получают почвенную влагу и минеральное питание (азот, фосфор, калий и другие элементы). Таким образом, одну часть необходимых питательных веществ растение получает через лист, вторую через корень. По объему эти части примерно одинаковы [7, 8].

В гумусе есть все питательные вещества для растений. Но растениям доступен так называемый легкорастворимый подвижный гумус, которого всего 12–15%. Только эту растворимую часть гумуса растения способны впитывать своими корневыми волосками. Запасы подвижного гумуса в почве очень быстро истощаются из-за его доступности не только для культурных растений, но и для сорняков, а также для бактерий. Поэтому основную часть питания через корень растения получают из переработанного органического вещества микрофлорой почвы.

Обмен питательными веществами растений и почвенной микрофлоры представляет собой взаимно выгодное сотрудничество, созданное природой. Вокруг корневой системы растений на расстоянии 2–3 мм находятся различные бактерии (ризосферная микрофлора), способные создавать или расщеплять определенный вид органических веществ. Например, ризосферные азотфиксаторы (ризобии, или клубеньковые бактерии) способны доставить растениям только один элемент их питания – азот. Эти бактерии малоподвижны, и возможность охвата их корневой системой растения тоже относительно невелика. Поэтому питание растений при наличии ограниченности видов бактерий в почве получается однообразным и неполноценным.

Для того чтобы растения не голодали, на помощь им приходят микоризообразующие грибы, позволяющие получить доступ к любой точке питания за многие метры вокруг. Взаимодействие растений и грибов происходит при помощи микоризы (грибокорня). Микориза – это обитание грибницы (мицелия) грибов на корневой системе растений. Ножки грибов представляют тонкие нити, которые сплетаясь, образуют грибницу. Мицелий обволакивает корни растений, иногда даже проникает в ткани корня, и, распространяясь далеко от растения, многократно увеличивает поверхность корня растения. За счет этого растения в десятки раз



увеличивают площадь своего питания. Кроме этого, у грибов очень мощный ферментативный аппарат, способный вырабатывать самые различные ферменты. Они способны расщеплять самые разные питательные вещества в почве – как самого детрита (разлагающихся растительных остатков), так и молекул стойких гуминов из запаса питательных веществ. А гумус почвы представлен на 85% стойкими солями гуминовых кислот, т.е. соединениями органической структуры с неорганическими элементами (фосфором, калием и др.), а также азотистыми соединениями.

Итак, растения, выделяя сахара в ризосферу, привлекают грибы и бактерии к обмену. Микоризообразующие грибы способны реагировать на эти выделения сахаров корневой системой растений. Грибы не могут жить без сахаров, так как не способны размножаться и наращивать без углеводов свои тела. Поэтому грибы дают в обмен на углеводы прежде всего воду. За счет микоризы поверхность корня и всасывающая способность растений увеличивается до 100 раз. При наличии микоризы даже при пониженной почвенной влажности растения не испытывают недостатка во влаге. Микориза снабжает растения всем необходимым в питании: минералами, витаминами, ферментами, биостимуляторами, гормонами и другими активными веществами. При наличии микоризы корневое питание растений усиливается до 15 раз.

Но особое значение в питании растений приобретает поступление таких химических элементов, как фосфор и калий. Ферменты микоризы расщепляют труднодоступные соединения гуминовых соединений с фосфором и калием и передают их растениям в обмен на углеводы. Микориза – это самое мощное средство и способ минерального питания растений. Благодаря своей способности переваривать и расщеплять органические и неорганические соединения гумуса, микориза очищает почву для растений от избытка солей и кислот.

Но есть еще уникальное свойство микоризообразующих грибов – способность к образованию между разными растениями коммуникационных сетей. Достоверно доказано, что грибы способны образовывать микоризу не с одним растением, а одновременно с несколькими, причем разных типов (например, злаковых и широколистных). При установлении этих

коммуникаций происходит перенос питательных веществ от одного растения другому через тело самого гриба и микоризу всех растений, участвующих в данной передаче.

И еще одно очень важное свойство грибов – их сильные противомикробные и противогрибковые свойства. Например, на злаковых растениях обитают грибы Триходерма лигнорум. Эти грибы способны подавлять около 60 бактериальных и грибковых заболеваний, вызывающих корневые и плодовые гнили, семенные инфекции, макроспориоз, фузариоз, фитофтороз, паршу и другие болезни растений. Грибы выделяют в ризосферу большое количество антибиотиков, подавляющих патогенные организмы разного происхождения, и способствуют оздоровлению культурных растений от многих грибковых болезней [8].

Таким образом, при развитии живой почвенной микрофлоры – бактерий и грибов – в почве у выращиваемых культур решается целый ряд проблем [8]:

- увеличивается всасывающая способность влаги;
- увеличивается объем поступающих питательных веществ;
- приобретает устойчивость к погодным почвенным условиям;
- стимулируется рост, цветение и плодоношение культурных растений;
- усиливается иммунитет растений к различным инфекциям;
- растения получают возможность информационного обмена.

Процесс гумификации (образования гумуса) происходит следующим образом. Перерабатывая находящиеся в почве и на почве растительные остатки (детрит), содержащие углерод, а также получая от живых растений углерод в виде глюкозы, почвенная биота растет, множится, умирает. Этот процесс происходит постоянно. Бактериями питаются простейшие (инфузории, амёбы, жгутиковые и др.). Продукт их переработки – первичный гумус, состоящий из относительно простых соединений углерода. Далее за дело берутся черви, жуки, пауки, клещи. Черви, поедая и перерабатывая погибшие бактерии и продукты их жизнедеятельности, делают более сложным по строению, но более плодородным по качеству почвенный материал. Жуки,

пауки и клещи также питаются бактериями, грибами, простейшими, мелкими червями. Продуктами их жизнедеятельности являются сложные органические соединения, представляющие собой гумус.

Грибы в почве погибают при механической обработке. Повторяющиеся года в год механические обработки привели к практически полному уничтожению грибов в почве. В наших почвах нет грибов. Бактерии в почве погибают от применения пестицидов. Конечно, природа пытается восстановить их работу. Однако после химической обработки проходит около двух недель, пока бактерии вновь начинают работать. Культурные растения в этот период голодают. Следует учесть и то, что на монокультуре нет разнообразия бактерий, работают их ограниченные виды. Учитывая, что грибы в нашей почве мы уничтожили, многообразия бактерий в почве тоже не наблюдается, да и работают они по вегетации с перерывами – питание растений в целом получается однобоким, неполноценным. В соответствии с питанием растения формируют урожай.

Жуки, пауки и клещи не выносят применения фунгицидов, а для червей губительным также является применение пестицидов. Если жуков, клещей и пауков можно найти на наших почвах, то дождевых червей точно нет.

Почва, почвенная биота (микроорганизмы), сельскохозяйственные растения, атмосфера, животные на этой почве – это составляющие сложнейшей агроэкосистемы, находящиеся в постоянном взаимодействии. Недоучет человеком всех моментов этого взаимодействия приводит к дисбалансу и выводу агроэкосистемы из равновесия, и, если этот процесс будет продолжаться достаточно долго, – к ее деградации. Много лет мы применяли агроприемы без учета важной роли отдельных составляющих этой агроэкологической системы, без учета того, что большинство составляющих этой системы представляют живые организмы. Противоречием применяемых приемов было то, что при выходе агроэкосистемы из равновесия человек пытался ее вернуть в исходное состояние несоответствующими исходной причине мерами, которые еще более выводили из равновесия и усугубляли положение этой системы.

Таким образом, в условиях зернопаровой монокультуры цепь растительного и животного

мира в почве оказалась разорванной. Увеличение в последние три десятилетия химической нагрузки привело к дальнейшему снижению количества почвенной биоты и появлению в почве новых видов бактериальных патогенов (которые, кстати, могут быть уничтожены очень «жесткой» химией). Механические обработки привели к дисбалансу доли аэробных и анаэробных микроорганизмов в почве и также сократили видовой состав и количество микроорганизмов в почве. В результате всех этих действий армия почвенных животных, по оценкам ученых, уменьшилась на возделываемых почвах по сравнению с целиной в 25–50(!) раз.

Процесс питания и обеспечения влагой растений нарушен. Питание растений непостоянное по вегетации (прерывается во время применения химических средств), неполноценное и однобокое из-за однообразия почвенных бактерий. У растений отсутствует иммунитет к различным инфекциям из-за ежегодного стресса во время применения химических средств, подавления почвенной биоты химическими препаратами и неполноценного питания. Недостаток минеральных элементов, в первую очередь фосфора приводит к ухудшению роста и плодоношения культурных растений. Процесс образования гумуса в почве (гумификации) нарушен. Процесс передачи углерода в почву с помощью почвенной биоты не осуществляется, потому что многих видов этой биоты в почве нет.

Более того, в соответствии с применяемой технологией возделывания зерновых культур, основанной на механических обработках почвы, происходит обратный гумификации процесс – процесс минерализации почвенного азота с потерей углерода. Выход – в чередовании и сочетании культур.

Все эти противоречия возникли от того, что мы пытались «лечить» растения и почву, входящие в сложнейшую агроэкосистему, химией и механическими обработками, не воздействуя на основную причину, которая вывела эту систему из равновесия. Основной причиной «болезни» агроэкосистемы является однообразие и ограниченность растительности при монокультуре зерновых. В соответствии с неверным лечением «болезнь» только усугублялась. Правильным «лечением» является чередование в севообороте различных типов культур. Нигде



природа нам не показывает примера, где на почве повсеместно растет монокультура.

Первые теории о необходимости чередования разных типов сельскохозяйственных культур в севообороте появились в XVIII веке. В XX веке Д.Н. Прянишников указал на необходимость учета четырех групп причин для повышения урожайности сельскохозяйственных культур при правильном их чередовании в севообороте [9]. К ним относятся:

- причины биологического порядка (или влияние правильного чередования культур на уменьшение засоренности сельскохозяйственных культур, количество вредителей и возбудителей болезней);

- причины химического порядка (или влияние правильного чередования культур на условия питания растений);

- причины агрофизического порядка (или влияние правильного чередования культур на агрофизические свойства и влажность почвы);

- причины экономического порядка (или влияние правильного чередования культур на использование техники и рабочей силы).

Анализ показывает, что переход на зерновую монокультуру не улучшает питания растений; не уменьшает засоренность сельскохозяйственных культур, количество вредителей и возбудителей болезней; не уменьшает плотность и не увеличивает влажность почвы; при этом создает напряженные периоды использования техники и рабочей силы весной и осенью при производстве однотипных культур на больших площадях.

Передовой зарубежный опыт, а позднее и научные исследования показали, что все перечисленные причины учитывает система земледелия, включающая севообороты с чередованием разнотипных культур, агроприемы возделывания при минимальном рыхлении почвы и минимальном применении химических обработок. В соответствии с современными представлениями, основанными на многолетнем практическом опыте работы фермеров Северной Америки, нулевая технология характеризуется не отсутствием механических обработок почвы, не безальтернативным применением химии, а прежде всего, применением севооборотов, предполагающих чередование разных типов культур и использование покровных посевов для развития почвенной биоты [10].

## Заключение

Анализ производственного опыта и результатов научных исследований показывает, что сбалансированное развитие культурных растений возможно только при участии живой почвенной биоты. Однако биота уничтожается методами обработки почвы и химическими способами защиты растений.

Рассмотренный комплекс биологических процессов, происходящих в почве, и их взаимосвязь с технологией ведения земледелия позволяет обосновать условия поддержания почвенной биоты и сформулировать требования к технологическим процессам и системе возделывания сельскохозяйственных культур. Усилить развитие почвенной биоты позволяет обоснованная система земледелия на основе плодосмена с применением покровных культур.

## Список литературы

1. Окунев Г. А., Шепелев С. Д., Маринин С. П. Проектирование и организация машиноиспользования в сельском хозяйстве. Челябинск, 2015. С. 136.
2. Эксплуатационно-технологические показатели тракторов / Г. А. Окунев, С. Д. Шепелев, Н. А. Кузнецов, В. Л. Астафьев. Челябинск, 2014. С. 184.
3. Двуреченский В. И. Возделывание зерновых культур на основе новой влагосберегающей технологии и современной техники // Правила возделывания сельскохозяйственных культур. Костанай : ТОО «Издательский дом», 2004. 62 с.
4. Окунев Г. А., Кузнецов Н. А., Рахимов И. Р. Тенденции развития механизированных процессов в земледелии // АПК России. 2004. Т. 68. С. 53–59.
5. Филиппов А. С., Немченко В. В. Технологии применения гербицидов на зерновых культурах в условиях минимальной обработки почвы. Куртамыш : ООО «Куртамышская типография», 2016. 100 с.
6. Сулейменов М. К. Желто-зеленая революция в земледелии Канады. Алматы : ОФППИ «Интерпигал», 2008. 240 с.
7. Cavan G., Cussans J., Moss S. Managing the risks of herbicide resistance in wild oat. *Weed Sci.* 2001. № 49. P. 236–240.
8. Кузнецов А. И. Природное органическое земледелие. М. : ИЛКО, 2016. 39 с.

9. Прянишников Д. Н. Севооборот и его значение в деле поднятия наших урожаев // Избранные труды. М. : Наука, 1976. С. 372–403.

10. Астафьев В. Л. Севооборот и защита растений в условиях засушливого земледелия // АПК России. 2020. Т. 27. № 1. С. 407–412.

---

**Астафьев Владимир Леонидович**, д-р техн. наук, профессор, директор, Костанайский филиал товарищества с ограниченной ответственностью «Научно-производственный центр агроинженерии».

E-mail: vladast01@mail.ru.

\* \* \*

УДК 631.53.027.34

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ НА ИХ ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ**

**А. Т. Ахметшин, Д. Т. Атнагулов, Т. К. Мухамедьянова**

Приведены результаты исследований влияния градиентного магнитного поля на активизацию процессов водопоглощения зерна пшеницы. Установлены зависимости водопоглощения зерна пшеницы от величины магнитной индукции и скорости движения семян в градиентном магнитном поле. Определены наиболее эффективные режимы обработки семян пшеницы сорта «Башкирская» постоянными магнитами модернизированной установки «Циклон-30».

*Ключевые слова:* предпосевная обработка, магнитное поле, постоянный магнит, семена пшеницы, эксперимент, технологические режимы, влагоемкость семян.

На сегодняшний день существует довольно большое количество различных способов электрофизического влияния на семена с целью повышения урожайности и увеличения эффективности аграрного производства. Теоретическими и практическими исследованиями доказано положительное влияние на повышение всхожести обработки семян в магнитном поле, образуемом постоянными магнитами [1]. В семенном материале происходит трансформация характеристик молекул органо-минеральных комплексов интегральной интенсивности ферментов, электропроводности и биопотенциалов мембран и увеличивается их водопоглощение [2, 8]. В клетках повышается ферментативная актив-

ность, гарантирующая их нормальное функционирование и реализацию генетического потенциала. Обработка предпосевных семян в магнитном поле способствует активизации процессов обмена веществ, усилению роста и дальнейшего развития растений в целом. Тем не менее, внедрение таких методов предпосевной обработки семенного материала ограничено.

Важнейшими факторами, сдерживающими распространение электрофизических методов предпосевной подготовки семян, являются высокая стоимость установок для стимуляции семян, а также дополнительные энергозатраты с изменением традиционных технологий предпосевной обработки [3].

Предпосевная обработка семян в магнитном поле обладает рядом преимуществ перед иными электротехнологическими методами. Например, установки с постоянными магнитами транспортерного типа (рис. 1) просты в эксплуатации, имеют меньшую стоимость, не требуют специальных источников питания и могут использоваться в поточных линиях обработки семенного материала.

Нами была существенно модернизирована установка «Циклон-30», состоящая до модернизации из рамы и блока магнитных модулей, для предпосевной обработки семян в градиентном магнитном поле. Технологический процесс заключается в перемещении на транспортерной ленте 3 обрабатываемого посевного материала под блоками постоянных магнитов 4. Изменение скорости движения транспортера имеет плавное регулирование с помощью частотного преобразователя Delta VFD002L, управляющего электродвигателем. Подаваемые семена из бункера равномерно распределяются по ширине транспортера, а датчик запускает его привод с предустановленной скоростью перемещения. Блок магнитных модулей 4 подвешен параллельно ленте транспортера, одновременно с двух концов и содержит два модуля с десятью сверхсильными магнитами (NdFeB – неодим-железо-бор) с чередующейся полярностью и с интервалом 167 мм. Интенсивность воздействия определяется положением блока магнит-

ных модулей по высоте. Перемещение блока магнитных модулей (поднятие и опускание) производится шаговыми электродвигателями. Общее управление установкой осуществляется блоком управления по заранее заданной программе. При этом имеется возможность запрограммировать блок таким образом, чтобы при выборе обрабатываемой культуры параметры (распределение семян по ширине транспортера; высота магнитных модулей; скорость движения ленты) выставлялись автоматически, согласно сохраненным в память программы значениям параметров.

### Методы исследования

Как известно, при воздействии магнитного поля происходит возрастание скорости химических и биохимических клеточных реакций семян. Растворимость кислот и солей в клетках повышается, а водопоглощение семян увеличивается. В результате этого возрастает энергия прорастания и всхожесть семян, что ведет к увеличению урожайности.

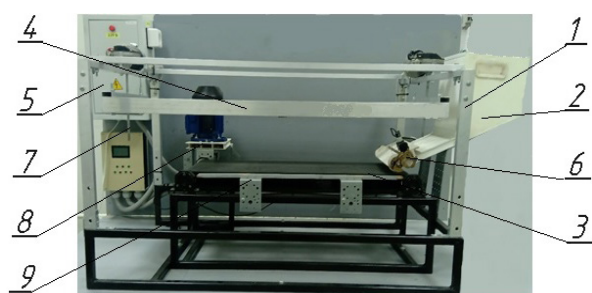
Основываясь на исследованиях, приведенных во многих работах, в частности в [2, 3, 4], обработка семян будет проводиться в градиентном магнитном поле, создаваемом в описанной выше оригинальной установке (рис. 1).

Для проведения экспериментальных исследований был выбран распространенный в Республике Башкортостан сорт пшеницы «Башкирская». Отобранные для проведения экспериментов семена соответствуют посевным качествам, требованиям ГОСТ Р 52325-2005 Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия (с Поправкой).

Оценку эффективности воздействия магнитного поля на водопоглощение вели по повышению содержания влаги относительно контроля [4, 5].

Исследования количественного и качественного влияния магнитной индукции на водопоглощение семян пшеницы проводились с применением теории планирования эксперимента [6, 7]. В качестве факторов принимались величина магнитной индукции (количественная) и скорость движения семян, через магнитное поле (качественная), а выходная величина – удельное водопоглощение.

Удельное водопоглощение определяли из соотношения [4]:



- 1 – рама; 2 – бункер; 3 – транспортер;  
 4 – блок магнитных модулей; 5 – блок управления;  
 6 – распределительное устройство; 7 – винтовой  
 подвес блока модулей; 8 – приводная станция;  
 9 – диамагнитная вставка

Рис. 1. Автоматизированная установка для предпосевной обработки семян постоянным магнитным полем





$$Y = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 \%,$$

где  $m_1$  – масса семян до замачивания;  
 $m_2$  – масса семян после замачивания.

### Экспериментальная часть

Семена с помощью транспортера перемещались через магнитное поле экспериментальной установки, создаваемое блоками постоянных сверхсильных магнитов NdFeB с переменной полярностью, установленных параллельно над лентой транспортера. Магнитную индукцию устанавливали в пределах 25...175 мТл и измеряли универсальным магнитометром МФ-34ФМ Магноскан с преобразователем типа П-1С, зарегистрированным в государственном реестре средств измерений РФ.

Скорость движения семян на транспортной ленте регулировали в пределах 0,1...1,0 м/с, благодаря чему изменяли качественное влияние магнитной индукции.

Контрольные и обработанные семена взвешивались до замачивания и после замачивания в дистиллированной воде в течение 30 минут. Поверхностная влага удаляется с помощью фильтровальной бумаги. Влажность зерна определялась согласно ГОСТ 13586.5-2015 Зерно. Метод определения влажности (с Поправками) влагомером Wile 55, зарегистрированным в государственном реестре средств измерений РФ.

Для взвешивания семян (сухих и увлажненных) применялись электронные весы типа HR-120.

На основе проведенных экспериментальных исследований были выявлены значения нижнего и верхнего уровней фактора, которые составили для магнитной индукции соответственно 20 и 125 мТл, для скорости движения семян – 0,2 и 0,6 м/с.

### Результаты исследований

При изменении скорости движения семян пшеницы от 0 до 0,4 м/с их водопоглощение возрастает, а при дальнейшем увеличении ( $v > 0,4$  м/с) начинает уменьшаться независимо от значений магнитной индукции, это подтверждается во всех повторностях эксперимента (рис. 2).

При 3-секундной экспозиции полем  $B = 100$  мТл изменения в семенах проявляются в течение часа после обработки. В диапазоне скоростей 0,6...1,0 м/с влияние магнитной индукции значительно уменьшается и приводит к большому разбросу результатов. Мы думаем, это вызвано исходным состоянием семенного материала. Наилучшие результаты по магнитной активации семян и производительности установки имеющимися магнитами были получены при скорости 0,4 м/с.

При изменении магнитной индукции от 0 до 75 мТл водопоглощение семян пшеницы возрастает, а при дальнейшем увеличении магнитной индукции более 80 мТл начинает

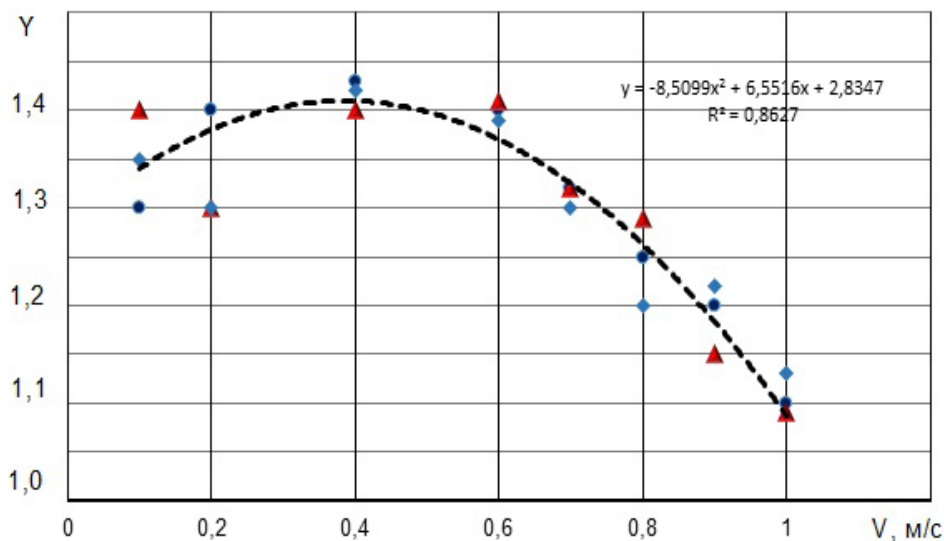


Рис. 2. Зависимость водопоглощения семян пшеницы от скорости движения транспортера

уменьшаться, это подтверждается результатами экспериментов (рис. 3).

Установлено, что при магнитной индукции, превышающей 120 мТл, наблюдается большой разброс результатов. При  $B > 120$  водопоглощение семян изменяется незначительно, но в среднем выше, чем в контроле (8%).

Анализ результатов эксперимента показал, что максимальное водопоглощение семенами находится в диапазоне низких значений магнитной индукции ( $B \leq 75$  мТл). Результаты многофакторного эксперимента о величине водопоглощения от напряженности магнитного поля и скорости прохождения семян ( $v$ ) через магнитное поле представлены на рисунке 4.

По результатам проведенного многофакторного эксперимента получены уравнения регрессии, которые в физических величинах имеют вид:

$$Y = -8,51v^2 + 0,0004B^2 + 6,55v - 0,005B + 1,63.$$

Поступление воды на самом начальном этапе прорастания семян вызывает активизацию ранее накопленных гормонов и синтез их дополнительных количеств. При этом возрастающие концентрации биологически активных веществ воздействуют на динамику ключевых морфогенетических процессов и способствуют активации роста и развития растений [5].

### Выводы

На основе проведенных исследований установлено, что предпосевная обработка семян пшеницы сорта «Башкирская» градиентным магнитным полем, создаваемым постоянными сверхсильными магнитами NdFeB с переменной полярностью, благоприятно влияет на процесс водопоглощения семян. По результатам проведенного многофакторного эксперимента получена зависимость водопоглощения

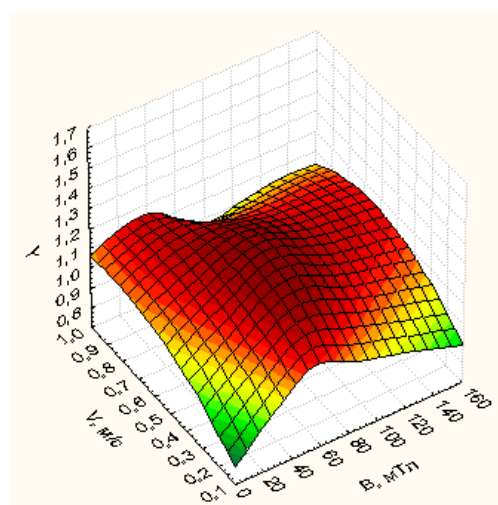


Рис. 4. Зависимость водопоглощения ( $Y$ ) семян пшеницы от магнитной индукции ( $B$ ) при скорости движения транспортера ( $v$ )

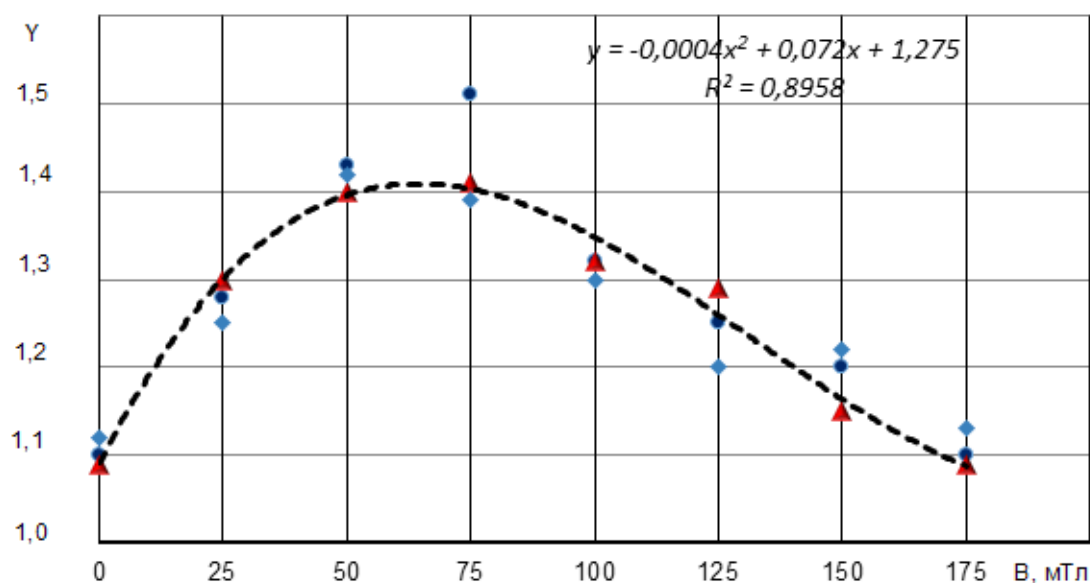


Рис. 3. Зависимость водопоглощения семян пшеницы от магнитной индукции при скорости движения транспортера 0,4 м/с



семян пшеницы от скорости их движения в градиентном магнитном поле и величины магнитной индукции.

Наиболее эффективным режимом обработки семян пшеницы в модернизированной установке «Циклон-30» является пропускание семян со скоростью  $v = 0,4$  м/с через градиентное магнитное поле со значением магнитной индукции  $B = 75$  мТл.

### Список литературы

1. Вахнина Г. Н. Содержательное описание функциональной модели ресурсосберегающей технологии с магнитным полем постоянных магнитов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 5. Ч. 1. С. 17–22.
2. Савченко В. В., Синявский А. Ю. Влияние энергетической дозы обработки в магнитном поле на посевные качества семян сельскохозяйственных культур // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 3 (18). С. 96–102.
3. Старухин Р. С. Повышение эффективности предпосевной обработки семян яровой пшеницы с использованием низкочастотного

электрического поля : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Барнаул, 2012. 23 с.

4. Механизм увеличения водопоглощения семян под воздействием магнитного поля / К. Х. Попандопуло, Н. В. Ксенз, И. Г. Сидорцов, Б. Н. Сорокин // Вестник аграрной науки Дона. 2010. № 1. С. 10–15.

5. Верхов Д. Г. Влияние переменного магнитного поля на физические характеристики сложных многокомпонентных систем в водной среде : дис. ... канд. физ.-мат. наук. Саратов, 2016. 116 с.

6. Богатина Н. И., Шейкина Н. В. Влияние магнитных полей на растения // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Сер. : Биология, химия. 2010. Т. 23 (62). № 4. С. 45–55.

7. Леднев В. В. Биоэффекты слабых комбинированных, постоянных и переменных магнитных полей // Биофизика. 1996. Т. 41. № 1. С. 224–232.

8. Холодов Ю. А. Влияние магнитных полей на биологические объекты / под ред. Ю. А. Холодова. М. : Наука, 1971. 215 с.

---

**Ахметшин Артур Талгатович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ.

E-mail: artur-2506@mail.ru.

**Атнагулов Динар Талгатович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ.

E-mail: dinar-atnagulov@yandex.ru.

**Мухамедьянова Тансулпан Камиловна**, магистр 2-го курса, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ.

E-mail: t.mukhamedyanova@mail.ru.

\* \* \*

УДК 635.21+631.527(575.2)

## ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ ЧЕЛЯБИНСКИХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ В КЫРГЫЗСТАНЕ

**А. А. Васильев, О. В. Гордеев, А. Ж. Асаналиев, В. А. Султанбаева,  
Т. Т. Дergiлева, Т. А. Айдаралиев, Н. Д. Дуйшембиев**

В условиях Челябинской области проведена оценка (в 2015–2019 гг.) адаптивного потенциала сортов картофеля челябинской селекции. Выделен экологически пластичный и стабильный сорт Кавалер (43,6 т/га;  $b_i = 1,22$ ;  $S_i^2 = 49,9$ ), а также пластичный, но недостаточно стабильный сорт Каштак (45,8 т/га;  $b_i = 1,16$ ;  $S_i^2 = 72,9$ ). Высокую продуктивность имели сорта интенсивного типа Ицил (47,0 т/га;  $b_i = 1,80$ ) и Браслет ( $b_i = 1,64$ ). Среди нейтральных сортов высокой урожайностью отличается среднеспелый сорт Кузовок (40,3 т/га). Высокой крахмалистостью клубней отличаются сорта Ицил (18,0%), Каштак (17,7%) и Кавалер (17,2%). Они обеспечивают сбор крахмала с единицы площади 7,50–8,47 т/га. Сорт картофеля Губернатор пригоден для диетического питания (содержание крахмала в клубнях – 13,4%). Эколого-географические испытания челябинских сортов картофеля в условиях Республики Кыргызстан позволили выделить сорта, перспективные для этого региона. В 2019 году сорт Губернатор сформировал урожайность клубней 39,8 т/га, а среднеспелый сорт Кавалер – 39,0 т/га, что соответствовало уровню продуктивности сорта Джелли (39,7 т/га), районированного в Кыргызстане.

*Ключевые слова:* картофель, сорт, пластичность, стабильность, эколого-географическое испытание, Кыргызстан, урожайность, крахмалистость.

Картофель является важнейшей продовольственной культурой мирового значения [1]. Его выращивают в самых разнообразных почвенно-климатических условиях нашей планеты, в том числе в Кыргызстане [2, 3]. Важную роль при внедрении новых сортов в производство играют его продуктивность, устойчивость к болезням и вредителям, адаптивная способность, экологическая пластичность и стабильность урожая [4, 5, 6].

Экологическое сортоиспытание – завершающий этап селекционного процесса, предшествующий передаче новых сортов на государственное испытание. Используется в нашем институте с 2000 г. в рамках науч-

ных учреждений Координационного совета (Уральский НИИСХ, Сибирский НИИСХ, Башкирский НИИСХ, Татарский НИИСХ, Самарский НИИСХ, Удмуртский НИИСХ, Оренбургский НИИСХ, Костанайский НИИСХ). Этот метод позволяет выделить адаптивные сорта, способные приспосабливаться к широкому диапазону варьирования абиотических (зона, почва, температура, осадки и т.д.) и биотических факторов (болезни, вредители и т.д.) [7, 8, 9].

**Цель исследований** – изучение перспективных сортов картофеля челябинской селекции в условиях Челябинской области и Кыргызской Республики.



### Методика и условия проведения исследований

Объектом исследований являлись 7 сортов картофеля челябинской селекции: Браслет, Губернатор, Ицил (среднеранние), Захар, Кавалер, Каштак, Кузовок (среднеспелые). В качестве контроля использовались районированные сорта среднераннего срока созревания: в Республике Кыргызстан – Джелли, в Челябинске – Невский.

Исследования проведены в лесостепной зоне Челябинской области в 2015–2019 гг. на опытном поле Южно-Уральского научно-исследовательского института садоводства и картофелеводства – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, а в 2019 г. параллельно на базе Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина (г. Бишкек), расположенного в северной, северо-западной части республики, в Чуйской области Кыргызской Республики (рис. 1).

Почва опытного участка в РФ – чернозем выщелоченный среднесуглинистый с содержанием гумуса (по Тюрину) – 5,90–7,26%, легкогидролизуемого азота (по Тюрину и Кононовой) – 7,0–7,9 мг/100 г, подвижного фосфора (по Чирикову) – 11,8–16,0 мг/100 г, обменного

калия (по Чирикову) – 19,3–25,7 мг/100 г почвы,  $pH_{\text{сол}}$  – 5,12–5,28 (слабокислая). Предшественник – чистый пар. Посадку проводили во второй декаде мая клубнями массой 50–80 г на глубину 6–8 см. Схема посадки 75×28 см (47,6 тыс. клубней на 1 га).

Почва опытного участка в Республике Кыргызстан – светло-каштановая, содержащая в пахотном слое (0–25 см) гумуса 1,77%, общего азота – 0,09%, подвижного фосфора – 48 мг/кг, обменного калия – 160 мг/кг,  $pH_{\text{сол}}$  – 7,85 (нейтральная). Предшественник – озимая пшеница. Посадку картофеля провели 15 апреля 2019 г. при прогревании почвы на глубине посадки до 10 °С. Для посадки использовали семенные клубни массой 50–80 г. Схема посадки 70×30 см (47,6 тыс. клубней на 1 га). Глубина посадки – 6–8 см.

Опыты закладывали в четырехкратной повторности в соответствии с классическими методиками [10, 11]. Размещение вариантов в повторениях рендомизированное. Площадь делянки – 13,5 м<sup>2</sup>. Обработку данных проводили методом дисперсионного анализа [12].

Проведены фенологические наблюдения, учеты биометрических параметров растений.

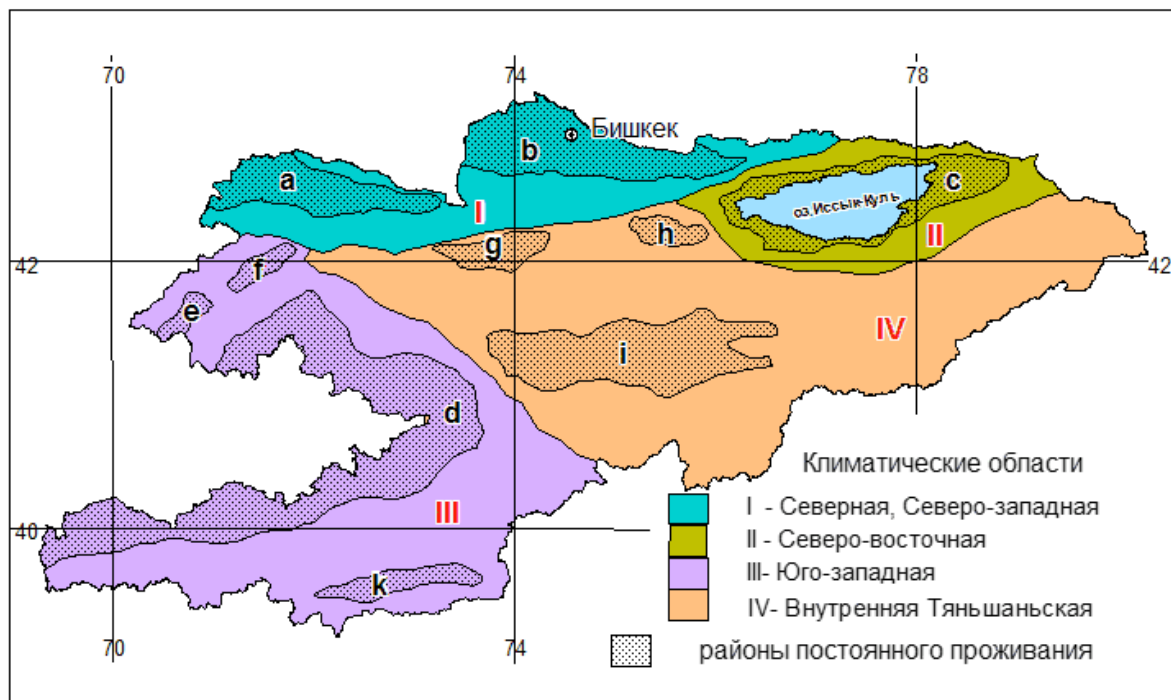


Рис. 1. Климатические зоны и долины Республики Кыргызстан: а – Таласская; б – Чуйская; с – Иссык-Кульская; д – Ферганская; е – Ангренская; ф – Чаткальская; г – Суусамырская; h – Кочкорская; i – Нарынская; k – Алайская

Продуктивность сортов картофеля определяли весовым методом, содержание в клубнях крахмала – по удельному весу [13]. Адаптивные свойства сортов картофеля в РФ определяли по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell в изложении В.А. Зыкина [14].

В ходе статистического анализа использовали методы описательной статистики и выборочных сравнений. Средние значения показателей снабжали 95%-ми доверительными интервалами (95% ДИ), вычисленными процедурой непараметрического бутстрепа (метод процентилей,  $n = 99999$ ). Для выборочных сравнений данные предварительно преобразовывали с помощью нормализующего преобразования Бокса – Кокса [15]. Сравнение урожайности 8 сортов картофеля в Челябинской области в 2015–2019 гг. проводили в ходе двухфакторного (факторы: «Сорт» и «Год») дисперсионного анализа с единственным наблюдением на ячейку комплекса. Значимость взаимодействия факторов оценивали критерием неаддитивности Тюки. Сравнение урожайности 7 челябинских сортов картофеля, выращенных в Челябинской области и Республике Кыргызстан в 2019 г., проводили с помощью парного критерия Стьюдента. Расчеты выполнены в пакете PAST [16]. Статистически значимыми считали эффекты при  $P \leq 0,05$ .

В Челябинской области погодные условия вегетационного периода (май-август) по величине гидротермического коэффициента (по Селянинову) оценивались в 2015 г. как влажные (ГТК = 1,60), в 2016-м, 2018-м и 2019 гг.

– как недостаточно влажные (ГТК = 0,93; 1,16 и 0,91 соответственно), а в 2017 г. – как оптимально влажные (ГТК = 1,44).

В Республике Кыргызстан вегетационный период в 2019 г. (апрель-август) был засушливым (ГТК = 0,50). Среднесуточная температура апреля составила в среднем 14,0 °С, мая – 17,7 °С, июня – 23,2 °С, июля – 28,8 °С, августа – 25,6 °С. Сумма осадков за вегетацию не превышала 169 мм (апрель – 81, май – 41, июнь – 31, июль – 6, август – 10 мм). Возделывание картофеля в опыте, как и в Кыргызстане в целом осуществляется в условиях орошения.

### Результаты исследований

Экологическое испытание перспективных сортов картофеля в условиях Южно-Уральского научно-исследовательского института садоводства и картофелеводства – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в период 2015–2019 гг. показало, что все сорта челябинской селекции формируют высокую урожайность клубней – от 33,1 до 47,0 т/га. Исключение составил сорт Губернатор со средней продуктивностью за пятилетний период 29,1 т/га (табл. 1).

Оценка адаптивного потенциала изученных сортов показала, что сорта Ицил ( $b_i = 1,80$ ) и Браслет ( $b_i = 1,64$ ) относятся к сортам интенсивного типа. Сорт Кавалер характеризуется как экологически пластичный и стабильный ( $b_i = 1,22$ ;  $S_i^2 = 49,9$ ), тогда как сорт Каштак – пластичный ( $b_i = 1,16$ ), но недостаточно стабильный по урожайности ( $S_i^2 = 72,9$ ). Сорта Губернатор, Захар и Кузовок относятся к сортам

Таблица 1 – Урожайность и параметры стабильности среднеранних сортов картофеля в Челябинской области, т/га

Сорт	Урожайность, т/га						Параметры		КА
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	$b_i$	$S_i^2$	
<b>Невский (st)</b>	<b>54,3</b>	<b>42,5</b>	<b>27,3</b>	<b>43,7</b>	<b>24,4</b>	<b>38,4</b>	<b>1,49</b>	<b>47,4</b>	<b>0,95</b>
Губернатор	25,7	27,2	30,1	36,0	26,7	<b>29,1</b>	0,23	19,5	0,75
Кавалер	59,1	46,4	33,1	46,0	33,3	<b>43,6</b>	1,22	49,9	1,09
Ицил	54,9	33,1	34,5	70,2	42,4	<b>47,0</b>	1,80	93,4	1,17
Захар	38,6	27,1	33,0	35,1	32,0	<b>33,1</b>	0,32	16,2	0,85
Браслет	47,0	46,5	34,8	56,0	20,2	<b>40,9</b>	1,64	61,2	1,01
Кузовок	36,2	34,9	46,0	47,5	37,0	<b>40,3</b>	0,14	45,7	1,04
Каштак	55,2	49,9	27,0	52,6	44,3	<b>45,8</b>	1,16	72,9	1,15
<b>Среднее</b>	<b>46,4</b>	<b>38,5</b>	<b>33,2</b>	<b>48,4</b>	<b>32,5</b>	<b>39,8</b>	–	–	
Индекс $I_i$	6,6	–1,3	–6,6	8,6	–7,3	–	–	–	
НСР <sub>05</sub>	3,5	3,3	2,9	4,7	2,8	–	–	–	



нейтрального типа и слабо реагируют на изменение условий выращивания.

Двухфакторный дисперсионный анализ многолетних данных по урожайности клубней показал, что статистически значимые различия наблюдались как между сортами, так и между годами исследований. При этом критерий Тьюки на неаддитивность не выявил взаимодействия рассматриваемых факторов ( $F_{(1; 28)} = 2,26$ ;  $P = 0,145$ ), что указывает на относительное постоянство рейтинга урожайности сортов независимо от года (табл. 2).

Эколого-географическое испытание 3 среднеранних и 4 среднеспелых сортов картофеля челябинской селекции (2 из них интенсивных, 3 нейтральных и 2 экологически пластичных) в Республике Кыргызстан позволило увидеть различия в сортовой реакции на изменение условий выращивания.

В 2019 г. в условиях долинной зоны Чуйской области Республики Кыргызстан всходы среднераннего сорта картофеля Ицил появились на 16-й день после посадки, у стандарта (Джелли) – на 17-й, у среднеранних сортов Браслет и Губернатор – на 18-й. У среднеспелых сортов Кузовок всходы отмечались на 22-й, Кавалер – на 23-й, Захар и Каштак – на 24-й день после закладки опыта. Тогда как в условиях Челябинской области различия между сортами не столь существенны: всходы здесь обычно появляются на 20–23-й день после посадки.

Межфазный период «всходы – бутонизация» у среднеранних сортов в условиях Кыргызстана составлял 16–18 дней (за исключением сорта Ицил – 12 дней), а у среднеспелых сортов картофеля – 21–22 дня. На Урале в 2015–2019 гг. продолжительность этого периода варьировала от 20 до 22 дней.

Межфазный период «бутонизация – цветение» у среднеранних сортов составлял 12–13 дней, у среднеспелых сортов Кузовок

и Кавалер – 11 дней, Захар – 12 дней, Каштак – 14 дней. Тогда как в условиях Челябинской области этот период обычно составляет 9–10 дней.

По продолжительности периода «всходы – увядание ботвы» изученные сорта картофеля в Республике Кыргызстан расположились в следующем порядке: Ицил – 74, Джелли – 77, Браслет – 81, Губернатор – 82, Кузовок – 85, Кавалер – 88, Каштак – 89 и Захар – 91 день. В то время как на Урале этот период в 2015–2019 гг. обычно составлял 78–80 дней.

По результатам первого года испытания картофеля в условиях Кыргызской Республики среди челябинских сортов выделились среднеранний сорт Губернатор и среднеспелый сорт Кавалер, которые по продуктивности (39,8 и 39,0 т/га соответственно) не уступали районированному в Кыргызстане сорту-стандарту Джелли (39,7 т/га) (табл. 3).

Среднеранний сорт картофеля Ицил сформировал урожай клубней 36,0 т/га, а среднеспелый сорт Захар – 32,7 т/га. Оставшиеся сорта челябинской селекции в условиях 2019 года заметно уступали по продуктивности (Браслет – 29,7 т/га, Кузовок – 25,2 и Каштак – 20,8 т/га) сорту-стандарту Джелли.

Сравнение урожайности 7 челябинских сортов в 2019 г. на территории Челябинской области и в Республике Кыргызстан показало, что в целом они демонстрируют сходную среднюю урожайность: соответственно – 33,7 т/га (95% ДИ: 27,8–39,3) и 31,9 т/га (95% ДИ: 26,9–36,6). Различия в урожайности данного набора сортов были статистически незначимыми: парный критерий Стьюдента  $t_{(6)} = 0,31$ ;  $P = 0,768$ . Тем не менее, сорта отличались различной реакцией генотипа на разные эколого-географические условия. Так, сорт Захар (нейтральный в Челябинской области) подтвердил свое экологическое реноме: его урожайность в 2019 г. в Челябинске составила 32,1 т/га, в Кыргызстане – 32,7 т/га.

Таблица 2 – Результаты дисперсионного анализа данных по урожайности 8 сортов картофеля в Челябинской области в 2015–2019 гг.

Источник изменчивости	Сумма квадратов <i>SS</i>	Степени свободы <i>df</i>	Средний квадрат <i>MS</i>	<i>F</i> -критерий	Оценка значимости <i>P</i>
Сорт	1,358	7	0,194	2,64	0,032
Год	1,738	4	0,434	5,91	0,001
Ошибка	2,057	28	0,073	–	–
Всего	5,153	39	–	–	–

Экологически пластичный сорт Кавалер и сорт интенсивного типа Ицил имели несущественные различия по урожайности в зависимости от места испытания (разница в пределах  $\pm 18\%$ ). Тогда как сорта картофеля Губернатор и Браслет по урожайности клубней в Кыргызстане

в 1,5 раза превосходили уровень продуктивности на Южном Урале. Противоположная реакция отмечена у сортов Кузовок и Каштак, которые снижали свою продуктивность в 2019 г. в условиях Кыргызстана в 1,5 и 2,1 раза соответственно.

Таблица 3 – Урожайность челябинских сортов картофеля в условиях Республики Кыргызстан, 2019 г.

Название сорта	Урожайность клубней, т/га	Товарность урожая, %	Количество клубней, шт./куст	Средняя масса клубня, г
Джелли (st)	39,7	95,5	9,5	87,8
Губернатор	39,8	92,2	9,5	88,0
Кавалер	39,0	95,1	9,0	91,1
Ицил	36,0	93,9	8,5	89,0
Захар	32,7	90,0	8,4	81,9
Браслет	29,7	95,9	7,6	82,0
Кузовок	25,2	88,7	5,7	92,8
Каштак	20,8	88,8	6,1	71,6
НСР <sub>05</sub>	3,0	1,0	0,4	5,1

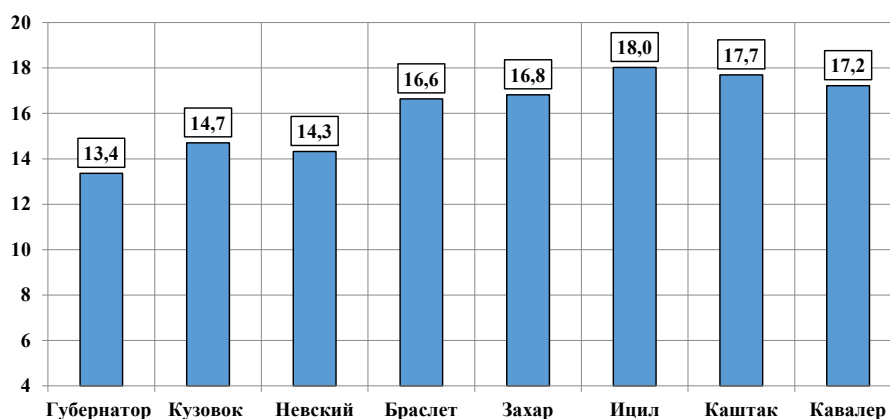


Рис. 2. Крахмалистость изученных сортов картофеля в условиях Челябинской области, % (в среднем за 2015–2019 гг.)

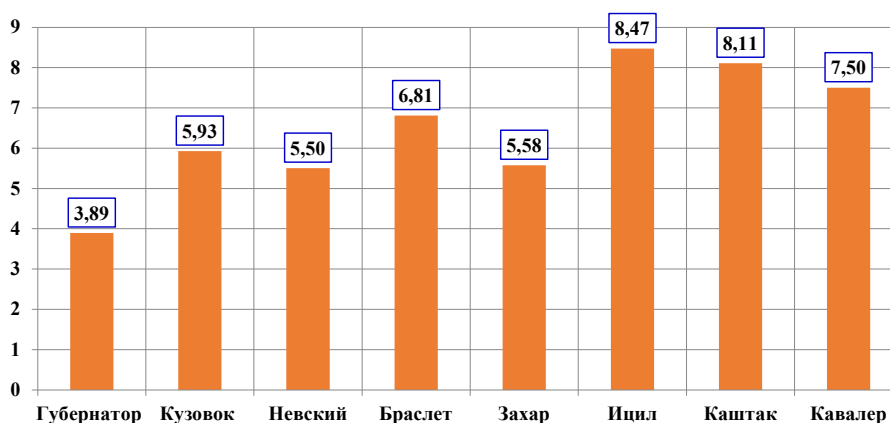


Рис. 3. Сбор крахмала с единицы площади картофеля в условиях Челябинской области, т/га (в среднем за 2015–2019 гг.)





Среди изученных сортов картофеля в Челябинской области наибольшую крахмалистость клубней имели Ицил (18,0%), Каштак (17,7%) и Кавалер (17,2%). Достаточно высоким этот показатель был у сортов Браслет и Захар (16,6–16,8%), тогда как у сортов Невский и Кузовок содержание крахмала в клубнях не превышало 14,7%. Наименьшее значение этого показателя было у сорта Губернатор (13,4%), клубни которого пригодны для диетического питания (рис. 2).

Наибольшую пригодность для производства крахмала имеют сорта Ицил, Каштак и Кавалер, сбор крахмала с 1 га у которых варьировал в пределах от 7,50 до 8,47 т/га (рис. 3).

### Заключение

1. Оценка адаптивного потенциала картофеля позволила выделить экологически пластичные сорта челябинской селекции: Кавалер (43,6 т/га;  $b_i = 1,22$ ;  $S_i^2 = 49,9$ ) и Каштак (45,8 т/га;  $b_i = 1,16$ ;  $S_i^2 = 72,9$ ). Сорта картофеля Ицил (47,0 т/га;  $b_i = 1,80$ ) и Браслет ( $b_i = 1,64$ ) относятся к сортам интенсивного типа, то есть хорошо отзываются на приемы интенсификации технологии возделывания картофеля. Три сорта картофеля (Губернатор, Захар и Кузовок) относятся к нейтральному типу, то есть не подвержены существенным изменениям по уровню продуктивности в условиях Челябинской области. Сорт Кузовок при этом формирует высокий урожай клубней (40,3 т/га).

2. Наибольшую пригодность для производства картофеля на Урале имеют среднеранний сорт картофеля Ицил (с содержанием крахмала в клубнях 18,0%), а также среднеспелые сорта Каштак (17,7%) и Кавалер (17,2%). Они обеспечивают сбор крахмала с единицы площади (от 7,50 до 8,47 т/га) на 36–54% больше, чем у сорта Невский (5,50 т/га). Сорт картофеля Губернатор пригоден для диетического питания, так как крахмалистость клубней у него (13,4%) ниже, чем у сорта Невский (14,3%).

3. В условиях Республики Кыргызстан отмечена различная реакция челябинских сортов на изменение условий выращивания. Довсходовый период у сорта Ицил сократился на 4 дня, у сортов Браслет и Губернатор – на 3 дня по сравнению с Южным Уралом. У сортов Кузовок и Кавалер этот период остался без изменений, тогда как у сортов Захар и Каштак всходы в 2019 г. появились на 24-й день после

посадки, то есть на 1–2 дня позже, чем обычно в Челябинской области. Межфазный период «всходы – бутонизация» у сортов Губернатор и Браслет в условиях Кыргызстана сократился на 4–5 дней, у сорта Ицил – на 8–9 дней, а у среднеспелых сортов остался без изменения. В противоположность этому межфазный период «бутонизация – цветение» в Кыргызстане увеличился у среднеранних сортов на 2–3 дня, у среднеспелых сортов Кузовок и Кавалер – на 1 день, Захар – на 2 дня, на Каштак – на 4 дня. Продолжительность периода «всходы – увядание ботвы» в Кыргызстане у среднеспелых сортов увеличилась на 5–11 дней, Браслет и Губернатор – на 3–4 дня, а сорта Ицил – сократилась на 4 дня по сравнению с аналогичным периодом в Челябинской области.

4. По продуктивности в условиях Кыргызстана среди челябинских сортов картофеля в 2019 г. выделились среднеранний сорт Губернатор (39,8 т/га) и среднеспелый сорт Кавалер (39,0 т/га), не уступающие районированному стандарту (Джелли – 39,7 т/га).

### Список литературы

1. Application of tissue culture techniques in potato / T. P. Morais [et al.] // Bioscience Journal. 2018. Vol. 34. № 4. P. 952–969.
2. Асаналиев А. Ж. Пищевая и семенная цепочки в сельском хозяйстве Кыргызстана и торговля // Доклады Таджикской академии сельскохозяйственных наук. 2015. № 3 (45). С. 17–26.
3. Карабаев Н. А., Дуйшембиев Н. Д., Карабаев Н. Н. Реалии и перспективы развития культуры земледелия страны // Известия вузов Кыргызстана. 2016. № 11–1. С. 65–69.
4. Анненков Б. Г., Глаз Н. В., Победина И. А. Научно-методические основы создания, испытания и внедрения вирусоустойчивых сортов картофеля в российском Приамурье // Современные биотехнологические и фитопатологические исследования в Российском Приамурье: сб. науч. трудов. Хабаровск, 1998. С. 13–21.
5. Vasilev A. A., Gorbunov A. K. Problems of Obtaining Planned Potato Harvests in the Southern Urals // Russian Agricultural Sciences. 2018. Vol. 44. № 6. P. 510–515.
6. Экологическая пластичность и стабильность сортов картофеля селекции Костанайского НИИСХ / Н. В. Глаз [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 2 (50). С. 13–22.

7. Дергилев В. П., Дергилева Т. Т. Селекция картофеля с использованием экологического испытания // Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля : сб. науч. тр. Челябинск, 2007. Т. IX. С. 78–85.

8. Дергилева Т. Т. Результаты экологического испытания сортов и гибридов картофеля в условиях Южного Урала // Сорта и технологии возделывания картофеля в современных условиях : матер. XIX Инновационного совета НИУ Урала, Западной Сибири, Поволжья и Северного Казахстана по картофелеводству. Казань, 2013. С. 53–57.

9. Дергилева Т. Т., Удовицкий А. С. Экологическое испытание иностранных сортов картофеля на Южном Урале // Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля : сб. науч. тр. Челябинск, 2015. Т. XVII. С. 273–280.

10. Методика исследований по культуре картофеля. М., 1967. 262 с.

11. Международный классификатор СЭВ видов картофеля секции Tuberosum (DUM), ВУК рода *Solanum L.* / Всесоюзный НИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова. Л., 1984. 44 с.

12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.

13. Методика физиолого-биохимических исследований картофеля. М., 1989. 142 с.

14. Зыкин В. А., Мешков В. В., Сапега В. А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации. Новосибирск, 1984. 23 с.

15. Hammer O., D. Harper A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontologia Electronica. 2001. № 1. P. 1–9.

16. Osborne J. W. Improving your data transformations: Applying the Box-Cox transformation // Practical Assessment, Research & Evaluation. 2010. V. 15. № 12. P. 1–9.

---

**Васильев Александр Анатольевич**, д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела картофелеводства, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН.

E-mail: kartofel\_chel@mail.ru.

**Гордеев Олег Власович**, д-р техн. наук, заведующий отделом картофелеводства, старший научный сотрудник, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН.

E-mail: kartofel\_chel@mail.ru.

**Асаналиев Абдыбек Жекшеевич**, д-р с.-х. наук, доцент, ученый секретарь, Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина.

E-mail: knau-info@mail.ru.

**Султанбаева Виктория Асановна**, зав. кафедрой растениеводства и защиты растений, Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина.

E-mail: knau-info@mail.ru.

**Дергилева Тамара Тихоновна**, старший научный сотрудник отдела картофелеводства, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН.

E-mail: kartofel\_chel@mail.ru.

**Айдаралиев Таалайбек Алимбекович**, канд. с.-х. наук, директор департамента по экспертизе сельскохозяйственных культур, Департамент по экспертизе сельскохозяйственных культур Министерства сельского хозяйства, пищевой промышленности и мелиорации Кыргызской Республики.

E-mail: knau-info@mail.ru.

**Дуйшембиев Нурдин Дуйшембиевич**, д-р с.-х. наук, и. о. профессора, доцент, Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина.

E-mail: knau-info@mail.ru.

\* \* \*

УДК 581.1+635.21:631.5

## ОЦЕНКА АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА КОЛЛЕКЦИИ КАРТОФЕЛЯ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА САДОВОДСТВА И КАРТОФЕЛЕВОДСТВА

**А. А. Васильев, Т. Т. Дергилева, В. П. Дергилев**

Оценка 217 сортов коллекции картофеля по параметрам экологической пластичности и стабильности позволила выделить 114 сортов с высокой адаптивностью к условиям Южного Урала. В условиях глобального изменения климата наибольший интерес для дальнейшего использования в селекции имеют 24 сорта картофеля, сочетающие экологическую пластичность и стабильность урожая (в их числе челябинские сорта Кавалер, 06.547.11 и 08.17.1). В селекционном процессе найдут применение 21 пластичный сорт с высокой или повышенной урожайностью, но недостаточной ее стабильностью (в их числе Каштак и 05.62.13 местной селекции). Особое значение для селекционной науки и практики имеют 45 сортов интенсивного типа с высокой отзывчивостью на улучшение условий выращивания. В этом числе 8 сортов челябинской селекции – Ицил, Спиридон, Тарасов, 94.14.6, 2097/16, 05.60.24, 04.2.13, 06.18.7. Для повышения стабильности картофелеводства интересны высокопродуктивные сорта нейтрального типа, не реагирующие на ухудшение условий выращивания. В челябинской коллекции таких сортов 20, из них 4 образца местной селекции (98.1.29, 04.1.97, 05.22.57 и 09.23.30).

*Ключевые слова:* картофель, сорт, продуктивность, экологическая пластичность, стабильность, адаптивность.

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) – важнейшая сельскохозяйственная культура, во многом определяющая продовольственную безопасность нашей страны. Главным фактором успешного ведения картофелеводства является использование высокопродуктивных сортов, сочетающих высокую адаптивную способность и устойчивость к возбудителям болезней и вредителям. В этом отношении сорт служит своеобразным фундаментом, на основе которого реализуются другие достижения научно-технического прогресса (современная техника, удобрения, средства защиты, регуляторы роста и развития растений, мелиорация и т.д.) [1, 2]. В условиях глобального изменения климата усиливается

флуктуация лимитирующих факторов, а как следствие возрастает значение экологической пластичности возделываемых сортов [3, 4]. Высокая урожайность при этом достигается за счет сочетания в генотипе высокой потенциальной продуктивности и устойчивости к неблагоприятным экологическим факторам [5]. Понятия «пластичность» и «стабильность» характеризуют потенциал модификационной и генотипической изменчивости отдельных признаков и видов растений. Пластичность – это способность к изменчивости признаков, а также их стабильность под действием экологических факторов, она считается неотъемлемым и необходимым свойством адаптивности [6].

Селекция картофеля на Южном Урале ведется по классической 10-летней схеме. Неотъемлемая часть селекционного процесса – коллекционный питомник, где осуществляется изучение исходного материала и отбора родительских форм по важнейшим хозяйственно-ценным признакам [7]. В настоящее время генетическая коллекция картофеля ЮУНИИСК – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН включает 280 сортообразцов отечественной и зарубежной селекции. Оценка образцов коллекционного питомника на экологической пластичности до настоящего времени не осуществлялась.

**Цель исследований** – дать оценку коллекции картофеля ЮУНИИСК – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН по параметрам экологической пластичности и стабильности в условиях Южного Урала.

#### Материал и методы исследования

Исследования были проведены в 2015–2019 гг. на опытных полях Южно-Уральского научно-исследовательского института садоводства и картофелеводства – филиала ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН». Почва участка представлена среднесуглинистым щелочным черноземом с содержанием гумуса (по Тюрину) – 5,90–7,26%, легкогидролизуемого азота (по Тюрину и Кононовой) – 7,0–19,2 мг/100 г, подвижного фосфора (по Чирикову) – 11,8–16,0 мг/100 г, обменного калия (по Чирикову) – 17,1–25,7 мг/100 г почвы,  $pH_{\text{сол}}$  – 5,02–5,28.

Объектом исследования служили 217 сортов картофеля коллекционного питомника института, включая: 52 сорта раннего, 64 – среднераннего, 82 – среднеспелого, 13 – среднепозднего и 6 сортов позднего срока созревания. В качестве стандартов использовали сорта: Розара (ранний), Невский (среднеранний), Тарасов (среднеспелый) и среднепоздний сорт Лорх (для сортов среднепозднего и позднего срока созревания).

Опыты закладывали в двукратной повторности в соответствии с классическими методиками [8]. Размещение вариантов рендомизированное по повторениям. Площадь делянки – 13,5 м<sup>2</sup>. Предшественник картофеля – чистый пар, агротехника картофеля – общепринятая для зоны. Посадку проводили во второй декаде мая клубнями массой 50–80 г на глубину 6–8 см.

Схема посадки 75×50 см. Обработку данных проводили методом дисперсионного анализа [9]. Параметры экологической пластичности сортов определяли по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell в изложении В.А. Зыкина [10].

Погодные условия в период исследований были различными. По гидротермическому коэффициенту (по Селянинову) вегетационный период (май-август) 2015 г. был признан влажным (ГТК = 1,60), 2016, 2018 и 2019 гг. – недостаточно влажным (ГТК = 0,93; 1,16 и 0,91 соответственно), а 2017 г. – оптимально влажным (ГТК = 1,44).

#### Результаты исследований

Наиболее благоприятные метеорологические условия для выращивания картофеля складывались в 2018 году, когда средняя урожайность изученных сортов составила 29,0 т/га, а индекс среды ( $I_i$ ) достигал 5,2. Погодные условия 2015 г. оцениваются как хорошие ( $I_i = 4,6$ ), а 2016-го и 2017 гг. – как удовлетворительные ( $I_i = -0,9$  и  $-2,8$ ), средняя продуктивность сортов при этом составила соответственно 28,4 т/га, 22,7 и 21,0 т/га. Экстремальными для картофеля оказались условия 2019 г., когда средняя урожайность изученных сортов составила 17,7 т/га, а индекс среды был отрицательным ( $-6,1$ ).

Потенциальное плодородие почвы и минеральные удобрения ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ), внесенные под предпосадочную обработку, обеспечивали получение урожая картофеля: в 2015 г. – 25,4 т/га, в 2016 г. – 18,8 т/га, в 2017 г. – 17,6 т/га, в 2018 г. – 19,9 т/га, в 2019 г. – 25,2 т/га. В среднем за 2015–2019 гг. можно было ожидать урожайность картофеля на уровне 21,4 т/га, тогда как фактическая урожайность изученных сортов варьировала от 6,9 т/га (Актюбинский фиолетик) до 36,9 т/га (Славянка и Леони). Заданную продуктивность обеспечили 149 сортов. Очевидно, что оставшиеся 68 сортов с низкой урожайностью не стоит рассматривать в качестве источников высокой продуктивности картофеля.

По уровню продуктивности 149 сортов разбили на 3 группы: 1) высокоурожайные сорта (от 30 до 36,9 т/га); 2) сорта с повышенной продуктивностью (от 25,1 до 29,9 т/га); 3) сорта с удовлетворительной продуктивностью (от 21,4 до 25,0 т/га). В первую группу попали 10 ранних, 8 среднеранних и 12 среднеспелых сортов (всего 30), во вторую – 12 ранних,



24 среднеранних, 19 среднеспелых, 6 среднепоздних и 3 поздних сорта (всего 64), в третью – 12 ранних, 19 среднеранних, 21 среднеспелый и 3 среднепоздних сорта (всего 55).

В группе высокопродуктивных сортов картофеля преобладают сорта интенсивного типа: Славянка (36,9 т/га;  $b_i = 2,23$ ;  $S_i^2 = 15,7$ ), Дуняша (31,2 т/га; 2,20; 54,3), Амадеус (33,8 т/га; 2,09; 17,2), Корона (32,3 т/га; 1,74; 29,8), Зекура (31,8 т/га; 1,74; 15,5), Ежик (30,4 т/га; 1,62; 4,1), Валерий (30,6 т/га; 1,61; 2,4), Ресурс (31,7 т/га;

1,55; 15,3), Отрада (30,8 т/га; 1,47; 24,3), Ягодный 19 (30,9 т/га; 1,45; 17,6), Леони (35,8 т/га; 1,40; 46,4), Струмок (30,8 т/га; 1,39; 52,0), Сантэ (30,8 т/га; 1,38; 5,7), Нагорода (34,8 т/га; 1,36; 40,2), Артем (30,4 т/га; 1,33; 25,5) и Каменский (30,0 т/га; 1,31; 60,3) (табл. 1).

Интенсивные сорта хорошо отзываются на улучшение условий выращивания и обычно характеризуются невысокой стабильностью [11, 12]. В нашем же опыте в числе интенсивных сортов картофеля обнаружены генотипы с высокой

Таблица 1 – Урожайность и параметры экологической пластичности высокопродуктивных сортов картофеля, т/га

Сорт, группа спелости	Урожайность, ц/га						Параметры	
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	$b_i$	$S_i^2$
Славянка (СС)	50,2	36,7	25,9	46,2	25,4	<b>36,9</b>	2,23	15,7
Леони (Р)	43,8	45,3	27,7	41,0	26,7	<b>36,9</b>	1,40	46,4
Ильинский (СР)	43,0	44,2	29,1	36,6	25,9	<b>35,8</b>	1,14	48,2
Нагорода (СР)	48,9	30,1	33,2	35,4	26,4	<b>34,8</b>	1,36	40,2
Амадеус (СС)	44,4	33,2	32,7	41,9	16,9	<b>33,8</b>	2,09	17,2
Околица (СС)	45,3	29,7	40,6	28,7	24,3	<b>33,7</b>	0,74	87,3
Корона (Р)	44,5	23,0	30,9	39,9	23,3	<b>32,3</b>	1,74	29,8
Башкирский (Р)	31,7	30,7	32,1	37,9	29,3	<b>32,3</b>	0,50	6,5
Алая Заря (Р)	31,5	39,8	39,4	35,1	15,1	<b>32,2</b>	0,93	109,3
Зекура (СР)	43,6	30,7	29,3	36,4	19,0	<b>31,8</b>	1,74	15,5
Ресурс (СС)	43,3	29,8	24,1	36,7	24,5	<b>31,7</b>	1,55	15,3
Ангела (Р)	30,8	43,8	30,2	36,5	17,1	<b>31,7</b>	1,07	92,0
Королева Анна (Р)	28,0	22,2	37,3	42,4	27,8	<b>31,5</b>	0,61	76,3
Синецвет (СС)	37,4	23,0	26,5	38,8	30,8	<b>31,3</b>	0,98	32,0
Дуняша (СС)	50,3	30,2	21,4	34,8	19,2	<b>31,2</b>	2,20	54,3
Кортни (Р)	32,5	32,7	24,7	40,2	25,1	<b>31,1</b>	1,13	14,7
Луговской (СС)	41,3	27,5	35,9	27,2	22,9	<b>31,0</b>	0,71	58,4
09.23.30 (СС)	36,9	36,9	21,5	30,3	29,5	<b>31,0</b>	0,55	44,5
Ягодный 19 (СР)	39,7	34,2	26,8	34,4	19,4	<b>30,9</b>	1,45	17,6
Сантэ (СР)	39,5	29,6	28,5	35,3	21,1	<b>30,8</b>	1,38	5,7
Отрада (СС)	40,3	34,5	21,7	35,1	22,4	<b>30,8</b>	1,47	24,3
Струмок (Р)	42,1	34,5	18,2	33,7	25,3	<b>30,8</b>	1,39	52,0
Валерий (Р)	39,2	30,3	24,6	37,9	21,1	<b>30,6</b>	1,61	2,4
Ежик (СС)	39,3	30,7	25,4	36,7	19,7	<b>30,4</b>	1,62	4,1
Артем (СС)	38,5	33,9	29,0	32,6	17,8	<b>30,4</b>	1,33	25,5
Акжар (СР)	32,1	21,8	33,5	41,3	21,9	<b>30,1</b>	1,24	44,1
Колобок (СС)	38,2	32,5	25,4	27,8	26,5	<b>30,1</b>	0,61	25,6
Любава (Р)	28,8	26,6	34,3	35,7	25,3	<b>30,1</b>	0,47	21,5
Каменский (Р)	43,4	25,0	33,3	29,5	18,7	<b>30,0</b>	1,31	60,3
Белоснежка (СР)	28,0	27,7	36,3	32,7	25,4	<b>30,0</b>	0,19	24,5
<b>Среднее по 217 сортам</b>	<b>28,4</b>	<b>22,8</b>	<b>21,0</b>	<b>29,0</b>	<b>17,7</b>	<b>23,8</b>	–	–
Индекс $I_i$	4,6	-1,0	-2,8	5,2	-6,1	–	–	–
$НСР_{05}$	2,1	2,0	1,8	2,8	1,5	–	–	–

Примечание. Р – ранний, СР – среднеранний, СС – среднеспелый.

(Валерий, Ежик и Сантэ) или повышенной экологической стабильностью (Ресурс, Зекура, Славянка, Амадеус, Ягодный 19, Отрада, Артем и Корона). Эти сорта могут использоваться в селекционном процессе не только как доноры высокой продуктивности картофеля, но и как источники высокой стабильности урожая.

В число высокопродуктивных попало 8 экологически пластичных и 6 нейтральных сортов картофеля. К пластичным относятся сорта: Анжела (31,7 т/га;  $b_i = 1,07$ ;  $S_i^2 = 92,0$ ), Кортни (31,1 т/га; 1,13; 14,7), Ильинский

(35,8 т/га; 1,14; 48,2), Акжар (30,1 т/га; 1,24; 44,1), Синцвет (31,3 т/га; 0,98; 32), Алая заря (32,2 т/га; 0,93; 109,3), Околица (33,7 т/га; 0,74; 87,3) и Луговской (31,0 т/га; 0,71; 58,4). Из них только сорт Кортни отличается высокой экологической стабильностью. К нейтральным сортам, слабо реагирующим на изменение условий возделывания, относятся: Белоснежка (30,0 т/га; 0,19; 24,5), Любава (30,1 т/га; 0,47; 21,5), Башкирский (32,3 т/га; 0,50; 6,5), 09.23.30 (31,0 т/га; 0,55; 44,5), Колобок (30,1 т/га; 0,61; 25,6) и Королева Анна (31,5 т/га; 0,61; 76,3).

Таблица 2 – Урожайность и параметры экологической пластичности сортов картофеля с повышенной продуктивностью, т/га

Сорт, группа спелости	Урожайность, ц/га						Параметры	
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	$b_i$	$S_i^2$
Вемер (СР)	36,2	28,3	27,8	35,5	21,8	<b>29,9</b>	1,21	1,1
Ирбитский (СР)	38,5	37,0	21,2	29,1	23,2	<b>29,8</b>	0,98	51,4
98.1.29 (Р)	26,4	25,2	18,7	39,8	38,6	<b>29,7</b>	0,20	109,7
Амати (СР)	30,6	28,0	17,4	53,1	18,3	<b>29,5</b>	2,46	87,4
Тирас (Р)	43,7	24,3	22,0	32,2	24,4	<b>29,3</b>	1,44	40,0
Ромула (СР)	36,4	26,0	25,1	38,1	20,1	<b>29,1</b>	1,59	1,0
Сударыня (СР)	41,1	24,5	12,4	37,9	29,7	<b>29,1</b>	1,57	96,3
Наташа (Р)	41,3	21,0	34,7	33,7	14,3	<b>29,0</b>	1,73	68,0
Жигулевский (Р)	32,1	27,4	30,8	37,1	15,3	<b>28,6</b>	1,45	23,2
Свитанок киевский (СР)	41,7	30,0	28,4	25,0	17,9	<b>28,6</b>	1,12	60,7
Скарбница (СР)	38,1	20,0	30,1	30,9	23,8	<b>28,6</b>	0,95	36,5
Никитинский ранний (Р)	33,2	22,7	26,9	35,5	24,2	<b>28,5</b>	1,01	10,0
Панянка (СС)	32,7	32,2	22,8	32,9	21,9	<b>28,5</b>	0,99	11,0
Кондор (Р)	28,1	17,1	31,7	39,3	26,4	<b>28,5</b>	0,75	69,4
05.60.24 (СС)	42,3	28,3	17,3	31,7	21,7	<b>28,3</b>	1,62	42,3
Бриз (СР)	36,6	27,0	25,8	31,0	21,0	<b>28,3</b>	1,11	6,9
<b>Тарасов, st.</b> (СС)	27,3	23,0	15,0	48,5	27,1	<b>28,2</b>	1,60	124,1
Удовицкий (П)	41,5	33,1	23,3	25,8	16,7	<b>28,1</b>	1,34	64,5
Тэрра-1 (СС)	39,3	29,0	21,7	32,7	17,3	<b>28,0</b>	1,68	13,4
Матушка (Р)	34,0	25,8	36,3	29,3	14,4	<b>27,9</b>	1,02	65,8
Крепыш (Р)	28,5	29,1	25,6	33,9	22,3	<b>27,9</b>	0,78	5,7
Манифест (СС)	38,5	23,4	25,8	31,4	19,9	<b>27,8</b>	1,34	14,7
Аспия (СС)	27,9	29,9	32,6	34,1	14,7	<b>27,8</b>	1,03	45,6
Стрела (СР)	24,8	25,6	25,5	40,9	22,3	<b>27,8</b>	1,02	40,2
Кураж (СР)	32,9	29,8	24,6	31,3	20,5	<b>27,8</b>	0,98	4,8
Журавинка (СП)	37,3	29,3	29,7	25,3	17,4	<b>27,8</b>	0,92	43,3
Фрегета (П)	30,6	36,1	25,7	27,4	19,4	<b>27,8</b>	0,62	38,3
<b>Лорх, st.</b> (СП)	30,0	33,0	15,3	40,7	18,9	<b>27,6</b>	1,70	52,8
05.62.13 (СС)	34,8	38,8	19,8	29,0	15,7	<b>27,6</b>	1,30	74,5
Аноста (СР)	22,9	31,2	32,5	32,2	18,8	<b>27,5</b>	0,41	47,3
Агни (СР)	30,9	27,4	24,2	41,7	12,1	<b>27,3</b>	2,05	21,9
Пикассо (СП)	28,5	30,2	19,1	38,7	19,7	<b>27,3</b>	1,39	27,7
Беллароза (Р)	35,7	20,3	30,3	30,0	20,0	<b>27,3</b>	1,02	30,5
Сафо (СР)	41,0	19,4	25,5	27,1	23,0	<b>27,2</b>	1,08	54,6



В группе сортов с повышенной продуктивностью 27 интенсивного типа, 31 пластичный и 6 нейтральных сортов картофеля. К интенсивным сортам картофеля здесь относятся: Амати (29,5 т/га;  $b_i = 2,46$ ), Тирас (29,3 т/га; 1,44), Ромула (29,1 т/га; 1,59), Сударыня (29,1 т/га; 1,48), Наташа (29,0 т/га; 1,73), Жигулевский (28,6 т/га; 1,45), 05.60.24 (28,3 т/га; 1,62), Тарасов (28,2 т/га; 1,60), Удовицкий (28,1 т/га; 1,34), Тэрра-1 (28,0 т/га; 1,68), Манифест (27,8 т/га; 1,34), Лорх (27,6 т/га; 1,70), Агни (27,3 т/га; 2,05), Пикассо (27,3 т/га; 1,39),

Спиридон (27,0 т/га; 1,48), 06.18.7 (26,9 т/га; 1,59), Институтский (26,7 т/га; 2,07), Наяда (26,5 т/га; 1,71), Тамаша (26,5 т/га; 1,39), 03.12.7 (26,4 т/га; 1,40), 04.2.13 (26,3; 1,44), Жуковский ранний (26,0 т/га; 1,65), 94.14.6 (26,0 т/га; 1,35), Провенто (25,9 т/га; 1,31), Рая (25,8 т/га; 1,44), 2097/16 (25,5 т/га; 1,76) и Уладар (25,5 т/га; 1,69) (табл. 2).

К сортам картофеля, сочетающим повышенную продуктивность, экологическую пластичность и высокую стабильность, относятся: Вемер (29,9 т/га;  $b_i = 1,21$ ;  $S_i^2 = 1,1$ ), Регги

#### Окончание таблицы 2

Сорт, группа спелости	Урожайность, ц/га						Параметры	
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	$b_i$	$S_i^2$
Пегий (СС)	30,3	29,6	22,6	30,9	22,7	<b>27,2</b>	0,76	5,6
Спиридон (СС)	37,0	29,9	19,1	31,0	18,1	<b>27,0</b>	1,48	19,8
Джаерла (СР)	33,5	31,6	19,1	31,7	19,0	<b>27,0</b>	1,28	19,5
Нива (СР)	36,5	22,2	29,2	28,5	18,6	<b>27,0</b>	1,08	26,9
06.18.7 (СС)	37,0	35,7	19,5	28,9	13,4	<b>26,9</b>	1,59	60,6
Брянский деликатес (СР)	46,4	28,3	19,0	19,8	21,2	<b>26,9</b>	1,14	135,4
Институтский (СР)	45,7	12,0	21,2	34,3	20,5	<b>26,7</b>	2,07	99,3
04.1.97 (СС)	34,5	26,7	26,5	24,8	21,3	<b>26,7</b>	0,63	18,7
Наяда (СС)	39,3	24,6	19,8	31,5	17,3	<b>26,5</b>	1,71	15,1
Тамаша (СС)	26,9	23,0	15,7	42,5	24,5	<b>26,5</b>	1,39	68,5
Ицил (СР)	30,8	18,6	19,4	39,4	23,8	<b>26,4</b>	1,40	40,5
Никулинский (СП)	38,1	24,2	25,9	24,5	19,5	<b>26,4</b>	0,95	35,9
04.2.13 (СС)	36,9	24,2	18,9	31,3	20,0	<b>26,3</b>	1,44	13,6
Регги (СС)	33,3	24,6	22,6	31,7	19,4	<b>26,3</b>	1,21	1,2
Роксана (СС)	32,8	29,0	25,8	27,5	16,4	<b>26,3</b>	1,00	17,8
Жуковский ранний (Р)	35,6	24,3	19,5	33,2	17,2	<b>26,0</b>	1,65	3,9
94.14.6 (СР)	40,0	22,9	21,5	26,7	18,8	<b>26,0</b>	1,35	35,1
Провенто (СР)	25,9	20,9	24,9	39,3	18,4	<b>25,9</b>	1,31	33,0
Оредежский (СР)	35,8	23,4	17,6	29,8	22,8	<b>25,9</b>	1,17	23,0
Рая (СР)	30,8	18,5	24,1	36,7	18,7	<b>25,8</b>	1,44	18,5
Каштак (СС)	31,0	28,0	15,1	29,5	24,9	<b>25,7</b>	0,80	32,9
2097/16 (СС)	40,0	20,0	20,1	30,5	16,9	<b>25,5</b>	1,76	25,6
Уладар (Р)	28,5	17,6	18,3	42,5	20,8	<b>25,5</b>	1,69	54,7
Чарунка (СП)	33,7	25,0	15,3	31,5	22,1	<b>25,5</b>	1,25	23,6
Зорочка (Р)	27,8	19,2	36,7	28,5	15,2	<b>25,5</b>	0,69	80,2
Колетте (Р)	21,7	23,5	29,9	32,3	20,1	<b>25,5</b>	0,44	31,8
Ван Гог (П)	30,2	37,7	16,6	26,2	16,6	<b>25,4</b>	0,96	80,4
06-547.11 (СС)	32,6	28,9	22,6	28,1	14,3	<b>25,3</b>	1,25	17,6
Симфония (СП)	35,2	22,7	22,8	27,9	17,3	<b>25,2</b>	1,25	11,8
Межиричка (СР)	33,0	28,3	22,9	25,5	16,0	<b>25,1</b>	1,02	20,3
<b>Среднее по 217 сортам</b>	<b>28,4</b>	<b>22,8</b>	<b>21,0</b>	<b>29,0</b>	<b>17,7</b>	<b>23,8</b>	–	–
Индекс $I_i$	4,6	–1,0	–2,8	5,2	–6,1	–	–	–
$НСР_{05}$	2,1	2,0	1,8	2,8	1,5	–	–	–

Примечание. Р – ранний, СР – среднеранний, СС – среднеспелый, СП – среднепоздний, П – поздний.

(26,3 т/га; 1,21; 1,2), Кураж (27,8 т/га; 0,98; 4,8), Пегий (27,2 т/га; 0,76; 5,6), Крепыш (27,9 т/га; 0,78; 5,7), Бриз (28,3 т/га; 1,11; 6,9), Никитинский ранний (28,5 т/га; 1,01; 10,0), Панянка (28,5 т/га; 0,99; 11,0), Симфония (25,2 т/га; 1,25; 11,8); повышенную стабильность: Роксана (26,3 т/га; 1,00; 17,8), Джаерла (27,0 т/га; 1,28; 19,5), Межиричка (25,1 т/га; 1,02; 20,3), Оредежский (25,9 т/га; 1,17; 23,0) и Сафо (28,3 т/га; 1,08; 26,9).

Среди нейтральных сортов, относящихся ко второй группе, наибольший интерес представляет образец '98.1.29' местной селекции с урожайностью 29,7 т/га, что в 1,25 раза выше, чем в среднем по опыту.

В третьей группе (с продуктивностью от 21,4 до 25 т/га) к интенсивным относятся

15 сортов, к пластичным – 23, к нейтральным – 17 сортов картофеля (табл. 3).

Наибольший интерес в третьей группе представляют сорта интенсивного типа: Памяти Коваленко (24,5 т/га;  $b_i = 2,16$ ), 05.76.1 (24,3 т/га; 1,89), Космос (23,6 т/га; 1,87), Эскаорт (23,1 т/га; 1,71), Ицил (24,3 т/га; 1,65), 05.60.11 (22,8 т/га; 1,64), Адора (23,4 т/га; 1,62), Малиновка (25,0 т/га; 1,62), Лазарь (24,7 т/га; 1,61), Браслет (23,0 т/га; 1,45), Удача (23,2 т/га; 1,44), 06-1547.8 (24,0 т/га; 1,42), Подарунак (24,2 т/га; 1,42), 06.25.22 (22,6 т/га; 1,32), Ведруска (24,2 т/га; 1,31) и экологически пластичные сорта с высокой стабильностью урожая: Маяк (22,2 т/га;  $b_i = 1,02$ ;  $S_i^2 = 1,2$ ), Курода (24,9 т/га; 1,08; 2,8), Скарб (21,9 т/га; 0,95; 3,4), Садовый

Таблица 3 – Урожайность и параметры экологической пластичности сортов картофеля со средним уровнем продуктивности, т/га

Сорт, группа спелости	Урожайность, ц/га						Параметры	
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	$b_i$	$S_i^2$
Малиновка (СП)	29,1	16,2	26,8	37,9	14,8	<b>25,0</b>	1,62	40,0
Тустеп (СС)	27,7	14,8	21,4	32,5	28,4	<b>25,0</b>	0,55	54,3
Курода (Р)	31,9	22,5	21,7	29,3	19,2	<b>24,9</b>	1,08	2,8
Никита (СР)	29,1	27,5	20,4	31,5	15,3	<b>24,8</b>	1,30	7,4
Сентябрь (СР)	23,7	26,9	24,8	28,3	20,2	<b>24,8</b>	0,41	7,6
Лазарь (СС)	35,0	22,6	20,3	30,7	15,0	<b>24,7</b>	1,61	5,0
08.17.1 (СС)	27,5	27,5	15,4	31,8	21,5	<b>24,7</b>	0,98	24,2
Нора (СР)	31,1	20,3	31,9	23,1	17,2	<b>24,7</b>	0,55	47,5
Кавалер (СС)	33,2	26,0	18,6	25,8	18,7	<b>24,5</b>	1,02	16,4
Лига (Р)	28,8	13,5	24,4	36,2	19,7	<b>24,5</b>	1,29	46,7
Памяти Коваленко (СР)	23,2	17,6	17,5	48,7	15,3	<b>24,5</b>	2,16	109,5
03.9.2 (СС)	35,9	25,5	17,4	28,5	13,9	<b>24,3</b>	1,65	16,9
05.76.1 (СС)	39,9	13,3	19,1	31,7	17,4	<b>24,3</b>	1,89	52,1
Подарунак (СП)	35,3	27,5	17,0	26,3	15,0	<b>24,2</b>	1,42	27,7
Ведруска (СС)	33,3	29,1	18,1	26,2	14,4	<b>24,2</b>	1,31	27,7
06-1547.8 (СР)	31,2	23,3	22,7	29,7	13,0	<b>24,0</b>	1,42	5,4
Огниво (Р)	24,6	22,1	26,9	24,6	21,5	<b>24,0</b>	0,16	5,5
Костанайские новости (СС)	21,9	25,4	21,5	33,5	17,4	<b>24,0</b>	0,90	22,9
Розара, st. (Р)	22,3	24,1	22,5	36,1	15,1	<b>24,0</b>	1,21	31,0
Амалия (СР)	21,7	29,8	20,9	28,7	18,2	<b>23,9</b>	0,54	25,4
Фаворит (Р)	22,4	23,3	24,1	28,3	20,9	<b>23,8</b>	0,37	6,2
Красная горка (СР)	25,4	19,8	26,2	31,7	15,7	<b>23,8</b>	1,01	18,4
Андра (СР)	17,2	35,0	22,6	27,8	16,2	<b>23,8</b>	0,30	78,2
Осень (СП)	36,7	21,0	17,6	20,8	21,7	<b>23,6</b>	0,81	55,1
Космос (СР)	42,7	22,6	17,0	23,5	12,1	<b>23,6</b>	1,87	71,0
Барон (СР)	24,6	21,8	25,3	27,9	17,5	<b>23,5</b>	0,65	7,5
05.22.57 (СС)	22,6	28,5	22,6	21,7	21,9	<b>23,5</b>	-0,06	10,7
Сантарка (Р)	30,7	15,4	17,4	29,1	25,0	<b>23,5</b>	0,83	41,1
05.16.7 (СС)	24,6	22,2	23,2	28,6	18,2	<b>23,4</b>	0,70	3,5
Адора (Р)	27,5	25,8	19,5	33,1	11,1	<b>23,4</b>	1,62	11,9





(22,2 т/га; 1,24; 4,5), Красавчик (21,8 т/га; 0,72; 4,5), Никита (24,8 т/га; 1,30; 7,4) Галактика (23,2 т/га; 0,71; 14,0), Невский (21,6 т/га; 1,27; 14,5) и Красная горка (23,8 т/га; 1,01; 18,4).

Расчет коэффициента адаптивности ( $K_a$ ) показал, что на Южном Урале к числу адаптивных можно отнести 114 сортов картофеля ( $K_a > 1$ ). Высокой адаптивностью ( $K_a \geq 1,15$ ) среди ранних сортов картофеля отличались: Леони (1,55), Башкирский (1,39), Алая заря (1,36), Королева Анна (1,35), Анжела (1,33), Кортни (1,31), 98.1.29, Любава (по 1,30), Струмок (1,29), Валерий (1,28), Каменский (1,26), Тирас (1,23), Кондор (1,22), Никитинский ранний (1,21), Наташа (1,20), Крепыш (1,19), Матушка (1,18), Беллароза (1,15);

– среди среднеранних: Ильинский (1,51), Нагорода (1,47), Корона (1,35), Зекура (1,32), Белоснежка (1,30), Ягодный 19, Сантэ (1,29), Акжар (1,27), Ирбитский, Вемер (1,26), Сударыня (1,22), Рофула, Скарбника (1,21), Свитанок киевский, Амати (1,20), Бриз (1,19), Аноста, Стрела, Кураж (1,18), Сафо (1,15);

– среди среднеспелых: Славянка (1,53), Околица (1,44), Амадеус (1,40), Синцвет, 09.23.30, Ресурс (1,33), Луговской (1,32), Отрада, Колобок (1,29), Дуняша (1,28), Артем (1,27), Ежик (1,27), Панянка (1,20), Жигулевский (1,19), Тарасов, 05.60.24 (1,18), Аспия, Манифест (1,17), Тэрра-1, Пегий (1,16), 05.62.13 (1,15);

– из среднепоздних и поздних: Фрегата (1,19), Журавинка (1,18) и Удовицкий (1,17).

Окончание таблицы 3

Сорт, группа спелости	Урожайность, ц/га						Параметры	
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	$b_i$	$S_i^2$
Рябинushка (СР)	28,7	30,8	16,4	24,6	16,6	<b>23,4</b>	0,88	35,3
Гала (СР)	21,0	13,0	26,5	34,6	21,5	<b>23,3</b>	0,65	70,8
Галактика (СР)	28,6	24,9	23,8	23,1	15,7	<b>23,2</b>	0,71	14,0
Удача (Р)	35,1	16,1	19,8	28,1	16,7	<b>23,2</b>	1,44	24,3
Эсорт (СР)	36,1	26,2	17,3	25,4	10,4	<b>23,1</b>	1,71	34,1
Браслет (СР)	26,4	26,1	19,5	31,4	11,3	<b>23,0</b>	1,45	13,7
Серпанок (Р)	26,3	17,5	20,5	28,3	21,8	<b>22,9</b>	0,67	11,4
Накра (СС)	25,0	17,7	22,7	28,3	20,1	<b>22,8</b>	0,65	9,8
05.60.11 (СС)	33,8	25,2	17,1	26,9	11,3	<b>22,8</b>	1,64	17,6
Агрив (СР)	22,4	22,1	30,2	23,5	15,9	<b>22,8</b>	0,26	32,5
06.25.22 (СС)	29,9	19,3	19,7	28,9	15,0	<b>22,6</b>	1,32	2,1
Кузовок (СС)	20,3	19,6	25,8	26,7	20,8	<b>22,6</b>	0,17	13,8
Обелиск (СС)	33,7	21,7	21,1	20,8	15,7	<b>22,6</b>	0,94	31,2
Надежда (СС)	24,3	23,4	23,5	24,5	15,5	<b>22,3</b>	0,61	7,5
Маяк (СР)	26,3	20,1	19,0	28,7	16,9	<b>22,2</b>	1,02	1,2
Садовый (Р)	26,1	21,3	16,8	30,9	15,9	<b>22,2</b>	1,24	4,5
Холмогорский (СС)	21,0	13,6	14,9	36,6	24,3	<b>22,1</b>	0,92	87,0
Ред Стар (СС)	28,7	15,8	21,3	27,7	16,3	<b>22,0</b>	1,09	11,3
Скарб (СС)	28,2	19,7	17,9	26,0	17,6	<b>21,9</b>	0,95	3,4
Бронницкий (СС)	26,2	24,0	21,4	17,9	20,0	<b>21,9</b>	0,10	14,0
Красавчик (СР)	26,3	18,7	22,2	24,9	17,0	<b>21,8</b>	0,72	4,5
Невский, st. (СР)	30,5	23,9	15,3	24,5	13,7	<b>21,6</b>	1,27	14,5
Амулет (СС)	23,1	23,9	14,1	29,3	17,1	<b>21,5</b>	0,98	17,3
Скарлетт (Р)	19,2	19,4	19,3	31,9	17,3	<b>21,4</b>	0,83	25,4
98.4.29 (Р)	30,9	14,6	18,2	23,1	20,2	<b>21,4</b>	0,81	30,1
<b>Среднее по 217 сортам</b>	<b>28,4</b>	<b>22,8</b>	<b>21,0</b>	<b>29,0</b>	<b>17,7</b>	<b>23,8</b>	–	–
Индекс $I_i$	4,6	–1,0	–2,8	5,2	–6,1	–	–	–
$НСР_{05}$	2,1	2,0	1,8	2,8	1,5	–	–	–

Примечание. Р – ранний, СР – среднеранний, СС – среднеспелый, СП – среднепоздний.

Кроме того, к адаптивным сортам картофеля в условиях Челябинской области следует отнести: Колетте, Зорачка, Жуковский ранний, Уладар, Лига, Курода, Огниво (ранние), Нива, Брянский деликатес, Джаерла, Агни, Тамаша, Ицил, Институтский, Оредежский, 94.14.6, Провенто, Рая, Сентябрь, Никита, Нора, Межеричка, Амалия, Андра, 04.1.97, Спиридон, 06.18.7, Роксана, Регги, Наяда, 04.2.13, 04.1.19, Тустеп, 06.547.11, 2097/16, 08.17/1, 04.1.57, 05.22.57, Лазарь, Костанайские новости, Лорх, Пикассо, Никулинский, Чарунка, Ван Гог, Симфония и Малиновка (коэффициент адаптивности – от 1,01 до 1,14).

### Выводы

1. Оценка адаптивного потенциала 217 сортов в коллекционном питомнике института позволила выделить 114 адаптивных сортов картофеля. Среди них наибольший интерес представляют сорта, сочетающие экологическую пластичность и высокую стабильность урожая: Кортни, Никитинский ранний, Крепыш, Беллароза, Курода (ранние), Вемер, Бриз, Кураж, Нива, Джаерла, Оредежский, Никита, Межеричка (среднеранние), Артем, Панянка, Пегий, Регги, Роксана, 06.547.11, 08.17.1, Кавалер, Костанайские новости (среднепоздние), Чарунка, Симфония (среднепоздние), а также пластичные (но нестабильные) сорта с высокой или повышенной продуктивностью: Алая заря, Анжела, Кондор, Матушка (ранние), Ильинский, Ирбитский, Скарбница, Акжар, Свитанок киевский, Стрела, Сафо, Брянский деликатес (среднеранние), Околица, Синецвет, Луговской, Аспия, 05.62.13, Каштак (среднепоздние), Журавинка, Ван Гог, Никулинский (среднепоздние).

2. В качестве источников высокой отзывчивости на интенсификацию производства интересны адаптивные сорта интенсивного типа: Леони, Струмок, Валерий, Каменский, Тирас, Наташа, Жуковский ранний, Уладар (ранние), Нагорода, Корона, Зекура, Ягодный 19, Сударыня, Сантэ, Ромула, Амати, Агни, Тамаша, Институтский, Ицил, 94.14.6, Провенто, Рая (среднеранние), Славянка, Амадеус, Ресурс, Отрада, Дуняша, Ежик, Жигулевский, Тарасов, 05.60.24, Манифест, Тэрра-1, Спиридон, 06.18.7, Наяда, 04.2.13, 2097/16, Ведруска, Лазарь (среднепоздние), Лорх, Пикассо, Малиновка (среднепоздние), Удовицкий (поздний).

3. В селекции картофеля, слабо реагирующего на ухудшение условий выращивания, интересны адаптивные сорта нейтрального типа: Башкирский, Королева Анна, Любава, 98.1.29, Колетте, Зорачка, Огниво, Фаворит (ранние), Белоснежка, Аноста, Сентябрь, Нора, Амалия, Андра (среднеранние), 09.23.30, Колобок, 04.1.97, Тустеп, 05.22.57 (среднепоздние) и Фрегата (поздний).

### Список литературы

1. Анненков Б. Г., Глаз Н. В., Победина И. А. Научно-методические основы создания, испытания и внедрения вирусоустойчивых сортов картофеля в российском Приамурье // Современные биотехнологические и фитопатологические исследования в Российском Приамурье : сб. науч. тр. Хабаровск, 1998. С. 13–21.
2. Букасов С. М., Камераз А. Я. Основы селекции картофеля. М., 1959. 528 с.
3. Глаз Н. В., Васильев А. А. Изменение климата // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 4. С. 32–39.
4. Дергачева Н. В. Оценка пластичности сортов картофеля в условиях лесостепной зоны Западной Сибири // Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля сборник научных трудов : сб. науч. тр. Челябинск, 2012. Т. XIV. С. 141–146.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Зыкин В. А., Мешкова В. В., Сапега В. А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ : метод. рекомендации. Новосибирск, 1984. 23 с.
7. Киселев Е. П., Новоселов А. К. Селекция и семеноводство картофеля на Дальнем Востоке : монография. Хабаровск, 2001. Ч. 1. 162 с.
8. Логинов Ю. П., Казак А. А. Экологическая пластичность в условиях Тюменской области // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. № 1. С. 24–28.
9. Методика исследований по культуре картофеля. М., 1967. 262 с.
10. Мухаметшин И. Г. Экологическая пластичность и стабильность сортов картофеля в условиях Удмуртской Республики // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 6. С. 245–249.
11. Федотова Л. С., Кравченко А. В. В изменяющихся климатических условиях нужны новые подходы к возделыванию картофеля // Картофель и овощи. 2011. № 2. С. 20–22.



---

12. Шанина Е. П., Клюкина Е. М. Приоритетные направления в селекции картофеля на Среднем Урале и пути их решения // Картофе-

водство России: актуальные проблемы науки и практики : матер. Междунар. конгресса «Картофель. Россия-2007». М., 2007. С. 56–58.

---

**Васильев Александр Анатольевич**, д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела картофелеводства, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН.

E-mail: kartofel\_chel@mail.ru.

**Дергилева Тамара Тихоновна**, старший научный сотрудник отдела картофелеводства, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН.

E-mail: kartofel\_chel@mail.ru.

**Дергилев Василий Петрович**, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник отдела картофелеводства, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН.

E-mail: kartofel\_chel@mail.ru.

\* \* \*

## ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИИ КОСТРЕЦОВ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ОЙМЯКОНЯ

А. З. Платонова, Н. Е. Павлов

В статье использованы материалы исследований заслуженного агронома РС(Я) З.Г. Ефимова и А.З. Платоновой за период 1997–2001 гг. в условиях Оймякона Республики Саха (Якутия). В качестве объекта исследований принята коллекция кострецов безостого, иркутского, Караваева и берегового из мировой коллекции ВИР. Предметом исследования является изучение агробиологических особенностей разных видов костреца в крайне экстремальных условиях Оймякона. Цель работы – провести обширную оценку коллекции разных видов костреца, отобрать наиболее перспективные формы для дальнейшей селекционной работы в условиях Республики Саха (Якутия). Результаты исследований показали, что для создания перспективного исходного материала на Крайнем Севере более пригодны местные дикорастущие формы кострецов Караваева, иркутского и безостого, поскольку все инорайонные образцы из мировой коллекции ВИР не выдерживают суровые условия перезимовки в Оймяконе. Из изученных образцов коллекции отобраны по комплексу хозяйственно ценных признаков 10 лучших образцов из Центральной Якутии и Оймякона Республики Саха (Якутия). В том числе 4 образца на 4–5-м году жизни растений обеспечили урожайностью зеленой массы 640...2277 г/м<sup>2</sup>, урожайностью семян 21...22,5 г/м<sup>2</sup>, 6 образцов на 3–4-м году жизни сформировали урожайность зеленой массы 991,5...1433 г/м<sup>2</sup> (НСР<sub>05</sub> = 15,2 г/м<sup>2</sup>) с урожайностью семян 17,5...28,5 г/м<sup>2</sup>, которые превысили стандартный сорт Камалинский 14 в 2,4...3 раза (НСР<sub>05</sub> = 1,7 г/м<sup>2</sup>). При этом оценка на устойчивость к тебневке показала, что корневая масса на пахотном горизонте почвы составила у стандарта 0,4 кг/м, а у 4 образцов максимальный прирост составил 1,2...1,32 кг/м<sup>2</sup>, у 2 образцов на 4-м году жизни 0,9...0,95 кг/м<sup>2</sup> (НСР<sub>05</sub> = 0,7 кг/м<sup>2</sup>).

*Ключевые слова:* кострец безостый, зимостойкость, урожайность, сумма активных температур, корневая система.

Природно-климатические условия Оймякона с его суровыми зимами и жарким, коротким летним периодом служат уникальной естественной лабораторией для испытания на выживаемость у зимующих растений. Понимая все это, в конце прошлого столетия руководство Всесоюзного НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова открыло совместно с Якутским НИИСХ опорный пункт для испытания коллекции многолетних на полюсе холода. Однако через некоторое время из-за финансовых трудностей ВИР закрыл этот опорный пункт. В данной статье приводятся материалы исследований, полученные в те годы заслуженным агрономом РС(Я) З.Г. Ефимовым и А.З. Платоновой за период 1997–2001 гг.

Известно, что кострец безостый является основной сенокосной культурной многолетней травой для улучшения и повышения урожайности сена в Сибири и Якутии [1–13]. В Республике Саха (Якутия) доказана востребованность костреца при создании сеяных сенокосов и семенников костреца безостого [3, 4, 13]. При этом установлено, что наиболее низкий коэффициент энергоемкости получен при внесении удобрений в дозе N60P180K120 (осенью) + N30 (весной) кг/га д.в. как в рядовом способе посева: без полива – 0,32, при поливе – 0,40; так и в широкорядном посева: при поливе – 0,51, без полива – 0,47 [4, 5].

**Цель работы** – дать обширную оценку коллекции разных видов костреца и отобрать



наиболее перспективные формы для дальнейшей селекционной работы в условиях Республики Саха (Якутия).

### **Материал, методика и условия исследований**

Объект исследования – кострец безостый и его коллекционные номера из каталога ВИР, дикорастущие популяции Центральной Якутии и горно-таежной зоны Оймяконья Республики Саха (Якутия).

Материалом наших исследований служили более 90 сортообразцов костреца безостого из коллекции ВИР, местные дикорастущие образцы и наши селекционные номера. Полевые опыты проводились на совместном научном стационаре опорного пункта ВИР и Якутского НИИ сельского хозяйства в Оймяконском районе в селе Ючюгей в 1998–2001 годы. Закладка полевых опытов, биометрические учеты и наблюдения проводились по методическим указаниям ВИР (1979, 1985), ВНИИК (1985). Математическая обработка результатов исследований проводилась по Б.А. Доспехову (1985).

Научный стационар расположен на территории опытно-производственного хозяйства Ючюгейское в пойме речки Ючюгэй. Почвы мерзлотные северо-таежные, в основном оподзоленные. Содержание гумуса низкое, 2,11–2,47%, реакция водного раствора среды нейтральная, pH 6,4–7,7. Содержание фосфора и калия высокое.

Метеорологические условия за годы исследований характеризовались очень суровыми зимами (температура опускалась до –60 и ниже градусов) и более благоприятными условиями в период вегетации. Гидротермический коэффициент составил в 2000 г. = 1,2, в 2001 г. = 1,3.

### **Результаты и обсуждение исследований**

*Вегетационный период.* Весеннее отрастание растений кострецов в обоих питомниках в годы исследований начиналось в конце мая или в первой декаде июня, в зависимости от прихода весны. Притом существенной разницы в сроках появления побегов между видами кострецов не наблюдалось. Фазы выхода в трубку и колошения в коллекционном питомнике посева 1997 г. отмечены на 5–9 дней раньше, чем в 2000 г. с 9 по 17 июня. Цветение и созревание семян у растений всех видов костреца в 2001 году затянулось из-за обильных осадков до 13 августа, что на неделю позже, чем в предыдущем году.

Продолжительность вегетационного периода скороспелых образцов от отрастания до созревания семян составила 71–73 дня. Характерной особенностью развития растений костреца в условиях Оймякона является скоротечность ранних фаз и замедленные темпы развития в период формирования репродуктивных органов. Если в Центральной Якутии период цветения и созревания у многолетних трав длится всего 5–10 дней, то в условиях Оймякона – около 20. Нами замечено, что у разных видов кострецов существуют разные потребности в тепле по фенологическим фазам органогенеза кострецов. Так, если растениям костреца безостого в ранние фазы развития потребовалось больше тепла, чем растениям кострецов Караваяева, Иркутского и берегового, то в период от цветения до созревания ему понадобилось наименьшее количество суммы тепла. Для прохождения полного цикла развития растений всем видам кострецов понадобилось от 815 до 915 градусов активных температур за 58–59 дней.

*Зимостойкость.* Главным лимитирующим фактором в расширении травосеяния на севере и особенно в Оймяконском районе-полосе холода является зимо- и морозоустойчивость зимующих растений. Испытание мировой коллекции кострецов в крайне суровых условиях перезимовки в Оймяконе показало, что образцы из США, Канады, Московской, Ленинградской, Пензенской, Куйбышевской областей и Башкирии вымерзли полностью. Из образцов Мурманской, Горно-Алтайской, Новосибирской областей, Приморского, Алтайского и Красноярского краев выдержали экстремальные условия единичные растения. Несмотря на суровые условия перезимовки (до минус 62 °С), местные популяции кострецов из Оймякона и Центральной Якутии перезимовывали хорошо. Глазомерная оценка весной показала хорошее состояние растений с высокими баллами зимостойкости 4 и 5. Необходимо отметить, что по устойчивости к летним заморозкам выделяются местные образцы из Оймякона. Установлена тесная корреляционная связь между зимостойкостью и высотой травостоя в период созревания семян ( $r = 0,8–0,95$ ). Следует отметить, что зимостойкость оказывает сильное влияние на формирование репродуктивных органов растений костреца и его зависимость от уровня устойчивости к низким температурам составляет 64–90%.

*Интенсивность роста.* В связи со скоростью прохождения ранних фаз развития период цветения – созревание у растений кострцов приходится на самое благоприятное по температурному режиму и влажности время – конец июня и начало июля. В это время наблюдается наиболее интенсивный рост побегов (1,4–2,0 см/сут). В Центральной Якутии растения кострца интенсивно растут в более ранний период развития от выхода в трубку до колошения (до 3,0–4,0 см/сут.). В наших опытах среднесуточный прирост растений стандартного сорта кострца безостого Камалинский 14 составил 1,40–1,75 см в сутки. По интенсивности прироста его превысили 3 образца из Оймьякона, собранные в долине реки Кюбюмэ (Э№507-1/50 = 1,57 см/сут; Э№07-1/19 = 1,62 см/сут) и лесной опушки с. Сордоннох (Э№07-1/22 = 1,76 см/сут). Необходимо отметить, что при благоприятных условиях вегетации кострца в условиях Оймьякона и на 4-й и на 5-й годы жизни могут формировать довольно высокий хороший травостой. Так, на четвертом и пятом годах жизни генеративные побеги достигают высоты 118–134 см, вегетативные – 58–74 см. Все местные образцы по высоте стеблестоя на 4-м году жизни превышают стандартный сорт. Динамика интенсивности роста показывает, что к фазе цветения все образцы идут по линейной кривой и к фазе созревания замедляют прирост [4].

*Кустистость.* Кострец безостый в культуре отличается от других верховых злаков высокой степенью кустистости. Из изучаемых образцов по этому признаку выделяются местные дикорастущие образцы кострцов Караваева (Э№071/50, Э№ 07-1/22), иркутского из Оймьякона и Мэндиги. Коэффициент их кустистости с третьего на четвертый год жизни составляет 1,25–1,34, а с четвертого на пятый 1,48–2,57. У стандартного сорта Камалинский 14 в эти же годы общее количество побегов остается неизменным, хотя наблюдается заметное увеличение генеративных побегов. Это еще раз свидетельствует о большей адаптивности местных видов кострца и популяций к экстремальным условиям Оймьякона. Густота стояния стеблестоя в 2000 г. у дикорастущей популяции из Оймьякона (Э№07-1/50) составила 1090 шт./м<sup>2</sup> против 453 шт./м<sup>2</sup> стандарта Камалинского 14 [5]. Основным показателем устойчивости к тебеневке лошадей является густота стояния травостоя на следующее лето после перезимовки.

Местные дикорастущие образцы в 2001 г. превысили стандарт по кустистости в среднем в 2,2 раза, а гибрид Г-29, полученный от скрещивания сорта Свердловский-38 с местной Оймьяконской популяцией, – в 2,9 раза.

*Урожайность зеленой массы и семян.* Вегетационные периоды годов исследований были благоприятными, и образцы кострца сформировали хороший урожай зеленой массы и семян. Так, наиболее высокую урожайность в экстремальных условиях Оймьякона показали образцы кострцов иркутского из Мэндиги и Оймьякона, которые в среднем за два года сформировали 2210–2277 г/м<sup>2</sup> зеленой массы и 133,5–137,6 г/м<sup>2</sup> семян, что значительно выше стандарта и других видов кострца.

По урожайности надземной фитомассы выделяются 2 селекционных номера 07-1/50 и 07-1/22, которые отличаются от других в основном хорошей облиственностью травостоя (75%). При этом они формируют генеративные органы на уровне стандарта. Гибрид Г-29 формирует надземную массу в основном за счет генеративных побегов, значительно уступая по облиственности этим двум предыдущим номерам. Среди видов кострца наиболее высокой урожайностью и облиственностью выделяется кострец иркутский. Кострец Караваева максимальную урожайность зеленой массы дает на четвертом году жизни – 1700 г/м<sup>2</sup>, а кострец иркутский из Мэндиги Амгинского района – 2380 г/м<sup>2</sup> – на пятом году жизни. Урожайность семян кострца безостого на обоих питомниках учитывали в 2000-м и 2001 годы. В коллекционном питомнике 1997 г. посева выделяется в среднем за два года образец из Мэндиги – 22,5 г/м<sup>2</sup>, который превысил стандарт на 5%. В коллекционном питомнике 1998 г. посева выделились 2 образца из Оймьякона, которые превысили стандарт на 22,5–54,9% (табл. 1). Учет корреляционного анализа показал положительную связь между урожайностью зеленой массы и густотой стояния ( $r = 0,74–0,86$ ). При этом коэффициент корреляции из года в год увеличивается. Следовательно, густота стеблестоя существенно влияет на урожайность зеленой массы кострца безостого. Таким образом, для оценки адаптивности образцов кострца в суровых условиях Оймьякона следует обратить внимание на густоту стояния травостоя, коэффициент кустистости, так как они являются одним из основных факторов в формировании надземной массы и семян ( $r = 0,75–0,92$ ).



Таблица 1 – Урожайность зеленой массы и семян образцов костреча в коллекционных питомниках Оймяконья, г/м<sup>2</sup>

Э№	Образец, происхождение	Зеленая масса в среднем за 2000–2001 гг.			% к стандарту по зеленой массе			Средняя урожайность семян за 2000–2001 гг.	
		Всего	В том числе		Всего	В том числе		Всего	% к стандарту
			генер.	вегет.		генер.	вегет.		
Посев 1997 г.*									
	Кострец береговой, Покровск	1493	890	603	90,2	105,6	74,2	21,0	98
	Кострец безостый, Амга	640	238	403	38,7	28,2	49,6	21,0	98
	Кострец иркутский, Оймякон	2277	1158	1119	137,6	137,4	137,8	21,0	98
	Кострец иркутский, Мэндиги	2210	1086	1124,5	133,5	128,8	138,4	22,5	105
	Среднее	1655	842,6	812,2				21,4	стандарт
Посев 1998 г.									
	ст. Камалинский 14	1150	433	717	100	100	100	7,5	100
07-1/36	Кострец Караваева, Оймякон	1167	391,5	775	101,4	90,4	108,1	22,5	300
07-1/50	Кострец дикорастущий, Оймякон	1350	392	958	117,3	90,4	133,6	17,5	233
07-1/19	Кострец Караваева, Оймякон	991,5	308	683,5	86,2	71,1	95,3	28,5	380
	Гибрид Г-29	1167	525	641,5	101,4	121,2	89,5	19,5	260
07-1/9	Кострец Караваева, Оймякон	1025	325	700	89,1	75,1	97,6	18,5	247
07-1/22	Кострец Караваева, Оймякон	1433	442	992	124,6	102,0	138,3	15,0	200
	НСР <sub>05</sub>	15,2						1,7	

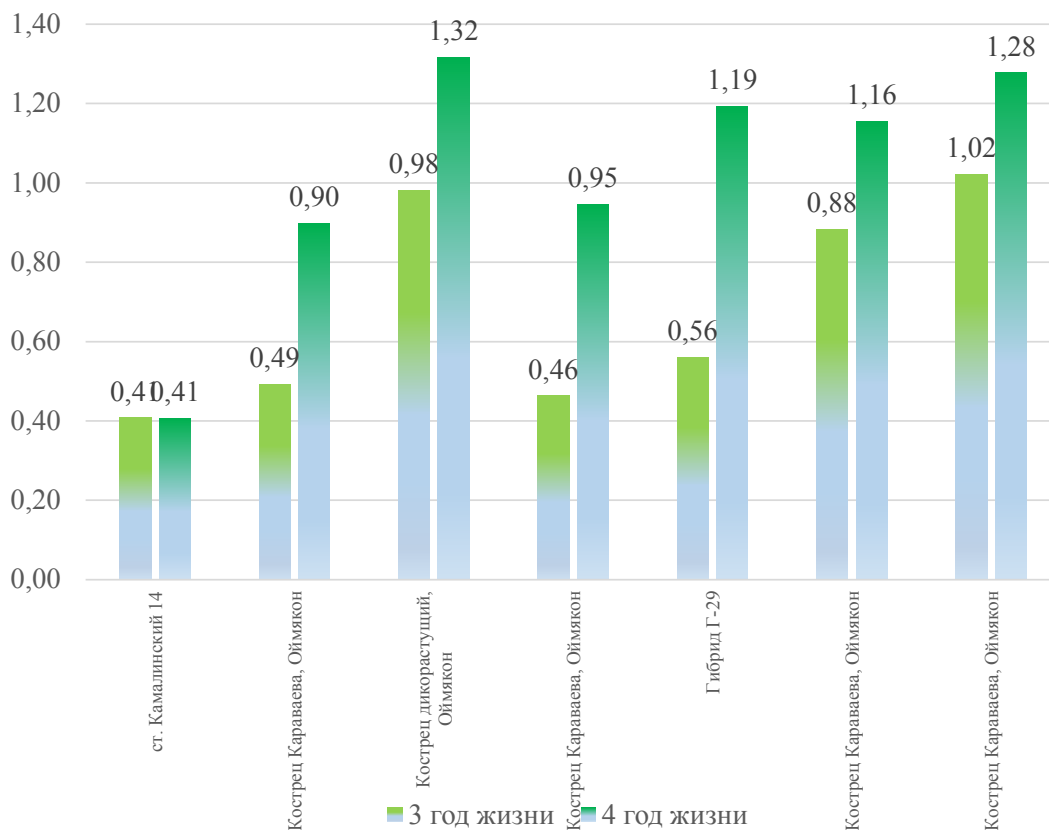


Рис. 1. Развитие корневой системы костречей в пахотном слое почвы на 3-м и 4-м годах жизни (посев 1998 г.), кг/м<sup>2</sup>

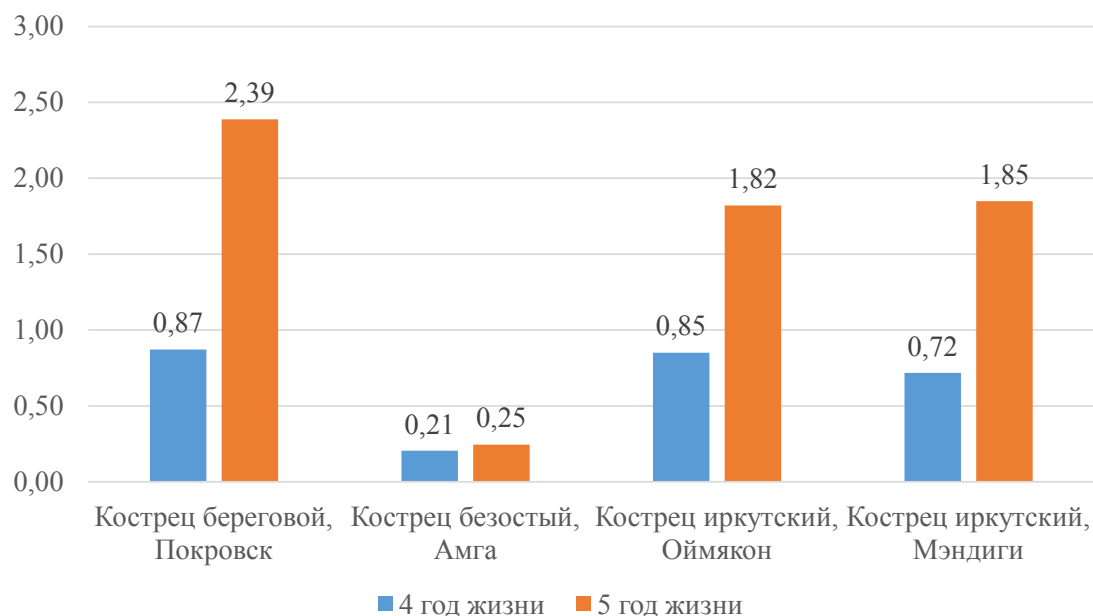


Рис. 2. Развитие корневой системы кострецов в пахотном слое почвы на 4-м и 5-м годах жизни (посев 1997 г.), кг/м<sup>2</sup>

**Корневая система.** Для изучения степени адаптации интродуцентов в условиях Оймяконья мы провели учеты развития корневой системы на пахотном слое почвы. Проведенные учеты и наблюдения показали, что если местные образцы кострецов Караваяева и иркутского значительно прибавляют в массе с 3-го на 4-й год жизни, то у стандартного сорта костреца безостого Камалинский 14 она остается неизменной (рис. 1).

Отмечено, что у гибридного номера Г-29 за данный период увеличение корневой массы с 3-го на 4-й год жизни составило от 0,56 до 1,19 кг/м<sup>2</sup> или в 2,12 раза. Такое увеличение положительно повлияло на устойчивость данного образца к тебеневке лошадей. Отмечено также, что прирост корневищных узлов в междурядьях питомника образовал плотный травостой, равный до 2000 шт. на 1 кв. м. При этом стандартный сорт Камалинский 14 сформировал меньшую плотность до 600 шт./м<sup>2</sup> (рис. 2).

Как показывает эксперимент на долготнее использование травостоя костреца в условиях Оймяконья, перспективные образцы выдерживают зимнюю тебеневку. При этом отмечен ежегодный прирост корневой системы у перспективного образца костреца Караваяева и дикорастущего из Оймяконья, костреца иркутского из с. Мэндиги Амгинского района РС(Я),

а также у костреца безостого гибрида Г-29 из Хангаласского района РС(Я).

### Заключение

Таким образом, можно с уверенностью заключить, что для создания перспективного исходного и селекционного материала костреца на Крайнем Севере более пригодны и адаптированы местные дикорастущие формы кострецов Караваяева, иркутского и безостого, так как все интродуцированные образцы из мировой коллекции ВИР не выдерживают суровые условия перезимовки и тебеневки в условиях Оймяконья. Данный участок можно применять как естественную лабораторию по оценке устойчивости к тебеневке и зимостойкости кострецов. Из изученных 90 образцов коллекции отобраны по комплексу хозяйственно ценных признаков 10 лучших образцов из Центральной Якутии и Оймякона.

### Список литературы

1. Андреев Н. Г., Савицкая В. А. Костер безостый. М. : Колос, 1982. 175 с. : ил.
2. Гончаров Н. П., Гончаров П. Л. Методические основы селекции растений / отв. ред. В. К. Шумный. Изд. 2-е, перераб. и доп. Новосибирск : Гео, 2009. С. 159–161.
3. Емельянова А. Г., Платонова А. З., Габышева Н. Н. Сорта костреца безостого при





интродукции на второй надпойменной террасе долины средней Лены // Кормопроизводство. 2017. № 6. С. 28–32.

4. Ефимова А. З. Агроэкологическое обоснование возделывания костреца безостого (BROMOPSIS INERMIS (LEYSS.) HOLUB) на семена в Якутии : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Якутск, 2004. 24 с. : ил.

5. Ефимов З. Г., Ефимова А. З., Слепцова А. И. Основы возделывания костреца безостого на семена в условиях Центральной Якутии / РАСХН. Сиб. отд-е Якут. НИИСХ. Якутск, 2002. 56 с.

6. Жеребина З. Н. Костер безостый // Растениеводство СССР. М., 1933. Т. 1. Ч. 2. С. 507–518.

7. Кострец безостый // Альянс Самара. Семена многолетних и однолетних трав. Режим доступа : <http://www.samara-gost.narod.ru/kostrec.html> (дата обращения 22.01.2016).

8. Кашеваров Н. И., Тюрюков А. Г., Осипова Г. М. Урожайность костреца безостого в разных природно-климатических зонах Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 11. С. 81–83.

9. Осипова Г. М. Кострец безостый (Особенности биологии и селекция в условиях Си-

бири) / РАСХН ; Сиб. отд-ние ; Сиб.НИИ кормов. Новосибирск, 2006. 228 с.

10. Влияние влагообеспеченности и возраста травостоя костреца безостого на урожайность в разных природно-климатических зонах / Г. М. Осипова, Н. И. Филиппова, В. Г. Данилов, С. В. Серикпаева // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. Новосибирск, 2013. № 2. С. 48.

11. Платонова А. З. Зимостойкость костреца безостого в Центральной Якутии // Вестник СВФУ. Якутск, 2016. № 4 (54). С. 37–40.

12. Платонова А. З., Петрова Л. В. Адаптивные селекционные процессы у овса и костреца безостого в условиях Хангаласского улуса Республики Саха (Якутия) // Зерновое хозяйство России. 2015. № 3. С. 96–108.

13. Павлов Н. Е., Томская Ф. Г., Софронова Е. П. Интродукция и селекция кормовых трав в Якутии (пырейник сибирский, кострец безостый, ломкоколосник ситниковый) / Российская академия сельскохозяйственных наук, Сибирское отделение, Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова. Новосибирск, 2006. 237 с.

---

**Платонова Агафья Захаровна**, канд. с.-х наук, доцент кафедры агрономии, главный научный сотрудник, Октемский филиал ФГБОУ ВО Якутская ГСХА.

E-mail: [agafya.platonova.2016@mail.ru](mailto:agafya.platonova.2016@mail.ru).

**Павлов Николай Еремеевич**, д-р с.-х наук, профессор кафедры агрономии, Октемский филиал ФГБОУ ВО Якутская ГСХА.

E-mail: [aga\\_brom@mail.ru](mailto:aga_brom@mail.ru).

\* \* \*

УДК 631.51.021:631.582:001.891.57(571.1)

## МОДЕЛИ ЗЯБЛЕВОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТАХ В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

**В. Е. Синещков**

Логическая, агроэкологическая модели зяблевой обработки и модель управления продукционным процессом зерновых культур разработаны на основе анализа и обобщения многолетних экспериментальных данных (2001–2019 гг.), полученных при разных уровнях химизации и условиях увлажнения вегетационного периода в многофакторном стационарном полевом опыте СибНИИЗиХ СФНЦА РАН на территории ОПХ Элитное в лесостепи Новосибирского Приобья.

*Ключевые слова:* модель, зяблевая обработка, химизация, экстенсивный, интенсивный, агрофизические свойства почвы, почвозащитная, урожайность, пшеница, затраты, погодные условия.

Современное развитие сельского хозяйства в Западной Сибири характеризуется наращиванием экономических затрат на горюче-смазочные материалы, зачастую из-за недостаточной адаптивности зяблевых обработок к почвенно-климатическим условиям, особенностям полей и меняющейся погоде [1]. Причин недостаточной адаптивности обработки почв к внешним условиям много. Одной из них, на наш взгляд, является недостаточный набор почвообрабатывающей техники у земледельцев, зачастую морально устаревшей. Однако даже при наличии современной сельскохозяйственной техники многие фермеры не получают желаемых результатов от ее применения на своих полях.

Основной причиной является отсутствие модели высокоэффективных систем обработки почв для конкретных природно-сельскохозяйственных зон Новосибирской области. Необходимость решения этой проблемы очевидна. Из-за неадекватности почвенных обработок, по нашим данным, в южной лесостепи Новосибирской области ежегодно безвозвратно теряется до 10 т/га ценных черноземных почв [2]. По этой причине за последние 40 лет содержание гумуса на черноземных почвах уменьшилось в среднем на 3% от его исходных значений (7–11%). За счет конструирования высокоэффективных систем обработки почв можем добиться значительного снижения потерь почв от эрозионных процессов.



В литературе практически нет сведений о разработках моделей высокоэффективных систем обработки почвы. Есть немного научных работ, посвященных изучению методов моделирования в развитии сельского хозяйства, таких, как, например, работа А.М. Носонова [3]. В.И. Кирюшин, И.Л. Фрумин [4] разработали математическую модель адаптивно-ландшафтных систем земледелия (на примере Зауралья). В. К. Каличкин и А. П. Задков [5] в своей работе «Выбор и адаптация агротехнологии» осветили возможности цифровых технологий. Однако в приведенных литературных источниках не рассматривается задача моделирования систем обработки почвы. В нашей работе сделана попытка решить эту проблему. Созданные нами модели систем обработки черноземных почв для лесостепи Приобья обеспечат благоприятные предпосылки для их максимальной адаптации к условиям возделывания зерновых культур, рационального использования химических средств интенсификации земледелия, стабилизации почвенного плодородия, снижения общих затрат и т.д.

**Цель исследований** – разработать логическую, агроэкологическую модели зяблевой обработки и модель управления продукционным процессом зерновых культур в полевых севооборотах при разных уровнях механического воздействия на почву, химизации и увлажнения вегетационного периода в лесостепи Новосибирского Приобья.

#### Методы исследований

Логическая, агроэкологическая модели зяблевой обработки и модель управления продукционным процессом зерновых культур разработаны на основе анализа и обобщения многолетних экспериментальных данных (2001–2019 гг.), полученных при разных уровнях химизации и условий увлажнения вегетационного периода в многофакторном стационарном полевом опыте СибНИИЗиХ СФНЦА РАН на территории ОПХ Элитное в лесостепи Новосибирского Приобья.

Почвенный покров под опытами – чернозем выщелоченный среднemocный среднесуглинистого гранулометрического состава. Мощность гумусового горизонта равна 39 см, глубина пахотного слоя 27 см. Содержание гумуса в слое 0–20 см составляет 6,0%, общего азота – 0,34%, валового фосфора – 0,30%,

подвижного фосфора (по Чирикову) и калия – 20 и 9,7 мг/100 г почвы соответственно [6].

От закладки опыта (1981 г.) прошло 8 полных ротаций зернопарового севооборота, из которых две ротации севооборот был пятипольный (пар – пшеница – пшеница – овес (ячмень) – пшеница), а с 1991 года – четырехпольный (пар – озимая рожь – пшеница – пшеница). С 2007 года рожь в севообороте заменили пшеницей. Варианты зяблевой обработки почвы в указанных севооборотах следующие: 1. Вспашка в пару на 25–27 см, под зерновые (вторая и третья культуры после пара) на 20–22 см; 2. Адаптивная зяблевая обработка почвы, заключающаяся в применении либо вспашки, либо различных приемов почвозащитной обработки, исходя из погодных условий осенью (2001–2006 гг.). В 2007–2019 годы использовалась плоскорезно-полосная разноглубинная зяблевая обработка, осуществляемая плоскорезом разноглубинным (ПРГ-5,4Н), представляющая сплошную плоскорезную обработку на 10–12 см с углублением на 28–30 см шириной 40 см через каждые 60 см. 3. Безотвальная обработка стойками СибИМЭ в пару на 25–27 см, под зерновые – на 20–22 см; 4. Минимальная обработка культиватором «Степняк» на глубину 10–12 см под все культуры; 5. «Нулевая» (без зяблевой обработки) [6].

Площади под делянками по основной обработке почвы составляли 1300 м<sup>2</sup> (13×100 м). Опыт заложен в 4 повторениях, расположение вариантов систематическое. Поперек основных обработок методом расщепленных делянок накладывались 4 варианта с применением химических средств интенсификации: 1. Экстенсивный фон (без средств химизации); 2. Гербициды на фоне без удобрений; 3. Интенсивный фон (фосфорные удобрения в пару в дозе Р120 на ротацию севооборота, N60 под вторую и N90 под третью культуры после пара, гербициды, фунгициды, инсектициды); 4. Удобрения + фунгициды (2001–2006 гг.) и удобрения + гербициды (2007–2019 гг.). До 1994 года во всех вариантах опыта (кроме контроля) против мятликовых сорных растений применяли Иллоксан, а против двудольных – гербициды группы 2,4-Д. С 1995 года против мятликовых применяли Пуму-Супер (0,8–1 л/га), а против двудольных в разные годы – Гранстар (20 г/га), Элант-Премиум (0,8 л/га) или Диален Супер (0,8 л/га). В паровом поле на интенсивном фоне для снижения засоренности одну механическую

обработку заменяли гербицидами (Раундап или Торнадо). Учет урожая с учетных делянок проводили методом сплошного комбайнирования комбайном «Сампо».

Климат территории Новосибирского Приобья резко континентальный. Средняя температура самого холодного месяца, января – –21 °С, самого теплого, июля – +17 +20 °С. Сумма положительных температур выше 10 °С за период вегетации – 1770–1860 °С. Безморозный период в среднем составляет 110–115 дней. В целом рассматриваемая территория относится к зоне неустойчивого увлажнения. Зимние осадки составляют 30–40% годового количества. Среднегодовая сумма осадков составляет 390–450 мм, в том числе за теплый период (май-сентябрь) –

60–70%, где максимум приходится на июль-август, а минимум в мае-июне, что нередко обуславливает атмосферную и почвенную засуху [6].

С учетом количества атмосферных осадков за месяцы октябрь-апрель каждого сельскохозяйственного года и коэффициента увлажнения за месяцы июнь и июль годы исследований сгруппировали по 4 типам увлажнения. За период с 2001-го по 2017 гг. были: 1 год с остродефицитным увлажнением вегетационного периода (2012 г.), 2 года – с дефицитным увлажнением (2003, 2011 гг.), 5 лет – с умеренно дефицитным увлажнением (2004, 2005, 2006, 2008, 2014 гг.) и 11 лет – с умеренным увлажнением (2001, 2002, 2007, 2009, 2010, 2013, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 гг.).

Таблица 1 – Урожайность зерновых культур в севообороте при разных приемах основной обработки почвы и уровнях химизации, 2001–2019 гг.

Система основной обработки почвы	Урожайность, т/га					
	Минимальная		Максимальная		Средняя	
	экстенсивный фон	интенсивный фон	экстенсивный фон	интенсивный фон	экстенсивный фон	интенсивный фон
1-я культура после пара						
Вспашка	1,22	1,86	4,63	5,35	3,21	3,97
Комбинированная	1,26	1,92	4,55	6,04	3,22	3,98
Безотвальная	1,34	2,10	4,63	6,29	3,12	4,03
Безотвальная разноглубинная	1,29	1,99	4,32	6,12	3,10	4,07
Минимальная	1,21	1,97	4,27	5,95	3,06	4,02
«Нулевая»	1,12	1,91	4,47	5,99	3,10	3,96
НСР <sub>005</sub>	–	–	–	–	0,19	0,23
2-я культура после пара						
Вспашка	0,42	0,85	2,45	5,41	1,82	3,59
Комбинированная	0,42	0,79	2,56	5,56	1,79	3,61
Безотвальная	0,50	1,16	2,32	5,27	1,58	3,53
Безотвальная разноглубинная	0,50	1,06	2,24	5,34	1,56	3,48
Минимальная	0,39	0,87	2,57	5,25	1,53	3,47
«Нулевая»	0,40	0,81	2,45	5,34	1,46	3,40
НСР <sub>005</sub>	–	–	–	–	0,14	0,16
3-я культура после пара						
Вспашка	0,38	0,66	1,90	5,05	1,25	3,10
Комбинированная	0,42	0,66	1,90	5,12	1,19	3,07
Безотвальная	0,38	0,71	1,71	4,85	1,05	2,98
Безотвальная разноглубинная	0,36	0,75	1,60	5,20	1,09	3,01
Минимальная	0,38	0,67	1,64	5,05	1,08	2,95
«Нулевая»	0,35	0,65	1,50	5,15	1,02	2,96
НСР <sub>005</sub>	–	–	–	–	0,09	0,17

Примечание. 1-я культура: озимая рожь по пару (2001–2006 гг.), пшеница по пару (2007–2018 гг.). С 2019 года – яровой рапс (в урожае не учитывался).



### Результаты исследований и их обсуждение

В земледельческой науке нет единственно верной обработки почвы, отвечающей всем агрономическим требованиям сельскохозяйственных растений, в том числе и зерновых культур. Разработка моделей зяблевой обработки почвы поможет обеспечить оптимальные почвенные режимы (агрофизические, водно-воздушный и др.) для произрастания генотипов основной культуры с учетом их биологических особенностей в конкретных почвенно-климатических условиях с целью максимального использования природного потенциала агроландшафта, что важно для получения экономически оправданного урожая зерна и соблюдения экологических ограничений. В частности, минимизация обработки черноземов выщелоченных по ряду важных агрофизических показателей практически не уступала вспашке [7].

По нашим многолетним данным (2001–2019 гг.), урожайность яровой пшеницы по зерновому предшественнику составила 1,62 т/га на экстенсивном фоне по зяблевой вспашке на площади посева в четырехпольном зернопаровом севообороте на черноземах выщелоченных лесостепи Приобья (табл. 1).

Урожайность данной культуры по зяблевым почвозащитным обработкам была существенно меньше (1,32 т/га). В варианте опыта без зяблевой обработки она составила 1,22 т/га. Сбор зерна по пару был закономерно выше и достигал 3,21 т/га, 3,13 и 3,10 т/га соответственно, независимо от способов его подготовки. Урожайность зерна по изучаемым вариантам зяблевой обработки в среднем по четырехпольному зернопаровому севообороту выравнивалась. Лидирующее положение по продуктивности яровой пшеницы по зерновому предшественнику на экстенсивном фоне занимали вспашка (1,57 т/га) и адаптивная комбинированная зяблевая обработка (1,55 т/га). Несколько меньше урожай был в почвозащитных вариантах – 1,42 и в «нулевом» (1,40 т/га). При использовании гербицидов на фоне без удобрений урожайность пшеницы была значительно выше и составила 2,08 т/га по вспашке, 2,06 – по адаптивной комбинированной, 1,92 – безотвальной и 1,85 т/га – «нулевой» зяблевой обработке.

Экономическая эффективность выращивания зерна яровой пшеницы на экстенсивном фоне по зерновым предшественникам при ми-

нимизации обработки почвы оставляла желать лучшего, т.е. уровень рентабельности не превышал 12%, по паровому предшественнику он был существенно выше (67–90%). На интенсивном фоне уровень рентабельности производства зерна пшеницы по зерновым предшественникам был достаточно высоким при практически двукратном увеличении ее урожайности в сравнении с контролем [8].

Разработка указанных моделей зяблевой обработки черноземных почв в лесостепи Приобья с учетом многих факторов (предшественники, уровни химизации, биологические особенности генотипов зерновых культур и др.) дает возможность выбора оптимальной осенней обработки почвы, адаптированной к меняющимся погодным условиям и обеспечивающей предпосылки для максимального сбора экономически оправданного урожая зерна.

В частности, логическая модель, описывающая логическую связь принципиально различных систем основной обработки почвы (отвальная на 20–27 см, безотвальная на эту глубину в зависимости от культуры севооборота, плоскорезная на 10–12, «нулевая» зяблевая обработка, плоскорезная полосная разноглубинная обработка, а также различные сочетания указанных приемов основной обработки) при разных уровнях химизации и увлажнения вегетационного периода (рис. 1).

Агроэкологическая модель описывает количественные изменения агроэкологических свойств черноземов выщелоченных (агрофизических и агрохимических), засоренности посевов и т.д. под воздействием изучаемых систем основной обработки на экстенсивном фоне (табл. 2–6). Наряду с этим в данной модели отражены, в частности, наиболее важные показатели экономической эффективности выращивания зерна колосовых культур при изучаемых системах зяблевой обработки почвы (табл. 2).

В модели управления продукционным процессом зерновых культур показана их продуктивность в зависимости от изучаемых систем зяблевой обработки на экстенсивном и интенсивном фонах в различных метеорологических условиях (рис. 2, 3). Принципы управления продукционным процессом зерновых агроценозов при разных уровнях химизации и условий увлажнения вегетационного периода изложены нами ранее [9].

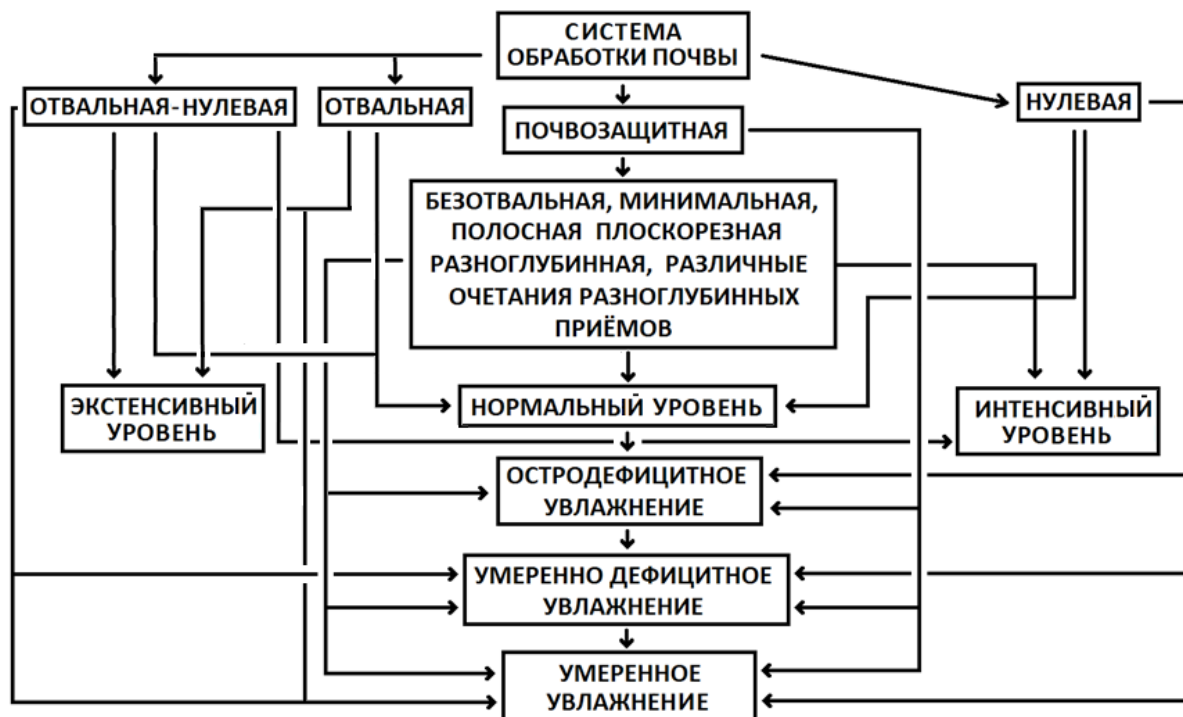


Рис. 1. Логическая модель систем зяблевой обработки чернозема выщелоченного при разных уровнях химизации и условиях увлажнения вегетационного периода

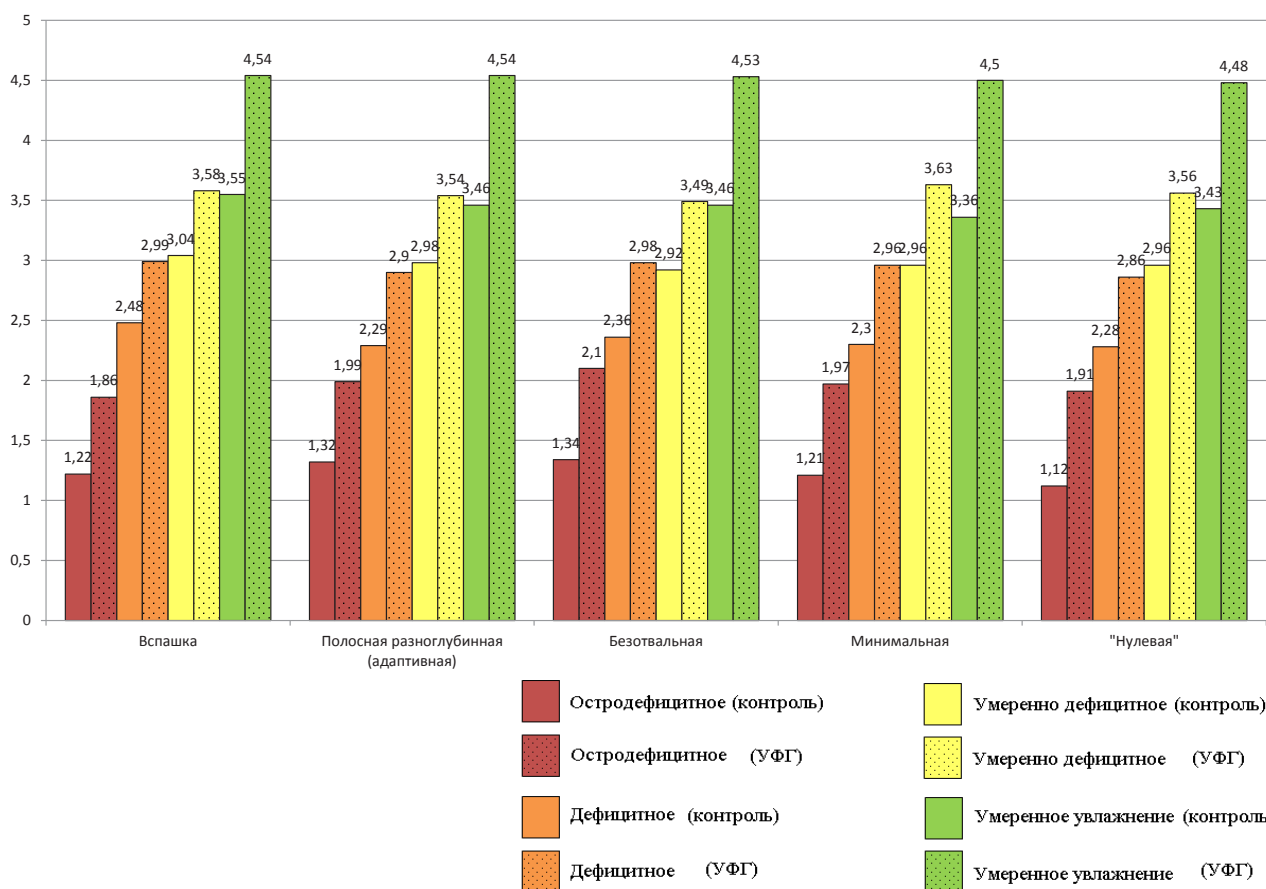


Рис. 2. Модель управления продукционным процессом зерновых культур по пару в зависимости от основной обработки и уровня химизации при разных метеорологических условиях (2001–2018 гг.), т/га

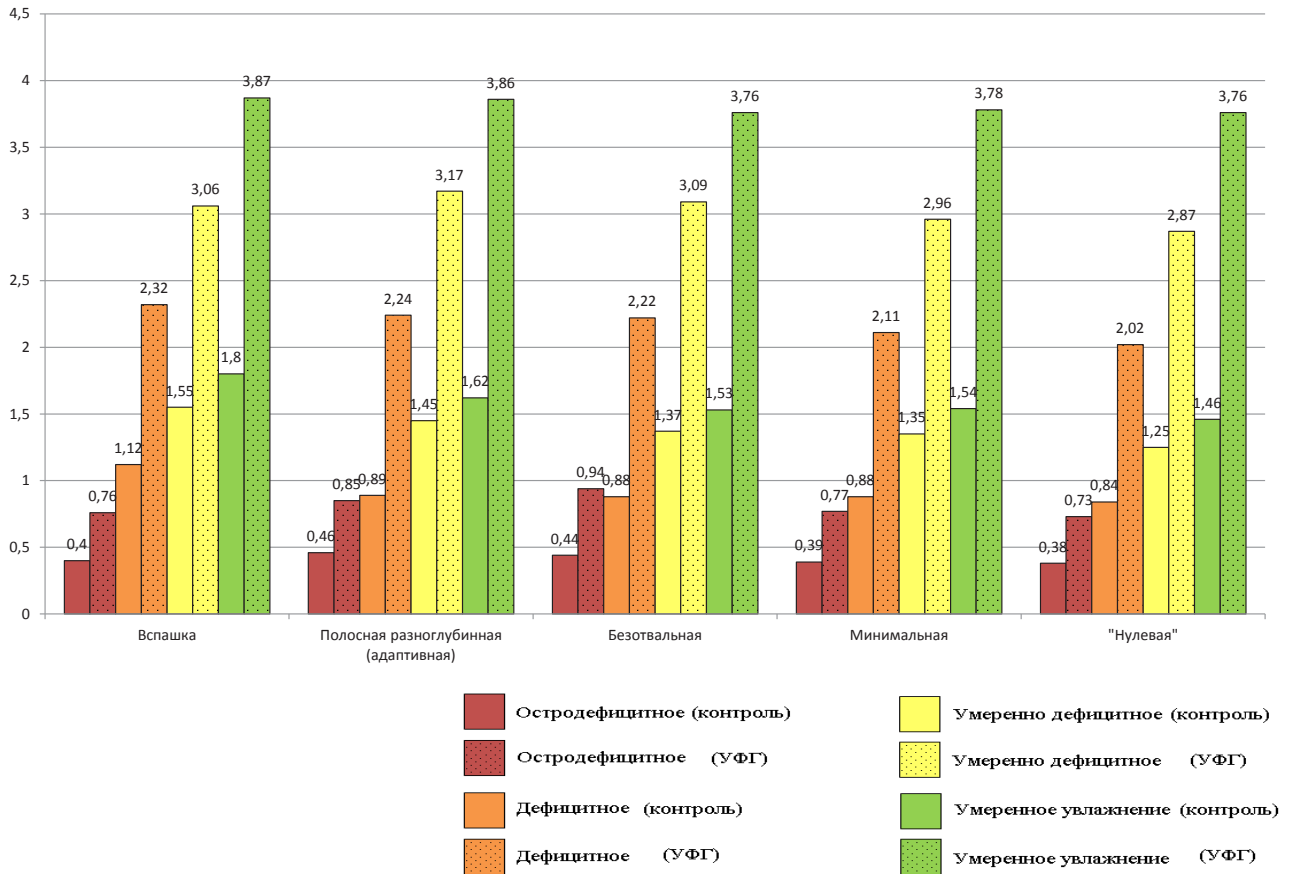


Рис. 3. Модель управления производственным процессом яровой пшеницы по зерновому предшественнику в зависимости от основной обработки и уровня химизации при разных метеорологических условиях, 2001–2019 г., т/га

Таблица 2 – Агроэкологическая модель зяблевой обработки почвы на экстенсивном фоне (общие затраты, расход дизтоплива, коэфф. почвенных деформаций, плотность почвы)

Система основной обработки почвы	Коэфф. увлажнения	Общие технологические затраты, руб./га		Расход дизельного топлива на выполнение основной обработки, кг/га	Коэфф. почвенных деформаций, %	Плотность почвы в слое 0–10 см, г/см <sup>3</sup>	
		паровой предшественник	зерновой предшественник			Озимая рожь	яровая пшеница по пару
1	2	3	4	5	6	7	8
Вспашка	0,8–1,3 и более	12 794	11 344	21,4	100	1,10	0,99
Комбинированная минимальная	0,8–1,3 и более	12 063	10 477	–	–	–	–
Плоскорезная разноглубинная	0,8–1,3 и более	12 039	10 456	14,3	56	–	–
Безотвальная	0,8–1,3 и более	12 504	10 854	19	96	1,02	0,99
Безотвальная разноглубинная	0,8–1,3 и более	11 967	10 314	–	–	–	–
Минимальная	0,5–0,8	11 968	10 354	4,7	33	1,08	1,01
«Нулевая»	0,5–0,8	11 429	9734	–	–	1,14	1,10

Таблица 3 – Агроэкологическая модель зяблевой обработки почвы на экстенсивном фоне (плотность почвы, засоренность)

Система основной обработки почвы	Плотность почвы в слое 0–10 см, г/см <sup>3</sup>		Засоренность посевов зерновых в четырехпольном зернопаровом севообороте, %			Среднее на площадь посевов, %	Плотность почвы в слое 0–30 см, г/см <sup>3</sup>	
	2-я культура	3-я культура	1-я культура после пара	2-я культура после пара	3-я культура после пара		озимая рожь по пару	яровая пшеница по пару
	9	10	11	12	13	14	15	16
Вспашка	0,96	1,11	5,0	13,4	23,4	13,9	1,13	1,07
Комбинированная минимальная	–	–	7,6	19,5	31,8	19,6	–	–
Плоскорезная разноглубинная	–	–	8,0	20,1	33,0	20,4	–	–
Безотвальная	1,09	1,09	6,7	17,6	28,2	17,5	1,11	1,07
Безотвальная разноглубинная	–	–	8,2	20,9	33,4	20,8	–	–
Минимальная	1,06	1,12	8,4	20,7	33,2	20,8	1,18	1,12
«Нулевая»	1,01	1,12	9,6	24,4	38,8	24,3	1,19	1,13

Таблица 4 – Агроэкологическая модель зяблевой обработки почвы на экстенсивном фоне (физические свойства почвы)

Система основной обработки почвы	Содержание агрономически ценных фракций (0,25–10 мм) по зерновому предшественнику, %		Фактор дисперсности почвы				Содержание истинных водопрочных агрегатов в черноземе выщелоченном, %	
	в слое почвы 0–10 см	в слое почвы 0–30 см	0–10 см	10–20 см	20–30 см	0–30 см	0–10 см	0–30 см
	17	18	19	20	21	22	23	24
Вспашка	63,9	59,3	6,9	6,2	4,3	5,8	21,1	21,3
Безотвальная	66,1	62,7	7,5	7,6	7,3	7,5	17,0	16,5
Минимальная	61,0	58,5	6,5	9,1	7,6	7,7	18,8	16,6
«Нулевая»	60,9	58,4	10,6	9,3	5,5	8,5	17,6	16,9

Таблица 5 – Агроэкологическая модель зяблевой обработки почвы на экстенсивном фоне (агрохимические свойства почвы)

Система основной обработки почвы	Содержание нитратного азота в 0–100 см слое почвы перед посевом зерновых культур на экстенсивном фоне, кг/га			Содержание подвижного фосфора в 0–20 см слое почвы перед посевом зерновых культур на экстенсивном фоне, мг/кг		
	1-я культура	2-я культура	3-я культура	1-я культура	2-я культура	3-я культура
	25	26	27	28	29	30
Вспашка	150	78	57	0,64	0,65	0,51
Безотвальная	143	63	57	0,53	0,50	0,52
Минимальная	130	64	58	0,67	0,64	0,58
«Нулевая»	124	63	58	0,87	0,59	0,44





Таблица 6 – Агроэкологическая модель зяблевой обработки почвы на экстенсивном фоне (запасы продуктивной влаги)

Система основной обработки почвы	Запасы продуктивной влаги в 0–100 см слое почвы перед посевом колосовых культур в зависимости от систем основной обработки за период исследований 1991–2017 гг., мм		
	озимая рожь по пару, 1991–2006 гг.	яровая пшеница по пару, 2007–2017 гг.	яровая пшеница по зерновому предшественнику, 1991–2017 гг.
	31	32	33
Вспашка	138	129	123
Безотвальная	139	142	136
Минимальная	141	135	118
«Нулевая»	131	130	115

Данная разработка может использоваться в хозяйствах для оптимизации систем зяблевой обработки черноземных почв под зерновые культуры с учетом метеорологических условий при разных уровнях химизации. Это позволит сельхозпроизводителям рационально использовать средства химизации в своей производственной деятельности с учетом особенностей почвенно-климатических условий, биологии возделываемых сельскохозяйственных культур и производственных ресурсов предприятий.

#### Список литературы

1. Минимизация основной обработки черноземов под зерновые культуры в лесостепи Западной Сибири : метод. пособие / В. Е. Синещеков, В. Н. Слесарев, Н. В. Васильева, Г. И. Ткаченко ; СибНИИЗиХ СФНЦА РАН. Новосибирск, 2018. 90 с.
2. Синещеков В. Е. Роль лесополос в формировании противодефляционной устойчивости почв агроландшафтов юга Западной Сибири / РАСХН. Сиб. отд-ние. ГНУ СибНИИЗХим. Новосибирск, 2006. 144 с.
3. Носонов А. М. Современные методы моделирования развития сельского хозяйства // Вестник Московского государственного областного университета. Сер. : Естественные науки. 2018. С. 62–71.
4. Кирюшин В. И., Фрумин И. Л. Математическое моделирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия (на примере Зауралья) // Известия ТСХА. 2004. Вып. 2. С. 27–35.
5. Каличкин В. К., Задков А. П. Выбор и адаптация агротехнологий // Сибирский Вестник с.-х. науки. 2019. Т. 1. С. 68–79.
6. Реестр длительных стационарных полевых опытов государственных научных учреждений Сибирского отделения Россельхозакадемии / сост. : Л. Ф. Ашмарина, А. И. Ермохина, Т. А. Галактионова ; под общ. ред. акад. Россельхозакадемии Н. И. Кашеварова. Россельхозакадемия. Сиб. отд-ние. Изд. 1-е. Новосибирск, 2009. 285 с.
7. Синещеков В. Е. Агрофизические свойства черноземов выщелоченных при минимизации основной обработки почвы // Агрохимия. 2017. № 7. С. 19–25.
8. Синещеков В. Е., Васильева Н. В., Дудкина Е. А. Экономическая эффективность производства зерна яровой пшеницы при разных ценах реализации // Казанский вестник ГАУ. 2018. № 4 (051). С. 160–167.
9. Синещеков В. Е., Васильева Н. В., Дудкина Е. А. Роль погодных условий в формировании продуктивности колосовых культур при минимизации зяблевой обработки // АПК России. 2018. Т. 25. № 2. С. 228–233.

**Синещеков Виктор Ефимович**, д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией, СибНИИЗиХ СФНЦА РАН  
E-mail: sivi\_01@mail.ru.

\* \* \*

УДК 621.365:62-192

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО РЕСУРСА ДЛЯ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ  
ПЛЕНОЧНОГО ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЯ  
С ПРОВОЛОЧНЫМ РЕЗИСТИВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ**

**В. А. Буторин, И. Б. Царев, Д. В. Буторин**

В статье приведена конструкция термоэлектрического мата для прогрева грунта, в состав которого входит усовершенствованный пленочный электронагреватель с резистивным элементом в виде высокоомной проволоки. Получено выражение для оценки среднего ресурса такого пленочного электронагревателя, исходя из вероятности снижения напряжения пробоя изоляции ниже предельно допустимого значения. Даны рекомендации по экспериментальным исследованиям, необходимым для получения численной оценки среднего ресурса с помощью полученного выражения.

*Ключевые слова:* мат для прогрева грунта, пленочный электронагреватель, проволочный резистивный элемент, средний ресурс.

Электрификация объектов АПК производится с помощью воздушных и кабельных линий. Особенности подключения производственных сооружений в сельском хозяйстве, минимизация свободной территории, повышение коэффициента использования сельскохозяйственных угодий увеличивает необходимость использования кабельных линий в общей системе линий электропередач.

В условиях сельского хозяйства чаще всего используется наиболее экономичная по капитальным затратам прокладка кабельных линий в земле. В зимний период перед прокладкой кабельной линии для рытья траншей производят прогрев грунта, обычно электротермическими

способами [1]. К этим способам прогрева грунта можно отнести применение стальных электродов вертикального и горизонтального исполнения, электрические нагреватели трубчатого исполнения, отражатели рефлекторного типа с нагревателями из нихромовой или фехральной проволоки, термоэлектрические маты.

В настоящее время все чаще начинают использовать для прогрева грунта термоэлектрические маты. Нагревание грунта путем применения термоэлектрических матов осуществляется на основе инфракрасного излучения. Излучательным прибором инфракрасного излучения являются пленочные электронагреватели. Пленочные электронагреватели выпуска-



ются зарубежными предприятиями Германии, Финляндии, Кореи и др. Одной из организаций нашей страны, занимающейся исследованием пленочных электронагревателей, является Южно-Уральский ГАУ. Общий вид термоэлектрического мата представлен на рисунке 1.

Пленочный электронагреватель, разработанный в Южно-Уральском ГАУ, представлен на рисунке 2. Он состоит из трех слоев полиэтиленовой пленки, между первым и вторым слоем располагаются резистивные элементы, по которым протекает электрический ток. Между вторым и третьим слоями помещен излучатель.

Пленочный электронагреватель с проволочным нагревательным контуром имеет более низкую стоимость и более высокую технологичность изготовления по сравнению с вышеуказанным пленочным нагревателем с резистивным элементом из металлической фольги. Однако надежность пленочного электронагревателя с проволочным контуром к настоящему

времени практически не изучена. Данные о надежности необходимы для выставления этих нагревателей на рынок продаж.

В настоящей работе предложена модель для оценки среднего ресурса модернизированного пленочного электронагревателя с целью определения возможности его использования в реальных условиях применения по назначению. Для получения численных значений среднего ресурса модернизированного пленочного электронагревателя предлагается провести ускоренные испытания.

**Цель исследований:** разработка выражения для оценки среднего (50-процентного) ресурса пленочного электронагревателя.

### Теоретические исследования

Ресурс пленочного электронагревателя определяется состоянием его изоляции.

В работе [2] показано, что зависимость пробивного напряжения  $U$  изоляции пленочного электронагревателя от наработки описывается степенной функцией

$$U = U_0 - V \cdot t^\alpha, \quad (1)$$

где  $U_0$  – пробивное напряжение изоляции после периода приработки, В;

$V$  – параметр, определяющий скорость старения изоляции, В/ч<sup>α</sup>;

$t$  – наработка, ч;

$\alpha$  – параметр, характеризующий изменения пробивного напряжения от наработки.

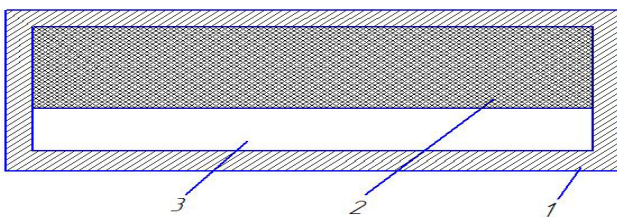
Параметр  $\alpha$  для типоразмеров определенного класса изделий является постоянным.

При достижении пробивным напряжением  $U$  своего предельно допустимого значения  $U_{np}$  наработка  $t$  будет равна ресурсу  $T$ , поэтому

$$T = \sqrt[\alpha]{(U_0 - U_{np})/V}. \quad (2)$$

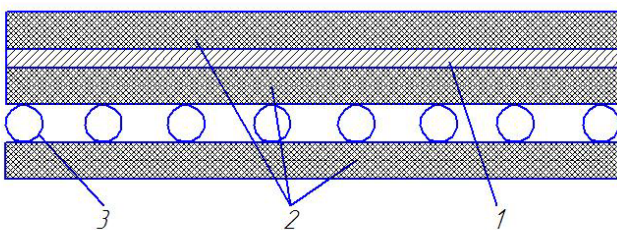
В работах [3] отмечается, что согласно центральной предельной теореме А.М. Ляпунова, величина  $V$  распределена близко к нормальному закону, с параметрами  $m_V$  – математическое ожидание  $V$  и  $\sigma_V$  – среднее квадратическое отклонение  $V$ .

Так как пробивное напряжение  $U$  прямо пропорционально  $V$ , то  $U$  также описывается нормальным распределением с параметрами  $m_U$  – математическое ожидание  $U$  и  $\sigma_U$  – среднее квадратическое отклонение  $U$ .



- 1 – оболочка, выполненная из гибкого электроизоляционного материала; 2 – слой, выполненный из теплоизоляционного материала;
- 3 – пленочный электронагреватель

Рис. 1. Термоэлектрический мат



- 1 – излучатель из тонкой алюминиевой фольги;
- 2 – термостойкие электроизоляционные пленки;
- 3 – нагревательный контур из высокоомной проволоки

Рис. 2. Пленочный электронагреватель

Значения величин  $m_U$  и  $\sigma_U$ , как следует из (1), определяются по формулам

$$m_U = U_0 - m_V \cdot t^\alpha, \quad \sigma_U = \sigma_V \cdot t^\alpha. \quad (3)$$

Вероятность безотказной работы  $P$  пленочного электронагревателя есть вероятность того, что напряжение пробоя его изоляции будет больше предельной величине этого напряжения  $U_{np}$  [4], вследствие этого

$$P = \int_{U_{np}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_U} \exp\left[-\frac{(U - m_U)^2}{2\sigma_U^2}\right] dU. \quad (4)$$

После замены переменной  $x = (U - m_U)/\sigma_U$  интеграл (4) выражается через функцию Лапласа  $\Phi(x)$ :

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx. \quad (5)$$

Следующим образом

$$P = 0,5 + \Phi\left(\frac{m_U - U_{np}}{\sigma_U}\right). \quad (6)$$

Выразив в формуле (6) величины  $m_U$  и  $U_{np}$  из равенств (3), получим зависимость вероятности безотказной работы  $P(t)$  пленочного электронагревателя от наработки:

$$P(t) = 0,5 + \Phi\left(\frac{U_0 - U_{np} - m_V t^\alpha}{\sigma_V t^\alpha}\right). \quad (7)$$

По результатам проведения стендовых испытаний определяются значения математического ожидания скорости изменения пробивного напряжения при единичной наработке  $m_{y(t=1)}$  и ее среднеквадратическое отклонение  $\sigma_{y(t=1)}$  единичной наработке. Параметры  $m_V$  и  $\sigma_V$  выражаются через  $m_{y(t=1)}$  и  $\sigma_{y(t=1)}$  следующим образом [4]:

$$m_V = \frac{-m_{y(t=1)}}{\alpha} \cdot \mu; \quad \sigma_V = \frac{\sigma_{y(t=1)}}{\alpha} \cdot \mu, \quad (8)$$

где  $\mu$  – коэффициент, введенный для согласования размерности, численно равный единице ( $\mu = 1$ ) с размерностью  $\text{ч}^{\alpha-1}$ .

После подстановки равенств (8) в уравнение (7) получим

$$P(t) = 0,5 + \Phi\left(\frac{U_0 - U_{np} + \frac{m_{y(t=1)}}{\alpha} \cdot \mu \cdot t^\alpha}{\frac{\sigma_{y(t=1)}}{\alpha} \cdot \mu \cdot t^\alpha}\right). \quad (9)$$

Следует отметить, что выражение (9) ранее было получено И.Б. Царевым и А.Н. Ткачевым [5] и использовалось в дальнейшем для определения плотности распределения ресурса пленочных электронагревателей с резистивным слоем из металлической фольги.

Под скоростью изменения пробивного напряжения при единичной наработке  $y(t = 1)$  понимают производную от величины пробивного напряжения по наработке после периода стабилизации:

$$y(t = 1) = \left. \frac{dU}{dt} \right|_{t=1}. \quad (10)$$

Отметим, что эта производная вместе с  $m_{y(t=1)}$  – величины отрицательные.

Из определения среднего (50-процентного) ресурса  $T_{50}$  следует, что если вероятность безотказной работы в выражении (9) принимает значение, равное 0,5, то текущее значение наработки будет равно 50-процентному ресурсу, и выражение (9) принимает вид

$$0,5 = 0,5 + \Phi\left(\frac{U_0 - U_{np} + \frac{m_{y(t=1)}}{\alpha} \cdot \mu \cdot T_{50}^\alpha}{\frac{\sigma_{y(t=1)}}{\alpha} \cdot \mu \cdot T_{50}^\alpha}\right). \quad (11)$$

В выражении (11) функция Лапласа принимает значение, равное нулю. В этом случае равен нулю аргумент этой функции, а следовательно, и числитель аргумента:

$$U_0 - U_{np} + \frac{m_{y(t=1)}}{\alpha} \cdot \mu \cdot T_{50}^\alpha = 0. \quad (12)$$

Разрешая равенство (12) относительно  $T_{50}$ , получим формулу для расчета 50-процентного ресурса пленочного электронагревателя:



$$T_{50} = \alpha \sqrt{\frac{\alpha(U_{\text{пр}} - U_0)}{\mu m_{y(t=1)}}}. \quad (13)$$

### Выводы и рекомендации

Средний ресурс пленочного электронагревателя, который используется в термоэлектрических матах для прогрева грунта, описывается выражением (13). Для численной оценки ресурса пленочного электронагревателя с проволочным резистивным элементом по выражению (13) необходимо:

- провести ускоренные стендовые испытания на среднем уровне воздействующих факторов для определения начального пробивного напряжения  $U_0$  и скорости изменения пробивного напряжения при единичной наработке  $m_{y(t=1)}$ ;
- установить величину предельно допустимого напряжения  $U_{\text{пр}}$  и параметра  $\alpha$  из технической литературы с приведенными результатами исследований А.Н. Ткачева.

Это может послужить темой для дальнейших исследований.

### Список литературы

1. Козлов В. А., Куличкович Л. М. Прокладка, обслуживание и ремонт кабельных линий. Л. : Энергоиздат, 1984. 248 с.
2. Буторин В. А., Царев И. Б., Ткачев А. Н. Теоретическая оценка плотности распределения ресурса пленочных электронагревателей // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 1. С. 79–80.
3. Кузнецов Н. Л. Надежность электрических машин. М. : Изд. дом МЭИ, 2006. 432 с.
4. Ткачев А. Н. Методика ускоренной оценки ресурса пленочных электронагревателей (на примере работы ПЛЭН в условиях животноводства) : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2015. 162 с.

---

**Буторин Владимир Андреевич**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.  
E-mail: butorin\_chgau@list.ru.

**Царев Игорь Борисович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.  
E-mail: tsarev@citydom.ru.

**Буторин Дмитрий Владимирович**, канд. техн. наук, инженер, Московская объединенная электросетевая компания.  
E-mail: butorin\_chgau@list.ru.

\* \* \*

УДК 628.94

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В СВЕТОДИОДНОМ СВЕТИЛЬНИКЕ

**А. Г. Возмилов, Т. А. Широбокова, М. А. Набатчикова, Т. В. Цыркина**

В статье рассматриваются способы применения эффекта Пельтье и эффекта Зеебека в теплонагруженных элементах. Поэтому целью исследований является разработка математической модели, связывающей мощность светодиодов и температуры радиатора светильника. Математическая модель теплового режима описана с помощью уравнений теплового баланса. Приведенная математическая модель светодиодного источника света позволяет произвести численную оценку теплоты, выделяемой полупроводниковым кристаллом установленной мощности при использовании ребристого радиатора.

*Ключевые слова:* термоэлектрическая генерация, электрическая энергия, теплота, термopара, система охлаждения.

Поиск новых источников электрической энергии, а также повышение энергоэффективности потребителей электрической энергии является одной из важнейших задач современной науки [1–6]. Термоэлектрическая генерация, основанная на эффекте Зеебека, обеспечивает преобразование тепловой энергии в электрическую при соприкосновении двух проводников, выполненных из разнородных материалов, находящихся под воздействием градиента температур. Данный эффект, открытый еще в первой половине XIX века, нашел широкое применение в основном в измерительной технике, однако рассмотрим возможность его применения для

генерации электрической энергии в светодиодном осветительном приборе [7].

### **Материалы и методы**

Возникновение термоэлектрического эффекта обеспечивается последовательным соединением термопар, образованных ребром радиатора и присоединенной к нему проволокой из металла, имеющего положительный коэффициент термоЭДС. В рассматриваемой модели светильника (рис. 1) предусматривается изменение конструкции ребра радиатора, что позволяет преобразовать тепло, выделяемое оптическим элементом, в электрическую энергию за счет возникновения термоэлектрического эффекта.



К ребру 13 радиатора присоединена металлическая проволока, точки горячего спаев 15 и холодного спаев 12 расположены на нижней и верхней части радиатора 8 соответственно, образуя термопару. Образующаяся разница температур спаев 12 и 15 приводит к возникновению термоЭДС и зарядке аккумулятора. Электрическая энергия, запасенная в аккумуляторе, расходуется на питание светодиодных модулей светильника.

При отсутствии разности температур, напряжения всех термопар будут одинаковы, а так как точки спаев сверху имеют полярность, противоположную точкам снизу, то их напряжения взаимокompенсируются и выходное напряжение будет равно нулю. В предлагаемой модели между верхними и нижними точками спаев возникает разница температур, напряжение каждой левой термопары будет больше напряжения каждой правой, в результате чего общее напряжение будет равно сумме всех дифференциалов напряжений, что увеличит значение термоЭДС.

Возникновение градиента температур между точками холодного и горячего спаев приводит к возникновению эффекта Зеебека и термоЭДС, которая количественно определяется формулой [8, 9, 10]:

$$E = \alpha_{cp} \cdot (T_r - T_x), \quad (1)$$

где  $\alpha_{cp}$  – среднее значение коэффициента термоЭДС, В/град;

$T_r$  – температура горячего спаев, °С;

$T_x$  – температура холодного спаев, °С.

Для определения термоЭДС пары проводников необходимо знать коэффициенты термоЭДС этих проводников относительно третьего, используемого в качестве эталона. В данной роли чаще всего выступает платина.

Кроме эффекта Зеебека в проводниках, находящихся под воздействием градиента температур, возникает эффект Томпсона и джоулево тепловыделение, приводящие к интенсификации теплообменных процессов в проводниках [7, 8]. Анализируя баланс мощностей в термопаре, с учетом всех вышеперечисленных тепловых процессов получим электрическую мощность на полезной нагрузке:

$$W = [(T_r - T_x) \cdot \alpha_{cp} - I \cdot r] \cdot I, \quad (2)$$

где  $I$  – ток термопары, А;

$r$  – внутреннее сопротивление источника питания, Ом.

При постоянных значениях перепада температур полезная мощность будет зависеть от сопротивления нагрузки:

$$W = \frac{E^2 \cdot R}{(R + r)^2}, \quad (3)$$

где  $E$  – напряжение одного термоэлектрического элемента, В;

$R$  – сопротивление термоэлектрического элемента (ТЭЭЛ) в зависимости от материала проводника, Ом.

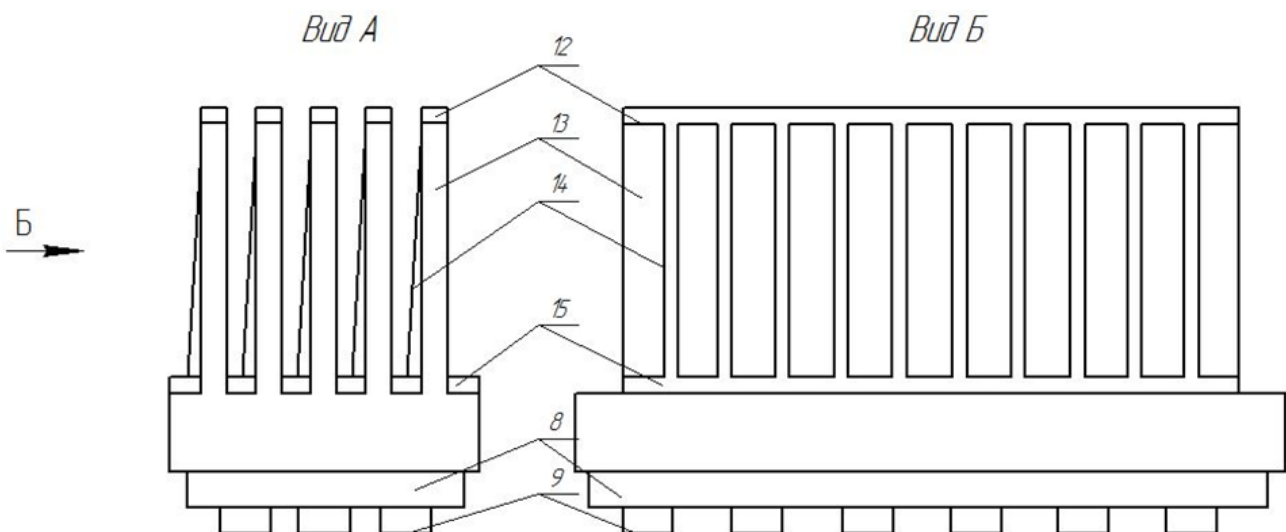


Рис. 1. Конструкция радиатора светильника

Эффективность ТЭЭЛ зависит от следующих параметров:

1) теплового КПД

$$\eta_r = \frac{\frac{E^2}{4 \cdot r}}{\left[ T_r \cdot \alpha_{cp} \cdot I + \lambda_{cp} \cdot (T_r + T_x) - \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot r \right]}; \quad (4)$$

2) КПД цикла Карно

$$\eta_k = \frac{T_r}{T_r - T_x}; \quad (5)$$

3) добротности материала термопары

$$Z = \frac{\alpha_{cp}^2}{\left( \sqrt{\lambda_1 \cdot \rho_2} + \sqrt{\lambda_2 \cdot \rho_1} \right)^2}, \quad (6)$$

где  $\lambda_{cp}$  – среднее значение удельной теплопроводности материала, Вт/(м·град);

$\lambda_1, \lambda_2$  – удельная теплопроводность материала, Вт/(м·град);

$\rho_1, \rho_2$  – удельное сопротивление, Ом·м.

Полезная мощность достигает своего максимума при минимальном значении соотношения полезной нагрузки к сопротивлению ТЭЭЛ, при котором достигается наибольшая величина КПД:

$$M = \frac{R}{r} = \sqrt{1 + \frac{1}{2} \cdot (T_r + T_x) \cdot Z}. \quad (7)$$

Напряжение одного термоэлектрического элемента при условии максимального КПД:

$$E = \alpha_{cp} \cdot (T_r - T_x) \cdot \frac{M}{1 + M}. \quad (8)$$

Количество термоэлектрических элементов определяется:

$$n = \frac{U_n}{E}, \quad (9)$$

где  $U_n$  – номинальное значение выходного напряжения, В.

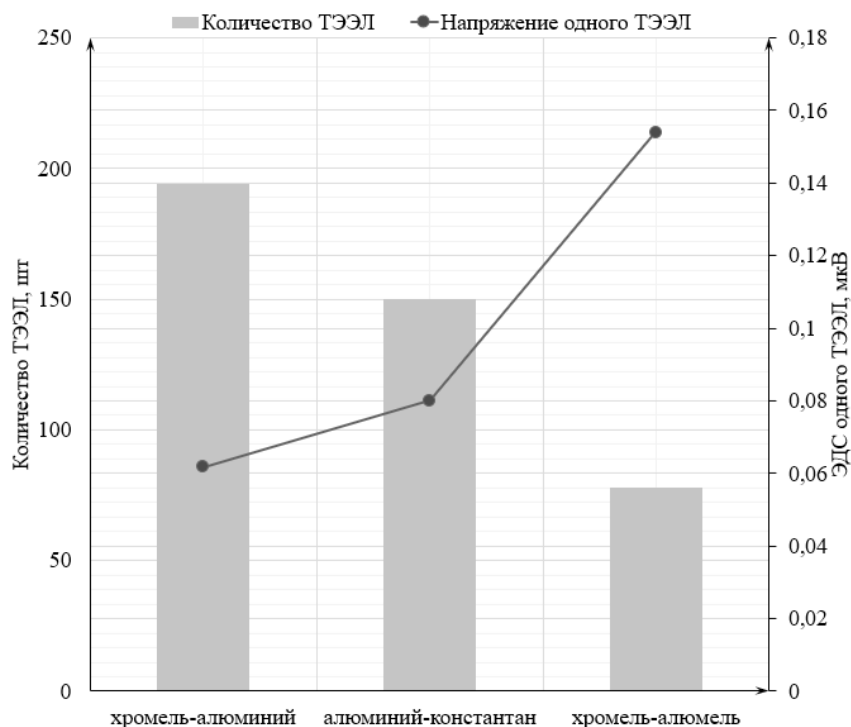


Рис. 2. Зависимость количества и напряжения одного ТЭЭЛ в зависимости от материала термопары





### Результаты исследований

Для предлагаемой конструкции светильника были рассмотрены различные материалы термоэлементов и произведен расчет необходимого количества термоэлектрических элементов, способных обеспечить номинальное значение выходного напряжения (12 В). Были проанализированы следующие виды материалов: хромель-алюмель, хромель-алюминий и алюминий-константан. На рисунке 2 показаны зависимости количества и напряжения одного ТЭЭЛ от материала термопары.

Точки спаев термопар, образованных металлической проволокой и радиатором светильника, во время работы светильника имеют разную температуру. Температура горячего спае не должна превышать 70–80 °С, в ином случае это может привести к быстрому выходу светодиодов из строя или деградации светового потока.

Температура холодного спае зависит от конструкции радиатора светильника и температуры окружающей среды. При наружном размещении светильника наличие средних отрицательных ночных температур в течение

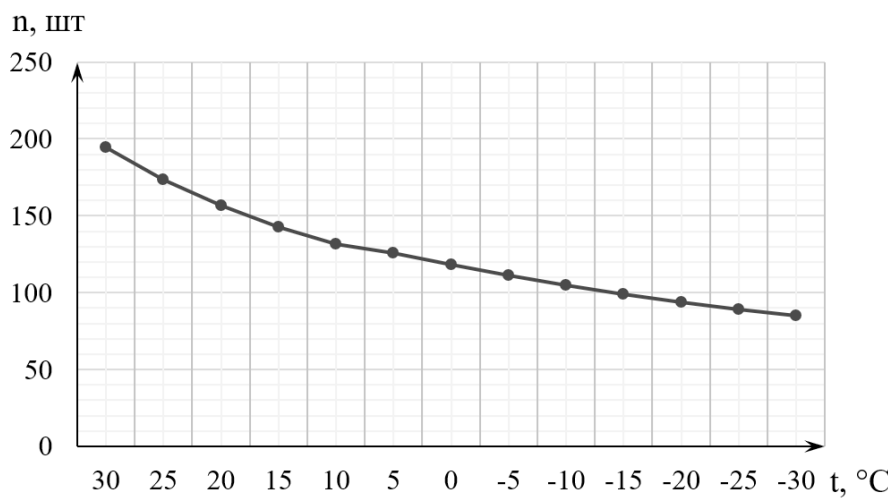


Рис. 3. Зависимость количества ТЭЭЛ от температуры окружающей среды

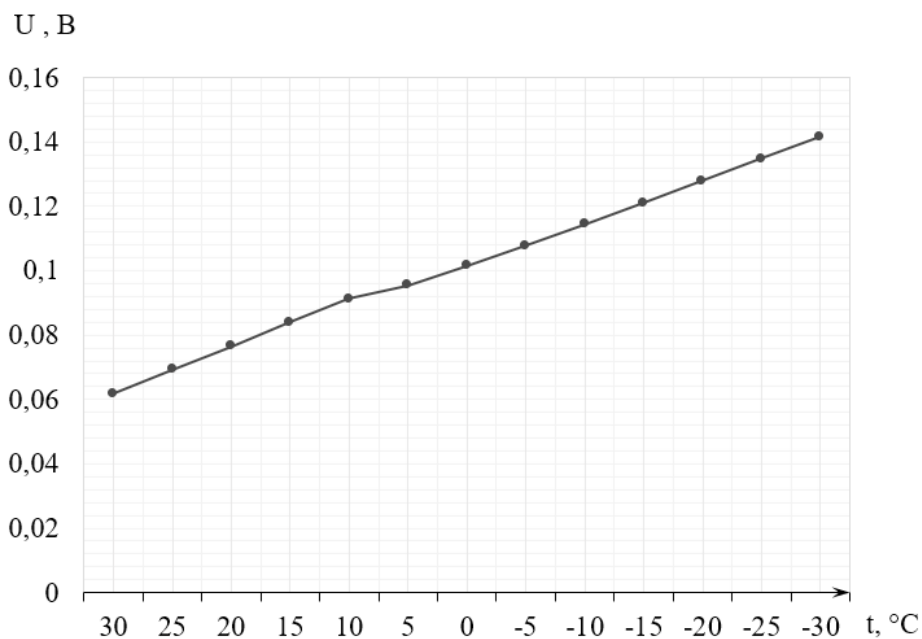


Рис. 4. Зависимость напряжения, вырабатываемого одним ТЭЭЛ в зависимости от температуры окружающей среды

5–6 месяцев в году обеспечивает снижение необходимого числа термоэлектрических элементов. Однако при рассмотрении конструкции светильника с определенным количеством термопар увеличение градиента температур за счет изменения сезонности обеспечит увеличение количества энергии, вырабатываемой одной термопарой, что приведет к увеличению тока на нагрузке и повышению эффективности системы в целом.

### Выводы

Таким образом, теоретические расчеты показывают эффективность предлагаемой модели наружного источника света, особенно в условиях отрицательных зимних ночных температур окружающей среды.

### Список литературы

1. Loshkarev I. Yu., Shirobokova T. A. Methods for assessing the parameters of LED-based lighting in livestock houses // ITBI. 2019. J. Phys.: Conf. Ser 1333 (2019) 062013. P. 1–4. Doi: 10.1088/1742-6596/1333/6/062013.
2. Implementation of the energy-saving lighting mode in the poultry-farming house due to the automated control system / I. Yu. Loshkarev, T. A. Shirobokova, I. A. Baranova, S. D. Batanov // ITBI. 2019, J. Phys.: Conf. Ser 1333 (2019) 042019. P. 1–5. Doi: 10.1088/1742-6596/1333/4/042019.
3. Loshkarev I. Yu., Shirobokova T. A., Shuvalova L. A. Automation of artificial lighting design for dairy herd cows // ITBI. 2019 J. Phys.: Conf. Ser 1333 (2019) 042018. P. 1–5. Doi: 10.1088/1742-6596/1333/4/042018.
4. Результаты экспериментальных исследований осветительного прибора на основе светодиодов с улучшенными техническими характеристиками / А. Г. Возмилов, Т. А. Широбокова, Р. Ю. Илимбетов, Л. А. Шувалова // АПК России. 2019. Т. 26. № 2. С. 189–192.
5. Чепкасова М. А., Широбокова Т. А. Способы применения термоэлектрического эффекта в теплонагруженных элементах // Актуальные проблемы энергетики АПК : матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В. А. Трушкина. 2018. С. 235–236.
6. Пат. на полезн. модель RU 191976. Светодиодный осветительный прибор с использованием термопары / М. А. Чепкасова, Т. А. Широбокова, И. Г. Поспелова. № 2019106261 ; заявл. 05.03.2019 ; опубл. 29.08.2019.
7. Анатычук Л. И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства. Справочник. Киев : Наукова думка, 1979. 765 с.
8. Поздняков Б. С., Коптелов Е. А. Термоэлектрическая энергетика. М. : Атомиздат, 1974. 264 с.
9. Аналитическая оценка влияния термоэлектрических эффектов на интенсификацию теплоотдачи от охлаждаемой ребренной поверхности / И. М. Илюхин, А. В. Кретинин, М. И. Кирпичев, В. Г. Стогней // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2014. № 4. Т. 10. С. 44–47.

---

**Возмилов Александр Григорьевич**, д-р техн. наук, профессор, кафедра «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: [vozmiag44@rambler.ru](mailto:vozmiag44@rambler.ru).

**Широбокова Татьяна Александровна**, канд. техн. наук, доцент, кафедра электротехники, электрооборудования и электроснабжения, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия.

E-mail: [9048336842@mail.ru](mailto:9048336842@mail.ru).

**Набатчикова Мария Алексеевна**, аспирант, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия.

E-mail: [chepkasova\\_m\\_a@mail.ru](mailto:chepkasova_m_a@mail.ru).

**Цыркина Татьяна Владимировна**, старший преподаватель, кафедра электротехники, электрооборудования и электроснабжения, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия.

E-mail: [9128336842@mail.ru](mailto:9128336842@mail.ru).

\* \* \*

УДК 621.313.13

## **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОГРАНИЧЕНИЯ РЕЗОНАНСА В ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАХ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЗАРЕЗОНАНСНОЙ ВИБРОЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ**

**А. Г. Возмилов, Р. Б. Яруллин, Р. Ю. Илимбетов, Д. В. Астафьев**

Рассмотрены переходные процессы пуска и выбега виброзерноочистительной машины, показана целесообразность осуществления торможения данной машины асинхронным электродвигателем, работающим в динамическом режиме. Основными энергонасыщенными узлами электропривода вибромашины являются вибрация рабочих органов в холостом режиме (трение подшипников вибратора за счет центробежных сил дисбалансов) и клиноременной вариатор скорости. Ограничение резонанса при пуске возможно применением современных асинхронных двигателей серий 5А, у которых пусковой момент имеет такой же порядок, что и критический, а также применением саморегулируемых вибраторов, осуществляя пуск под технологической нагрузкой. При пуске многорешетной ВЗМ с обычным вибратором превышение резонансных амплитуд относительно установившихся рабочих в среднем составляет для вертикальных колебаний 4,22 раза, для поворотных 4,25 раза. Рассмотрены вопросы технико-экономических аспектов от использования регулирования кинематических параметров виброзерноочистительной машины. Использование частотно регулируемого асинхронного электропривода ВЗМ с саморегулируемым вибратором позволяет уменьшить мощность электродвигателя в 2–2,5 раза, потери мощности в 4,3 раза.

*Ключевые слова:* виброзерноочистительная машина, резонанс, амплитуда колебаний, инерционный саморегулируемый вибратор.

Для качественного разделения семян сельскохозяйственных культур от трудноотделимых примесей и семян сорняков предпочтительны зарезонансные виброзерноочистительные машины (ВЗМ) с вибраторами инерционного типа с асинхронным двигателем (АД). Однако зарезонансным ВЗМ приходится постоянно преодолевать резонанс при пуске и остановке машины, сопровождающийся повышенными энергозатратами. С целью обеспечения качественной сепарации различных смесей семян на ВЗМ требуется плавно регулировать частоту и амплитуду колебаний рабочего органа ВЗМ по гиперболическому закону [1]. На базовом варианте ВЗМ частоту колебаний регулируют плавно клиноременным

вариатором скорости, амплитуду колебаний – ступенчато за счет изменения массы неподвижных дебалансов. Однако клиноременной вариатор скорости не обеспечивает необходимую стабильность частоты колебаний, часто требуется их корректировка, замена изношенных ремней, что снижает производительность и, главное, кондицию семян и тем самым цену реализуемой продукции. На проектном варианте ВЗМ плавное регулирование частоты колебаний предлагается осуществлять полупроводниковым преобразователем частоты, который одновременно позволяет реализовать плавный пуск и при остановке производить рекомендуемое динамическое торможение серийного АД.

Плавное регулирование амплитуды колебаний по гиперболическому закону осуществляется саморегулируемым инерционным вибратором за счет выдвигания второго подвижного противовеса, подпружиненного фасонной пружиной с нелинейной характеристикой жесткости.

Исследование динамики электропривода виброзерноочистительных машин (ВЗМ) имеет важное значение. Это объясняется двумя обстоятельствами: с одной стороны, вибромашины зарезонансного режима работы, которые за счет стабильности амплитуды колебаний более предпочтительны, неизбежно при пуске и остановке проходят через резонансные состояния колебательной системы, с другой – колебательное движение рабочего органа постоянно оказывает ответное отрицательное воздействие на приводной двигатель [2–4].

Так, в некоторых случаях при пуске вибромашин в момент достижения значений угловой скорости двигателя до значений частоты собственных колебаний, вследствие увеличения резонансных амплитуд колебаний, возрастает момент сопротивления машины до такой степени, что может быть соизмеримым и даже большим, чем момент пусковой ветви механической характеристики двигателя. Даже при учете упомянутых обстоятельств переход резонансного состояния происходит с увеличением амплитуды колебаний в десятки раз. Причем наиболее интенсивно они проявляются в процессе выбега. При этом происходит быстрое разбалтывание затянутых стыков и повышенный износ соединений, что служит причиной частых поломок упругих связей и ряда других элементов конструкций [4]. Если перегрузки не вызывают непосредственно поломки деталей вибромашин, то они сказываются на их усталостной прочности, снижая тем самым надежность и срок службы машины. По эксплуатационным требованиям превышение резонансной амплитуды колебаний в переходном процессе не должно быть больше 2...4 раз от рабочей [5]. Поэтому ограничение резонансных амплитуд является очень важной задачей.

Установлено [6], что, с одной стороны, наименьшую возможную резонансную амплитуду колебаний, в 2,6 раза меньшую рабочей, можно достичь, начиная торможение при угловой скорости  $\omega_{от}$ . С другой стороны [3, 4], рекомендуют собственную частоту колебаний выбирать по возможности небольшой, а торможение при вы-

беге осуществлять противовключением асинхронного двигателя [7].

Нами были проведены исследования [8] переходных процессов пуска и выбега много-решетной ВЗМ с обычным вибратором, а также проведено сравнение способов торможения – динамического и противовключения асинхронным двигателем. Обработка результатов показала, как при пуске превышение резонансных амплитуд относительно установившихся рабочих (допустимое превышение 2–4 раза) доходит для вертикальной составляющей до 3,26–6,74 раза (в среднем 4,22) и поворотной составляющей до 3,28–7,38 (в среднем 4,25). При выбеге они соответственно составляют 5,22–6,96 (в среднем 6,09) и 3,69–6,97 (в среднем 5,53). Приведенные результаты подтверждают необходимость ограничения резонансных амплитуд в этих процессах. Ограничение резонанса при пуске возможно применением современных асинхронных двигателей серий 5А, у которых пусковой момент имеет такой же порядок, что и критический, а также применением саморегулируемых вибраторов, осуществляя пуск под технологической нагрузкой.

На рисунке 1 представлены зависимости превышения резонансных вертикальной  $Z_p/Z_y$  и поворотной  $\varphi_p/\varphi_y$  амплитуд от кратности  $\omega_{от}/\omega_p$  скорости отключения  $\omega_{от}$  торможения противовключением относительно собственной  $\varphi_p$ . Видно, что применяемое на вибромашинах торможение противовключением не обеспечивает снижение резонансных амплитуд в пределах эксплуатационных требований и составляет в среднем  $Z_p/Z_y = 2,75$  и  $\varphi_p/\varphi_y = 4,38$ .

Влияние динамического торможения на резонансные амплитуды колебаний представлено на рисунке 2.

Анализ полученных результатов показывает, что динамическое торможение по сравнению с торможением противовключением по току относительно средних значений имеет меньшие в 1,2 раза значения, а по моменту – более чем в 2 раза. При этом разброс точек уменьшается, что подтверждает протекание процесса более стабильно. Как видно из рисунка, динамическое торможение, начиная с тока  $I_d/I_n = 1,8$ , вполне обеспечивает ограничение резонансных амплитуд в пределах эксплуатационных требований, составляя в среднем  $Z_p/Z_y \leq 1,5$  и  $\varphi_p/\varphi_y \leq 3,8$ .

Основная доля потребляемой мощности ВЗМ приходится на холостой режим работы



машины без технологической нагрузки, которая при граничных скоростях регулирования вариатором скорости составляет для многорешетной ВЗМ [1] 65,3–100,7% и в среднем для 4 типов ВЗМ соответственно 55,1–93,2%. Причем как показывают расчеты, преобладающая часть этой мощности идет на преодоление трения

в подшипниках вибратора от центробежных сил дебалансов. В то же самое время выявлено, что немалая доля мощности при тех же скоростях (от 51% до 31%) теряется на вариаторе.

Установлено, что в переходных режимах пуска и торможения, в проектом варианте регулируемого асинхронного электропривода

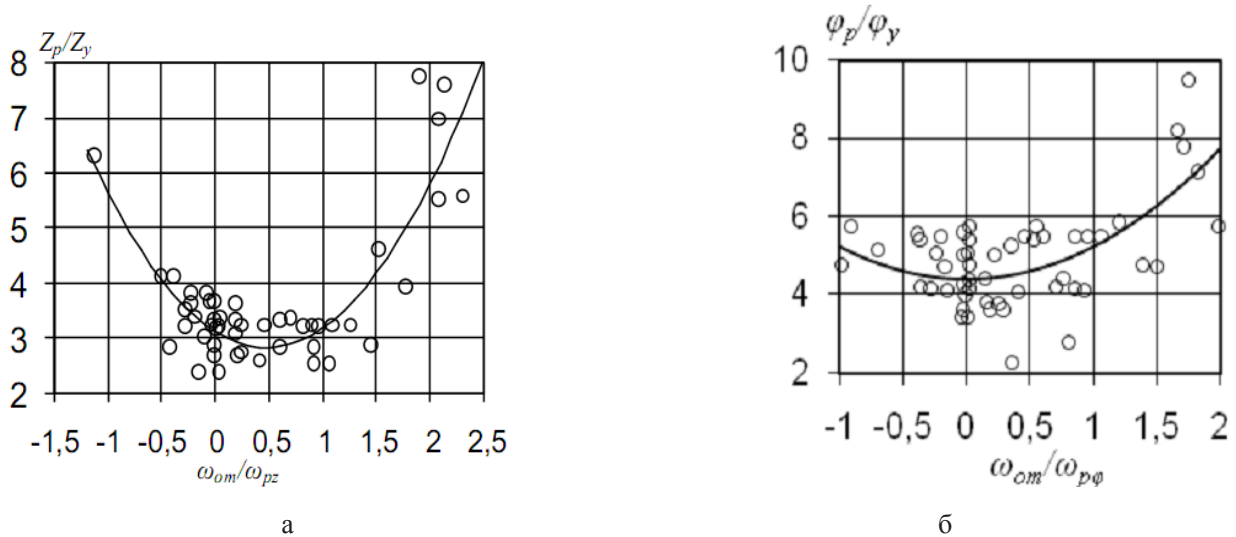
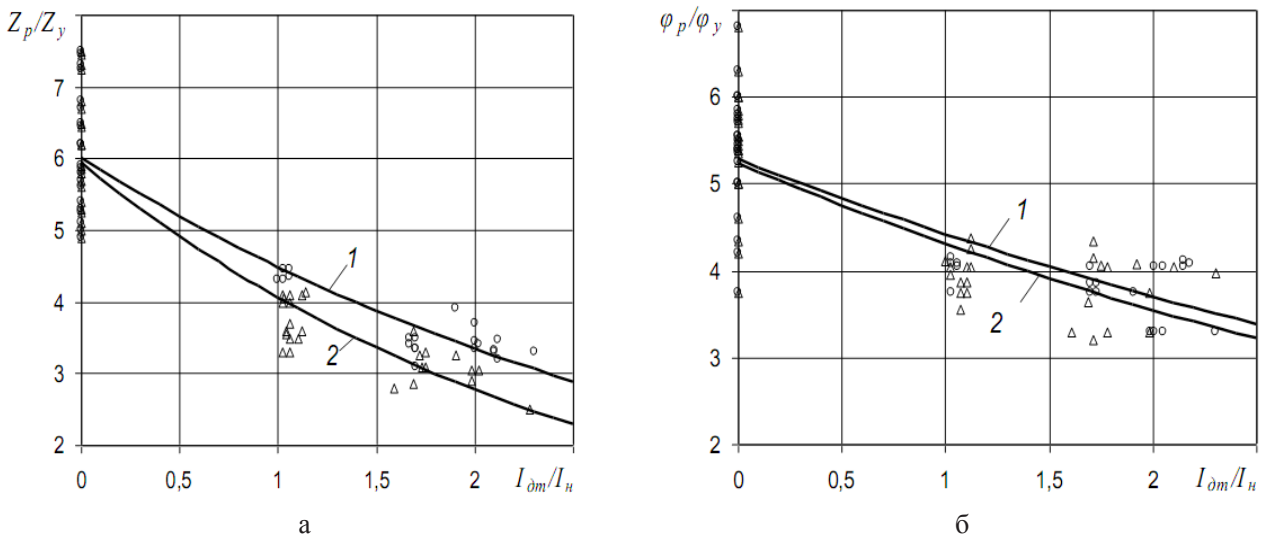


Рис. 1. Зависимость превышения резонансной амплитуды колебаний от кратности скорости отключения торможения противовключением (○ – экспериментальные точки):

а – вертикальные колебания, кривая регрессии  $Z_p/Z_y = 3,113 - 1,212(\omega_{от}/\omega_{pz}) + 1,279(\omega_{от}/\omega_{pz})^2$ ;  
 б – поворотные колебания, кривая регрессии  $\varphi_p/\varphi_y = 4,409 + 0,831(\omega_{от}/\omega_{p\varphi})^2$



1 – выпрямленного двухполупериодно однофазного; кривые регрессии соответственно  $Z_p/Z_y = 6,013/e^{0,29346(I_{дт}/I_n)}$  и  $\varphi_p/\varphi_y = 5,282/e^{0,1784(I_{дт}/I_n)}$ ; 2 – выпрямленного двухполупериодного трехфазного; кривые регрессии соответственно  $Z_p/Z_y = 5,943/e^{0,29346(I_{дт}/I_n)}$  и  $\varphi_p/\varphi_y = 5,239/e^{0,29346(I_{дт}/I_n)}$

Рис. 2. Зависимость превышения резонансных вертикальных (а) и поворотных (б) амплитуд колебаний  $P_0$  МВЗМ от постоянного тока динамического торможения

многорешетной ВЗМ (двигатель 2,2 кВт, преобразователь частоты 2,2 кВт, саморегулируемый вибратор) за счет плавного частотного пуска и динамического торможения со скорости  $\sqrt{3}$  от резонансной по сравнению с базовым вариантом (двигатель 4,5 кВт, клиноременной вариатор скорости, вибратор с неподвижными дебалансами) прямой пуск и торможение противовключением с начального скольжения  $S_{нач} = 2$ , за сезон работы экономия энергии составит 3,4 кВт·ч на одну установку.

В установившемся режиме, принимая, что двигатели в базовом и проектном вариантах работают в номинальном режиме, потребляемая мощность на колебательное движение рабочего органа  $P_{кол}$  составляет 10% от мощности вибромашины в холостом режиме  $P_{вм}$  и, соответственно, на полезную работу  $P_{пол} = 15\%$  от  $P_{вм}$ . Данные мощности постоянны и соответственно равны  $P_{кол} = 241$  Вт,  $P_{пол} = 361$  Вт.

Мощность потерь вибратора  $\Delta P_{вм}$  в базовом варианте составляет 70% от  $P_{вм} = 1686$  Вт, которая в проектном варианте за счет замены конических подшипников ( $\mu = 0,008$ ) на сферические ( $\mu = 0,0015$ ) только при 3-кратном уменьшении трения в подшипниках от центробежных сил дебалансов равны  $\Delta P_{вм} = 1686:3 = 562$  Вт. Из таблицы 1 следует, что суммарные потери в проектном варианте уменьшаются на 3582 Вт или в 4,3 раза.

Расчет экономической эффективности асинхронного электропривода многорешетной ВЗМ с регулируемыми параметрами проводился в соответствии с методикой экономической оценки средств электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства [10]. Экономический эффект от внедрения только за счет снижения энергетических затрат в установившихся режимах (мощность двигателя ниже не менее чем в 2,0–2,5 раза, потери мощности меньше в 4,3 раза), в переходных режимах (за сезон – 3,4 кВт·ч) и тем самым снижения энергоемкости процесса в 1,94 раза, повышения производительности труда в 1,09 раза и увеличения объема сепа-рируемых семян составил более 78 тыс. руб. на одну установку (в масштабе 2 районов Республики Башкортостан – 1177 тыс. руб.) при сроке окупаемости 0,263 года.

### Выводы

1. При пуске многорешетной ВЗМ с обычным вибратором превышение резонансных амплитуд относительно установившихся рабочих в среднем составляет для вертикальных колебаний 4,22 раза, для поворотных 4,25 раза. При выбеге данное превышение в среднем составляет соответственно 6,09 и 5,53 раза.

2. Динамическое торможение асинхронным двигателем многорешетной ВЗМ по сравнению с торможением противовключением является предпочтительным.

3. Основными энергонасыщенными узлами электропривода вибромашины являются вибрация рабочих органов в холостом режиме (трение подшипников вибратора за счет центробежных сил дисбалансов) и клиноременной вариатор скорости.

4. Использование частотно регулируемого асинхронного электропривода ВЗМ с саморегулируемым вибратором позволяет уменьшить мощность электродвигателя в 2–2,5 раза, потери мощности в 4,3 раза.

Таблица 1 – Распределение мощности по элементам асинхронного электропривода многорешетной ВЗМ, Вт [9]

Потери		Аппаратура управления $\Delta P_y$	Двигатель $\Delta P$	Механическая передача $\Delta P_{мп}$	Вибратор, вибромашина $\Delta P_{вм}$	Колебания РО $\Delta P_{кол}$	Полезная работа $\Delta P_{пол}$	Итого потери $\Delta P_y + \Delta P_{мп} + \Delta P_{вм} + \Delta P_{пол}$
Вариант								
Вариант	Базовый	–	763	2092	1806	241	361	4661
	Проектный	50	307	40	682	241	361	1079
Изменение (+; –)		+50	–456	–2052	–1224	0	0	–3582



### Список литературы

1. Яруллин Р. Б. Динамика вибрационных зерноочистительных машин (проблемы электропривода). Уфа : Уфим. гос. акад. экономики и сервиса, 2007. 189 с.
2. Яруллин Р. Б. Динамика вибрационных зерноочистительных машин (Проблемы электропривода). Уфа : Уфимск. гос. академия экономики и сервиса, 2007. 189 с.
3. Кононенко В. О. Вопросы теории динамического взаимодействия машины и источника энергии // Изв. АН СССР. МТТ. 1975. № 5. С. 19–36.
4. Заика П. М. Динамика вибрационных зерноочистительных машин. М. : Машиностроение, 1974. 278 с.
5. Вибрации в технике : справочник. М. : Машиностроение, 1978. Т. 1–4.
6. Аграновская Э. А. Исследование переходных процессов в инерционных вибромашинах с помощью электронной моделирующей установки // Вибрационная техника : матер. науч.-техн. конф. М., 1966. С. 311–314.
7. Гончаревич И. Ф., Земсков В. Д., Корешков В. И. Вибрационные грохоты и конвейеры. М. : Госгортехиздат, 1960. 216 с.
8. Блехман Н. И., Лавров Б. П. Способ устранения резонансных колебаний вибрационных машин при их остановке // Обогащение руд. 1959. № 3.
9. Кирпичникова И. М., Яруллин Р. К. Характеристика распределения мощности вибро-семяочистительных машин с регулируемыми параметрами // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. Красноярск, 2004. № 6. С. 169–174.
10. Водяников В. Т. Экономическая оценка энергетики АПК : учеб. пособие. М. : ИКФ Экмос, 2002. 304 с.

---

**Возмилов Александр Григорьевич**, д-р техн. наук, профессор, кафедра «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: [vozmiag44@rambler.ru](mailto:vozmiag44@rambler.ru).

**Яруллин Ренат Бареевич**, д-р техн. наук, профессор, кафедра электрических машин и электрооборудования, Башкирский государственный аграрный университет.

E-mail: [vozmiag44@rambler.ru](mailto:vozmiag44@rambler.ru).

**Илимбетов Рафаэль Юрикович**, канд. техн. наук, доцент, кафедра «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: [ilimbay@yandex.ru](mailto:ilimbay@yandex.ru).

**Астафьев Дмитрий Владимирович**, канд. техн. наук, доцент, кафедра «Электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет; кафедра «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: [dim-as82@yandex.ru](mailto:dim-as82@yandex.ru).

\* \* \*

УДК 629.3.014.2-78

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ КРИТЕРИЯ РИСКА ТРАВМИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

**К. В. Глемба, А. В. Гриценко, А. М. Плаксин**

В результате теоретических исследований разработаны модели формирования критерия риска транспортно-технологической системы с учетом средств и предметов труда и показателей ее элементов. На основании анализа перечня оценочных показателей представлена схема оптимизации транспортно-технологического процесса в сельскохозяйственном производстве. В результате системного подхода к исследованию уровня безопасности при транспортных работах и анализа влияния основных факторов на уровень риска установлено, что необходимо исследовать характер изменения входных и внутренних факторов, их влияние на уровень безопасности подсистемы «оператор», количественная оценка которой определяется показателем профессиональной пригодности как функцией от быстроты и правильности выполнения действий. Построены теоретические зависимости изменения критерия риска технологической системы от количества операций, что указывает на необходимость увеличения операций, обеспечивающих безопасное управление машиной с учетом квалификации персонала и необходимых для безопасного управления технологическим процессом с учетом влияния показателя приспособленности машины и параметров условий среды, условий технического обслуживания и текущего ремонта.

*Ключевые слова:* риск, травмирование, человек-оператор мобильных машин, транспортные работы, показатель квалификации, функциональные возможности.

Развитие сельскохозяйственного производства России невозможно без своевременной доставки продукции к местам ее хранения, переработки и реализации, которые напрямую зависят от безопасности транспортных работ, качества сервисного обслуживания, а также от согласованных действий между элементами технологической системы «оператор-машина-среда» (О-М-С), обеспечивая эффективность ее функционирования. Особенностью технологического процесса при выполнении транспортных работ являются постоянно изменяющиеся условия производственной среды, которые влияют как на психофизиологические возможности адаптации персонала, так и на состояние мо-

бильных энергетических средств (МЭС). Рассогласование между элементами технологической системы приводит к резкому возрастанию числа отказов, которые в целом снижают ее эффективность и безопасность. Известно также, что безопасность технологической системы О-М-С зависит от факторов опасности, заложенных в каждой из ее подсистем – в персонале МЭС, машине и среде. Однако до настоящего времени отсутствует полноценная система оценки риска в технологической системе при выполнении транспортных работ [1–4].

По данным Росстата, общее число пострадавших в РФ за последние три года среди предприятий по видам экономической деятельности

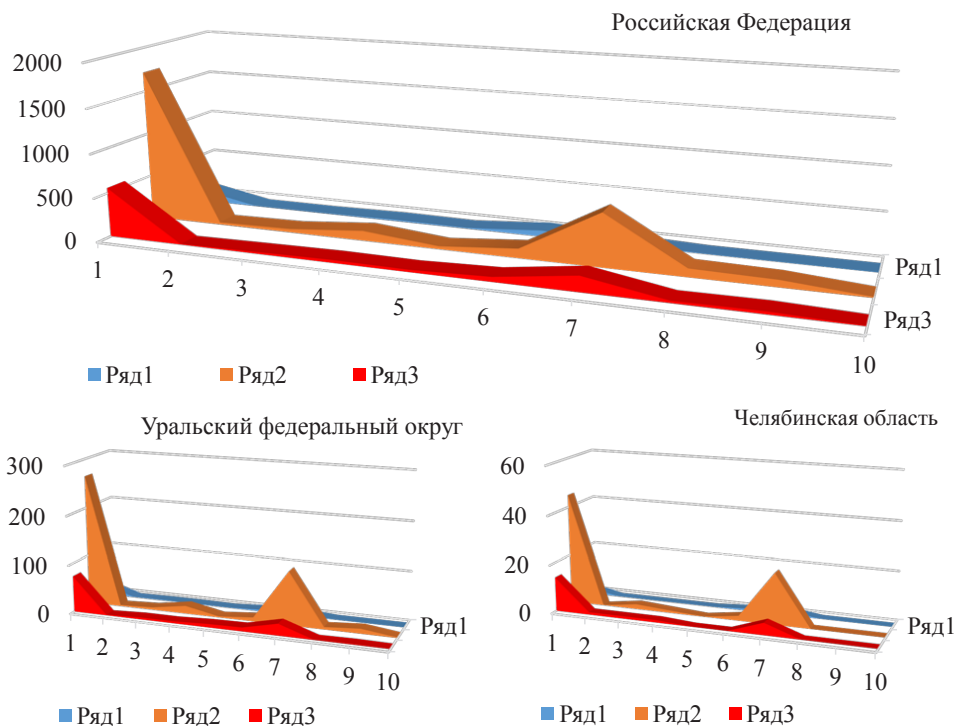




наибольший удельный вес составил на следующих производствах (%): обрабатывающих (38,4), сельского хозяйства (18,3), транспорта и связи (10,5); строительства (9,4); в здравоохранении, включая социальные услуги (6,5). Причем в агропромышленном комплексе (АПК) наблюдается положительная динамика снижения уровня производственного травматизма со смертельным исходом, но это связано со снижением численности работников в сельском хозяйстве с одновременным ростом занятости в торговле, ресторанном бизнесе и финансах (рис. 1).

По данным Федеральной службы по труду и занятости, в организациях АПК Российской Федерации происходит 20% несчастных случаев со смертельным исходом на производстве. За период 10 лет в сельском хозяйстве погибло около 13 тыс. чел. Причиной этому служит не-

соответствие предприятий АПК требованиям эргономики, санитарным нормам, оснащение устаревшим оборудованием. Износ оборудования, машин и механизмов доходит до уровня 70–80%, продолжается эксплуатация с нарушением требований безопасности к условиям труда персонала. В результате почти 80% травм и аварий в сельском хозяйстве происходят при техническом обслуживании и ремонте сельскохозяйственной техники. Анализ травматизма по видам работы на ряде предприятий АПК при ремонте машин и оборудования дает следующее примерное их распределение (%): разборочно-сборочные работы (25); станочные работы (12,5); подъемно-транспортные работы (12,5); прочие (50). Таким образом, на предприятиях технического сервиса сельскохозяйственной техники и в ремонтных мастерских хозяйств наиболее неблагоприятные условия



Ряд 1 – групповые; Ряд 2 – тяжелые; Ряд 3 – летальные; 1 – всего по РФ или субъекту; 2 – несовершенство технологического процесса; 3 – эксплуатация неисправных машин, механизмов, оборудования; 4 – нарушение технологического процесса; 5 – нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств; 6 – нарушение правил дорожного движения; 7 – неудовлетворительная организация производства работ; 8 – неудовлетворительное содержание и недостатки в организации рабочих мест; 9 – недостатки в организации и проведении подготовки работников по охране труда; 10 – использование пострадавшего не по специальности

Рис. 1. Сведения о причинах несчастных случаев с тяжелыми последствиями в АПК РФ (1-е полугодие 2018 г.), единиц

труда персонала наблюдаются при разборочно-сборочных операциях, а также в отделениях мойки, при восстановлении (ремонте) деталей, на обкатке и испытаниях отремонтированных двигателей тракторов и комбайнов.

Анализ состояния риска в АПК России показал, что вопросы снижения риска травмирования персонала мобильных энергетических средств (МЭС) не решены в полной мере. Эксплуатация МЭС в АПК вызывает необходимость решения проблем, связанных с квалификацией персонала, условиями труда на транспортных работах, качеством сервиса автомобилей [5–12]. Отсюда следует, что необходим иной методологический подход к исследованию элементов системы О-М-С и к совершенствованию методов и средств повышения эффективности и безопасности при использовании сельскохозяйственной техники, что безусловно является актуальной проблемой, а ее решение имеет важное народнохозяйственное значение.

Методами оценки риска при эксплуатации и обслуживании МЭС занимались многие НИИ РФ: ВНИИОТ, ВЦ НИИОТ, НИИ транспортного машиностроения, НПО ВИСХОМ, НАТИ и вузы: КГСХА, ЮУрГАУ и др. Анализ статистических данных в АПК России указывает на то, что значительная доля происшествий приходится на молодых и малоопытных операторов МЭС. Например, операторы со стажем работы не более трех лет и не старше 26 лет совершают 28,3% происшествий, в которых получают уве-

чья 22,5% пострадавших. Явление аварийных ситуаций на автотранспорте относится к категории прогнозируемых, связывающих будущее с прошлым. В связи с этим необходимо использовать методы прогнозирования для исследования проблемных вопросов и для предсказания общих показателей аварийности с целью принятия упреждающих мер профилактики. В настоящее время существуют различные системы оценки риска травмирования оператора транспортного средства в системе О-М-С. Факторы, связанные с человеком-оператором, машиной и средой, являются элементами мобильного технологического процесса, где множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образуют определенную целостность и требуют применения системного подхода, который нацелен на выявление многообразных типов связей в системе и сведение их в единую теоретическую картину (рис. 2) [2, 4–10].

Исследование и разработка методов оценки по формированию безопасности операторов в технологической системе О-М-С показали, что такие исследователи, как А.П. Лапин, Ю.Д. Олянич и др., рассматривают машину технически исправной, без учета изношенности и фактической нагрузки на нее. Многие из исследователей указывают на то, что при испытании мобильных машин в основном возникает задача по определению лишь технологических и экономических показателей их работы, а контроль параметров безопасности машины считается второстепен-



Рис. 2. Схема взаимосвязи внешних и внутренних факторов в подсистеме «Оператор»



ным. При этом испытания машин преимущественно направлены на оценку их технической безопасности и лишь частично на оценку технологической безопасности [13–15].

Анализ исследований процесса оценки безопасности технологической системы О-М-С показал, что недостаточно изучена методика для оценки эргономичности и безопасности (приспособленности) операций регулировок при управления машиной в технологическом процессе на транспортных работах. Так, в работе Ю.Д. Олянич предлагается методика интегральной оценки безопасности человеко-машинной системы в зависимости от качественных характеристик ее элементов. Поиски интегрального критерия для количественной оценки риска травмирования персонала МЭС при выполнении транспортных работ осложняются тем, что научная концепция по решению данной проблемы не имеет целостности. Так, в своей работе В.Ю. Бузлуков предлагает рассматривать машину как элемент единой системы О-М-С. Такой подход дает возможность выявить основные факторы, влияющие на безопасность системы, которая зависит от управляющей деятельности человека, свойств машины и особенностей ее эксплуатации. Влияние среды и вероятностный характер управляющих действий оператора определяют стохастический характер процессов, протекающих в системе. Сложность анализа и синтеза таких систем усугубляется тем, что их риск зависит от большого числа разнообразных качественных и количественных факторов [1, 3, 4, 13].

С точки зрения безопасности мобильного технологического процесса интерес для системного изучения представляют как сами факторы риска, так и их различные сочетания. Как пример: быстрота и точность рабочих движений оператора МЭС необходимы для обеспечения его надежности. Эти качества зависят и от рабочего места оператора, к которому относится кабина автомобиля со всем находящимся в ней оборудованием. Отечественные ученые М.А. Котик, В.М. Мишури и др. в исследованиях профессиональной подготовки кандидатов на должность операторов мобильных машин описывают методы прогнозирования профессиональной пригодности с учетом анализа медицинских, образовательных, социальных и других вопросов. Однако они не в полной мере учитывают при оценке профессиональной

пригодности некоторые формы психики, например, индивидуально-типологические особенности личности. Изучение влияния внешних и внутренних факторов на безопасность системы О-М-С на транспортных работах также основывалось на анализе работ Р.В. Ротенберга, Г.О. Лобанова и др. Учитывались также научные труды по вопросам совершенствования и создания традиционных средств нормализации производственной среды в кабинах мобильных машин Ю.И. Аверьянова, В.П. Хохряковой и др. [16–23].

Автомобильный транспорт и автомобильные перевозки в целом развиваются ускоренными темпами, что потребует одновременной разработки инфраструктуры транспортных услуг, дилерских центров по обслуживанию техники, а в частности – разработки новых совершенных средств диагностирования. При анализе критериев эффективности технического обслуживания (ТО) и диагностирования выявлено, что в них не учитываются вероятностные и точностные параметры средств диагностирования, их технологическая эффективность во взаимосвязи с выходными диагностическими параметрами систем ДВС. Эффективность процесса диагностирования оценивают разными методами. В настоящий момент значительными темпами развивается тестовая система диагностирования, сопряженная с решениями сложности в сфере диагностики: разработкой новых средств диагностирования, разработкой новых протоколов, адаптацией разъемов и диагностических средств и др. Качественные характеристики уровня транспортного обслуживания связаны со скоростью, своевременностью, предсказуемостью, ритмичностью, безопасностью и экологичностью функционирования транспортной системы. В Российской Федерации введение норм токсичности происходит со значительным отставанием, которое эксперты оценивают в 10 лет, что в свою очередь замедляет обновление парка автомобилей. Требования к снижению токсичности все более усложняют конструктивное исполнение систем микропроцессорного контроля. Данные уровни экологического исполнения достижимы только с применением на заводах конструктивных мероприятий, и автомобилестроительные заводы РФ уже перешли на изготовление автомобилей с нормами ЕВРО-4/ЕВРО-5. С целью повышения экологических и экономических показателей

работы ДВС необходимо конструктивное совершенствование методов и средств диагностирования систем впуска-выпуска, топливоподачи и др.

В связи с создавшейся ситуацией возникает научно-техническая проблема – повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники невозможно без установления закономерности между изменением показателей технологического процесса в АПК и уровнем риска при выполнении транспортных работ и сервисном обслуживании.

### Теоретические исследования

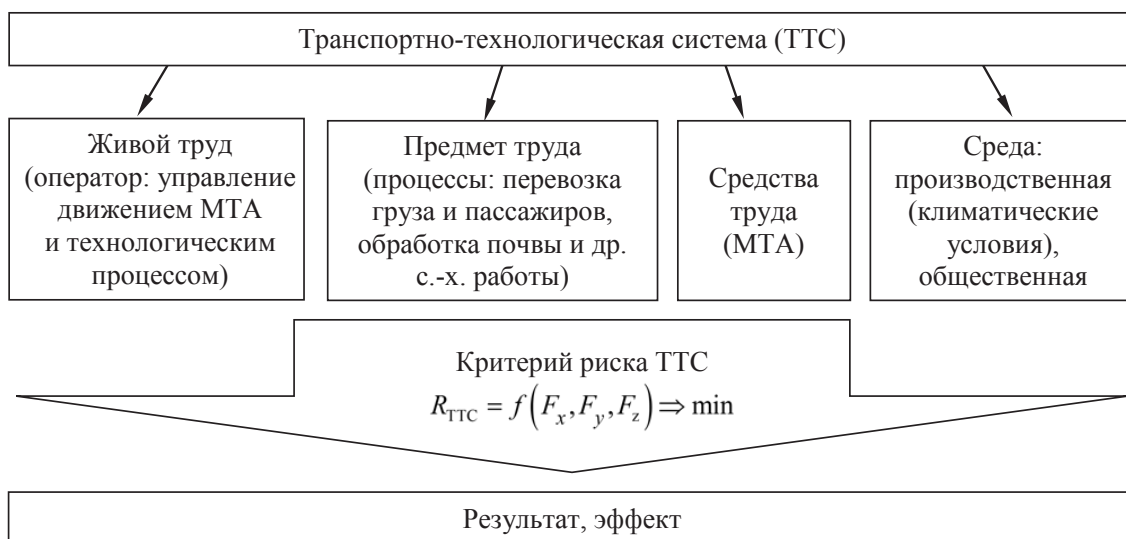
Одними из основных оценочных показателей надежности и безопасности транспортного процесса являются производительность и риск травмирования оператора технологической системы О-М-С, которые зависят от многих групп факторов. Теоретические исследования в области повышения эффективности и безопасности технологической системы на транспортных работах показывают, что возникает необходимость в обосновании оценочных критериев, в определении взаимосвязи теоретических и экспериментальных зависимостей с показателями профессиональных качеств оператора, с уровнем приспособленности (эргономичности) машины к технологическому управлению, с параметрами производственной среды как

в штатных, так и внештатных ситуациях [5–10]. При этом показатели оценки подсистем «оператор», «машина» и «среда» должны описываться сопоставимыми количественными характеристиками.

В настоящее время существуют различные системы оценки риска травмирования персонала в транспортно-технологической системе, и при рассмотрении ее элементов при выполнении транспортных работ в АПК можно выделить множество факторов, связанных с персоналом, машиной и средой, с учетом средств и предметов труда, показателей ее элементов, которые образуют определенную целостность и требуют применения системного подхода, нацеленного на выявление многообразных типов связей в этой системе и сведение их в единую теоретическую картину (рис. 3, 4).

На основании анализа перечня оценочных показателей можно представить оптимизацию транспортно-технологического процесса в сельскохозяйственном производстве в виде структурной схемы (рис. 5).

Технологическая безопасность подсистемы «машина» может характеризоваться наличием определенных источников и факторов опасности, которые потенциально присутствуют в операциях, связанных с управлением машиной и выполнением технологических регулировок.



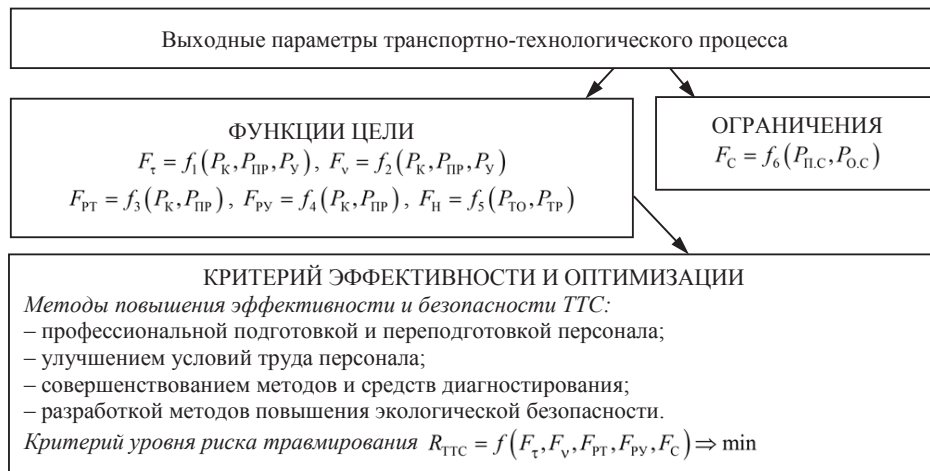
$F_x, F_y, F_z$  – множества выходных показателей управления ТТС

Рис. 3. Модель формирования критерия риска транспортно-технологической системы с учетом средств и предметов труда



$P_K$  – показатель уровня профессиональных качеств;  $P_{ПР}$  – показатель степени приспособленности машины к выполнению своих функций именно в составе данной системы и при данных условиях работы;  $P_Y$  – показатель удобства работы персонала в рассматриваемой системе с учетом условий, непосредственно влияющих на выходные эргономические показатели его деятельности;  $P_{ТО}, P_{ТР}$  – показатели условий технического обслуживания и текущего ремонта;  $P_{П.С}, P_{О.С}$  – показатели условий производственной и окружающей среды

Рис. 4. Модель формирования критерия риска ТТС с учетом показателей ее элементов



$F_v, F_v$  – множества временных и точностных выходных эргономических показателей;  $F_{ПТ}, F_{ПТ}$  – множества выходных показателей управления системой соответственно регулировками техническими (устранение отказа элементов) и технологическими (устранение нарушения протекания технологического процесса);  $F_H, F_C$  – множества выходных показателей надежностных и среды производственных условий (микроклиматических, метеорологических) и окружающих (климатических);  $P_K$  – параметр, определяющий функциональный процесс деятельности оператора в составе системы О-М-С (уровень профессиональных качеств);  $P_{ПР}$  – параметр, характеризующий степень приспособленности машины к выполнению своих функций именно в составе данной системы и при данных условиях работы;  $P_Y$  – параметр, определяющий удобство работы оператора в рассматриваемой системе с учетом условий, непосредственно влияющих на выходные эргономические показатели его деятельности;  $P_{ТО}, P_{ТР}$  – параметры, определяющие условия технического обслуживания и текущего ремонта;  $P_{П.С}, P_{О.С}$  – параметры, определяющие условия производственной и окружающей среды, влияющие на выходные показатели системы

Рис. 5. Структурная схема оптимизации транспортно-технологического процесса в сельскохозяйственном производстве

Для ее оценки выделим подмножество операций, связанных с безопасностью действий человека-оператора при управлении машиной и при выполнении технологических регулировок, и разделим их на три группы: фактическое количество операций ( $N$ ) при управлении технологическим процессом при транспортных работах; количество операций ( $n_1$ ), обеспечивающих безопасное управление машиной с учетом квалификации персонала; количество операций ( $n_2$ ), необходимое для безопасного управления технологическим процессом с учетом влияния показателя приспособленности машины и параметров условий среды, условий технического сервиса [1, 5, 9].

Задавая исходные данные в диапазонах варьирования  $N = 1 \dots 20$  ед. и  $n_1 = 1 \dots 10$  ед. (при условии  $n_2 \leq n_1$ ), построены теоретические графики зависимости изменения критерия риска от количества операций управления (рис. 6, 7). Из представленных зависимостей видно, что критерий риска технологической системы  $R$  повышается с увеличением общего количества операций  $N$ , и наоборот, уменьшается по мере увеличения количества операций  $n_1 = n_2$  при фиксированных значениях  $N$ .

Нельзя также недооценивать значимость удобства управления машиной, которое оценивается показателем приспособленность машины к управлению  $P_{\text{пр}}$  зависящим от загрузки оператора функциями управления. Так, с ростом величины энергозатрат на процесс управления

коэффициент управляемости плавно снижается, приближаясь к некоторому номинальному значению  $P_{\text{пр,ном}} = 0,3$ , соответствующему полной загрузке оператора. Дальнейшее увеличение энергозатрат приводит к более интенсивному снижению  $P_{\text{пр}}$  вследствие перезагрузки оператора и невыполнения им заданных функций управления. С учетом взаимосвязей между показателями модели риска системы О-М-С количество операций  $n_1$  и  $n_2$  можно представить в виде следующих выражений:

$$\begin{aligned} n_1 &= N \cdot P_K; \\ n_2 &= n_1 \cdot P_{\text{пр}} P_{\text{в}} P_{\text{то}} P_{\text{тр}} P_{\text{с}} = \\ &= N \cdot P_K P_{\text{пр}} P_{\text{в}} P_{\text{то}} P_{\text{тр}} P_{\text{п.с}} P_{\text{о.с}}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $P_K \in [0;1]$ ;  $P_{\text{пр}}, P_{\text{в}}, P_{\text{то}}, P_{\text{тр}}, P_{\text{п.с}}, P_{\text{о.с}} \in [0,3;1]$ .

В результате теоретических исследований с целью оптимизации модели целевой функции количественной меры обобщающего показателя – риска системы О-М-С, были разработаны математические модели для каждой из подсистем, описывающие взаимосвязь показателей безопасности с параметрами воздействующих факторов на эти подсистемы [1, 9, 14].

### Выводы

Проведен анализ состояния риска в сельскохозяйственном производстве и выявлено, что вопросы снижения риска травмирования персонала МЭС не решены в полной мере. Это связано

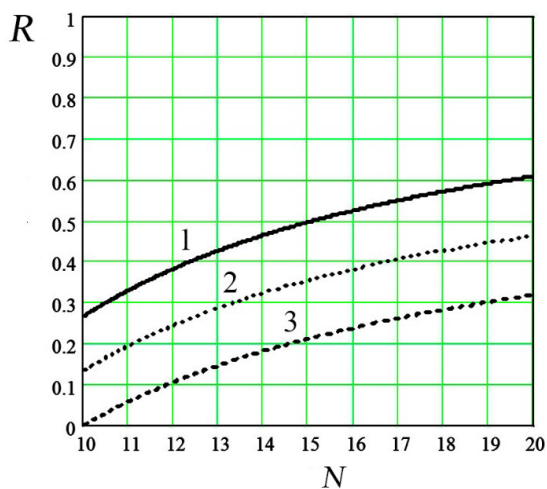


Рис. 6. Зависимость критерия риска  $R$  от общего количества операций  $N$ , при  $n_1 = 10$  и  $n_2 = 2, 6, 10$  (линия 1, 2, 3)

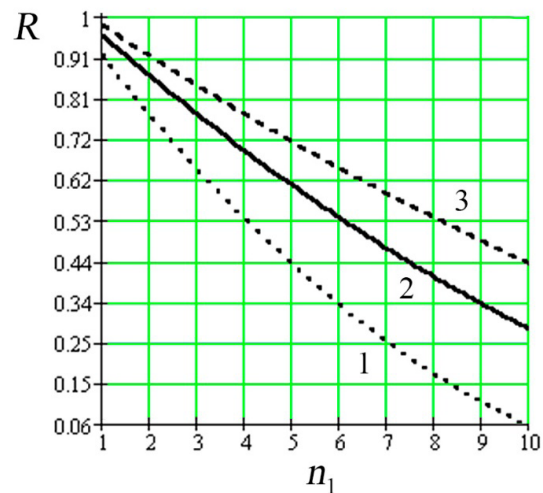


Рис. 7. Зависимость критерия риска  $R$  от количества операций  $n_1 = n_2$  при  $N = 10, 15, 20$  (линия 1, 2, 3)



с квалификацией персонала, условиями труда на транспортных работах, качеством сервиса автомобилей. В результате теоретических исследований разработаны модели формирования критерия риска транспортно-технологической системы с учетом средств и предметов труда и показателей ее элементов. Предложена структурная схема оптимизации транспортно-технологического процесса в сельскохозяйственном производстве. Построены теоретические зависимости изменения критерия риска технологической системы от количества операций, что указывает на необходимость увеличения операций, обеспечивающих безопасное управление машиной с учетом квалификации персонала и необходимых для безопасного управления технологическим процессом с учетом влияния показателя приспособленности машины и параметров условий среды, условий технического обслуживания и текущего ремонта.

#### Список литературы

1. Оценка потенциальной технологической безопасности подсистемы «машина» / Ю. Г. Горшков [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2003. № 12. С. 40–41.
2. Глемба К. В., Ларин О. Н., Аверьянов Ю. И. Аспекты повышения безопасности подсистемы «оператор» на колесном транспорте // АПК России. 2014. Т. 70. С. 34–42.
3. Факторы опасности мобильных технологических процессов / Ю. Г. Горшков [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2003. № 7. С. 4–6.
4. Глемба К. В., Ларин О. Н. Проблемы управления мобильными машинами и обоснование структурных взаимосвязей человек-машинных систем // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Транспорт России: проблемы и перспективы-2013». СПб : Ин-т проблем транспорта РАН им. Н. С. Соломенко, 2013. С. 152–159.
5. Показатель уровня квалификации оператора мобильной сельскохозяйственной машины / Ю. Г. Горшков [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2005. № 3. С. 32.
6. Глемба К. В., Аверьянов Ю. И. Результаты исследования режимных параметров тренажа операторов мобильных машин // Материалы конференции. Челябинск : ЧГАА, 2015. С. 134–140.
7. О показателях условий труда и утомляемости операторов мобильных машин сельскохозяйственного назначения / Ю. Г. Горшков, Ю. И. Аверьянов, К. В. Глемба, И. Н. Старунова // Наука. 2003. № 2. С. 11–17.
8. Глемба К. В. Улучшение условий труда и снижение травматизма операторов мобильных колесных машин сельскохозяйственного назначения : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2004. 190 с.
9. Аверьянов Ю. И., Глемба К. В., Кожанов В. Н. Интегральный критерий оценки комфортности условий микроклимата в кабинах мобильных сельхозмашин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2005. № 4. С. 36–38.
10. Glemba K. V., Averianov Y. I. Substantiation of parameters and operation modes of device for thermal comfort of a mobile machine operator. Procedia Engineering, 2015. Vol. 129. P. 542–548.
11. Безопасность технического обслуживания машин / Ю. Г. Горшков [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2003. № 11. С. 21–22.
12. Шапров М. Н., Мартынов И. С. Абезин Д. А. Производственный травматизм при ремонте и техническом обслуживании сельскохозяйственной техники // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2009. № 4 (16). С. 98–103.
13. Современные методы оценки безопасности и эргономичности системы «оператор-машина-среда» / Ю. И. Аверьянов, К. В. Глемба, С. А. Спекторук, В. Н. Мельник // Вестник ЧГАУ. 2005. Т. 45. С. 12–17.
14. Глемба К. В. Многокритериальный подход к исследованию оценки безопасности в системах принятия решений при управлении автомобилем // Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы и перспективы развития евроазиатских транспортных систем». Челябинск : ЮУрГУ, 2012. С. 45–55.
15. Глемба К. В., Ларин О. Н. Обзор методов определения надежности оператора в динамических эргатических системах // Транспорт Урала. 2012. № 1 (32). С. 17–22.
16. Глемба К. В., Аверьянов Ю. И. Выявление и совершенствование проблемных взаимосвязей структурных элементов системы безопасности движения мобильных машин // Вестник ЧГАА. 2013. Т. 66. С. 25–34.
17. Глемба К. В., Аверьянов Ю. И., Глемба В. К. Методы оценки информационной перегрузки оператора в процессе управления машиной // Вестник ЧГАА. 2010. Т. 56. С. 5–10.

18. Горбачев С. В., Глемба К. В. Влияние на безопасность движения уровня формализации информационного потока в эргатических системах // Вестник ОГУ. 2011. № 10 (129). С. 88–93.

19. Глемба К. В. Влияние пертинентности информационного поля на безопасность дорожного движения // АПК России. 2014. Т. 68. С. 7–13.

20. Глемба К. В. Влияние перцептивных процессов пространственного восприятия участников дорожного движения на их безопасность // Вестник ЧГАА. 2012. Т. 62. С. 26–31.

21. Ларин О. Н., Глемба К. В. Влияние условий организации дорожного движения на процесс восприятия водителем информации // Ежемесячный научный информационный сборник

«ТРАНСПОРТ: наука, техника, управление». М. : ВИНТИ РАН, 2012. № 11. С. 55–57.

22. Ларин О. Н., Глемба К. В., Майоров В. И. Вопросы применения системного подхода для повышения безопасности дорожного движения // Ежемесячный научный информационный сборник «ТРАНСПОРТ: наука, техника, управление». М. : ВИНТИ РАН, 2013. № 11. С. 52–55.

23. Глемба К. В., Ларин О. Н. Системный подход к поиску резерва повышения БДД в крупных городах России // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса : межвуз. сб. науч. статей. Самара : СамГТУ, 2013. С. 165–181.

---

**Глемба Константин Вячеславович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет; доцент кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: glemba77@mail.ru.

**Гриценко Александр Владимирович**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет; профессор кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: alexgrits13@mail.ru.

**Плаксин Алексей Михайлович**, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: plaksin-am@mail.ru.

\* \* \*



## ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ И ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ НА НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ

А. В. Гриценко, К. В. Глемба

Вопросы повышения безопасности пешеходов на регулируемых и нерегулируемых пешеходных переходах до сих пор актуальны. Недооценка человеческого фактора существенно снижает безопасность системы «водитель», «пешеход», «автомобиль», «дорога» и «среда». В результате теоретических исследований сформирована функциональная модель дополнительного информирования водителей о наличии пешеходов на пешеходных переходах, об их количестве и направлении движения, используя схему ситуации закрытого обзора на дороге перед нерегулируемым пешеходным переходом. Предложены варианты режимов функционирования технических средств дополнительного информирования водителей на пешеходных переходах с целью повышения pertinентности информационного поля. Предложены две концептуальные модели, указывающие способы повышения качества информирования водителей о наличии пешеходов, во-первых, путем введения дополнительных информационных систем в виде электронного табло с сопровождающей пешехода «бегущей строкой», показывающего его направление движения; во-вторых, с помощью «пиктограммы», сигнализирующей о наличии пешеходов, их количестве и направлении движения. В результате исследований были определены факторы, взятые за основу проведения эксперимента, такие как скорость пешехода и автомобиля, направление и энергичность движения пешехода. Приводится методика эксперимента, описывается математическая модель и поэтапная обработка параметров эксперимента. Экспериментально установлено, что более опасными являются ситуации, где пешеход движется слева относительно пути движения автомобиля, поскольку ожидаемый наезд ввиду ограниченной видимости происходит при меньших скоростях по сравнению с аналогичными параметрами для движения пешехода справа. Определено, что при появлении пешехода слева наезд ожидается уже при скорости автомобиля 12,04 м/с, а при появлении его справа – только при скорости 14,6 м/с. Разница остановочного пути составила 5,5 м за местом наезда при соблюдении скорости автомобиля 14,6 м/с в случае появления пешехода слева.

*Ключевые слова:* нерегулируемый пешеходный переход, дорожные условия, видимость, обзорность, информационное поле, наезд, скорость пешехода и автомобиля.

Дорожно-транспортные происшествия с участием пешеходов происходят по многим причинам, среди которых есть как технико-технологические факторы (задачи по организации и управлению дорожным движением), так и антропологические (состояние здоровья человека, его внутренние резервы). Наезды на пешеходов могут случаться как по причине ошибочных действий водителей, так и из-за ошибок в поведении пешеходов [1–9]. На вероятность появления ДТП влияют такие параметры и факторы, как ширина проезжей части, место расположения нерегулируемого пешеходного перехода, погодные условия и т.п. Известно также, что одним из сопутствующих факторов наезда на

пешехода является недостаточная информативность на дороге. Повышение безопасности пешеходов до сих пор остается современной проблемой, и исследование в этой области является актуальной научно-технической задачей [10–15].

### **Теоретические исследования, моделирование**

Известно, что систему организации безопасности дорожного движения многие исследователи предлагают рассматривать как социально-техническую с потенциальными возможностями входящих в нее звеньев таких подсистем, как «водитель», «пешеход», «автомобиль», «дорога» и «среда» (ВПАДС). Схематично

расположение подсистем можно представить взаимосвязанными распределенными слоями в облаке событий (рис. 1).

Изменение состояния одной подсистемы незамедлительно снижает или повышает уровень безопасности системы ВПАДС в целом [1, 2, 16, 17]. Своевременный доступ к достоверным данным о ДТП помогает совершенствовать систему безопасности дорожного движения, но неснижаемый травматизм в дорожном движении до допустимого уровня является нерешенной проблемой, так как динамика развития дорожно-транспортной ситуации имеет некоторую неопределенность ввиду неоднородных психофизиологических особенностей человека и инертности его мышления, несоответствия пертинентности информации технических средств организации движения. Причины наезда на пешеходов выявил фактор закрытого обзора – водитель обнаруживает пешехода только на расстоянии, не позволяющем применить даже экстренное торможение и предотвратить ДТП (рис. 2) [18–22].

При изучении процесса управления автомобилем был проанализирован алгоритм обра-

ботки информационного поля водителем в районе подъезда к пешеходному переходу (ПП). Исследование поведения водителей и пешеходов на регулируемых и нерегулируемых ПП показало высокую необходимость введения дополнительного информирования водителей на дороге [3, 4, 16, 23–26]. С целью выявления ключевых факторов повышения безопасности была сформирована функциональная модель информационных потоков в системе ВПАДС на участке дороги с традиционным нерегулируемым ПП и с применением дополнительных средств информирования водителей (рис. 3 а, б) [6, 27].

Для повышения пертинентности информационного поля на ПП можно воспользоваться двумя методами, показанными на концептуальных моделях (рис. 4 а, б): повышение качества информирования водителей о наличии пешеходов путем введения дополнительных информационных систем в виде электронных табло с «бе-

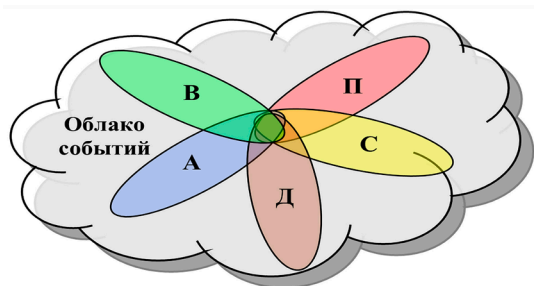
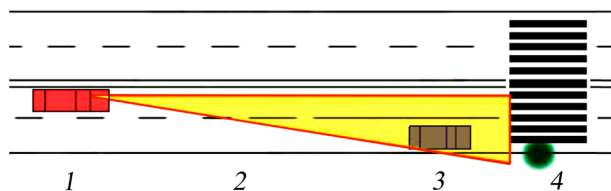
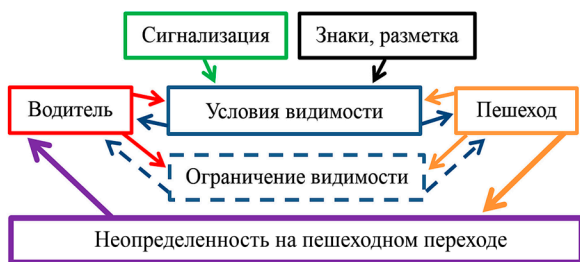


Рис. 1. Облако событий элементов системы «водитель», «пешеход», «автомобиль», «дорога» и «среда»

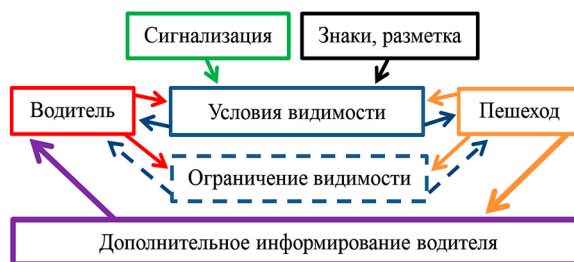


1 – автомобиль в движении; 2 – обзорность классического «треугольника видимости»; 3 – автомобиль в замедлении или полностью остановленный; 4 – передвижение пешехода в области закрытого обзора (фактор неопределенности)

Рис. 2. Принципиальная схема ситуации закрытого обзора на дороге перед нерегулируемым ПП



а



б

Рис. 3. а – функциональная модель циркуляции потоков информации на традиционном нерегулируемом ПП; б – на интегрированном средствам дополнительного информирования водителей



гущей строкой» направления и сопровождения пешеходов или «пиктограммой», сигнализирующей о наличии пешеходов, их количестве и направлении движения [28]. Допустимо применение «растяжения» времени внимания водителей на ПП за счет введения конструктивных изменений на ПП, например, островков безопасности, лабиринтных ограждений, турникетов и прочих нестандартных решений [5; 29–32].

### Результаты и методика обработки экспериментальных исследований

С целью определения аварийно опасных ситуаций на нерегулируемых ПП был проведен двухфакторный эксперимент с тройной повторностью. В качестве входных факторов были выбраны скорость автомобиля и скорость движения пешехода. Эксперимент проводился отдельно для случая движения пешехода по нерегулируемому пешеходному переходу справа налево и слева направо относительно направления движения автомобиля. Для скорости движения пешехода были выбраны два пороговых значения, соответствующих средним нормативным скоростям пешехода: при быстром шаге и в беге. Скорости движения автомобиля соответствовали наиболее распространенным скоро-

стям передвижения в рамках скоростного ограничения в черте города [33]. Методика проведения эксперимента подробно описана в источнике [4]. Для анализа полученных результатов использовалась линейная регрессия, поскольку основной целью эксперимента является определение степени детерминированности вариаций зависимой переменной предикторами (независимыми переменными). Так же необходимо создать модель, предсказывающую значение зависимой переменной с помощью независимой, определить вклад отдельных независимых переменных в вариацию критериальной переменной. Основным рабочим методом обработки результатов является метод наименьших квадратов. Расчеты проводились в программе «PASW Statistics 18». Результат расчетов представлен в виде таблиц и графиков. Выбиралось количество точек плана эксперимента, определялись значения уровней и входных факторов (табл. 1). Уровнями фактора  $V_n$  выбраны средние нормативные скорости движения пешеходов, соответствующие режимам движения быстрым шагом и в беге: 1,3 м/с и 1,6 м/с. Уровнями фактора  $V_a$  были выбраны наиболее распространенные скорости движения автомобилей в городских условиях.

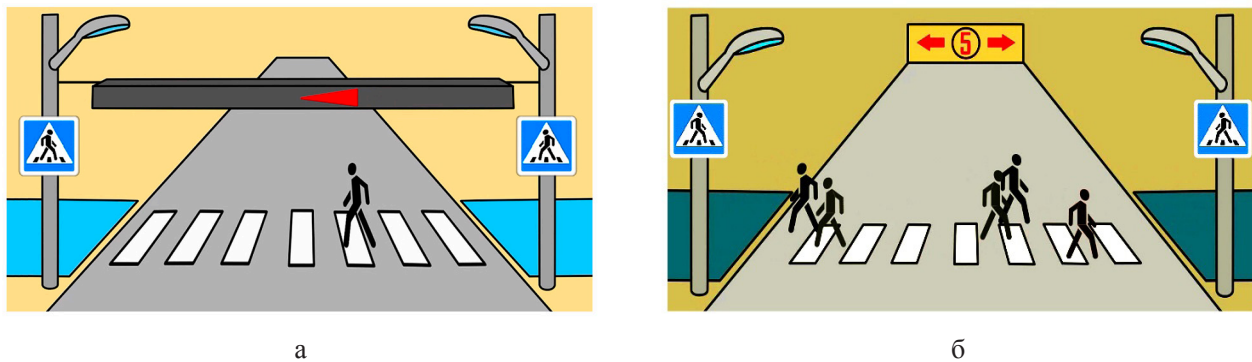


Рис. 4. а – концептуальная модель дополнительной информационной системы на нерегулируемом ПП в виде электронного табло с сопровождающей пешехода «бегущей строкой», указывающей его направление движения; б – табло с «пиктограммой», указывающей количество и направление движения пешеходов

Таблица 1 – Значения уровней входных факторов

	Скорость пешехода $V_n$ , м/с	Скорость автомобиля $V_a$ , м/с
Кодовое обозначение	$X_1$	$X_2$
Нижний уровень	1,3	10,72
Верхний уровень	1,6	17,34
Основной уровень	1,45	14,03
Интервал варьирования	0,15	3,31

Среднее значение показателя параметра оптимизации определяется по реализации параллельных наблюдений:

$$\bar{Y}_v = \frac{\sum_{i=1}^m Y_{v,i}}{m}, \quad (1)$$

где  $\bar{Y}_v$  – среднее арифметическое значение показателя параметра оптимизации по  $m$  параллельным опытам в точке с номером  $v$ ;

$v$  – строка плана матрицы планирования;

$Y_{v,i}$  – действительное значение показателя параметра оптимизации в  $v$ -й точке;

$m$  – число параллельных наблюдений в каждой точке, ед.

Дисперсия воспроизводимости по данным  $m$  параллельных наблюдений плана матрицы планирования в каждой точке вычисляется по формуле:

$$S_v^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (\bar{Y}_v - Y_{v,j})^2}{m-1}, \quad (2)$$

где  $S_v^2$  – дисперсия в  $v$ -й точке;

$j$  – порядковый номер параллельного опыта в данной точке плана матрицы;

$Y_{v,i}$  – значение параметра оптимизации в  $v$ -й точке;

$(m - 1)$  – число параллельных наблюдений в точках плана матрицы.

Дисперсия параметра оптимизации в случае однородности дисперсий воспроизводимости определяется по формуле:

$$S^2 = S^2\{Y\} = \frac{\sum_{v=1}^N S_v^2}{N}, \quad (3)$$

где  $S^2\{Y\}$  – средняя арифметическая дисперсий всех различных точек плана матрицы или дисперсия параметра оптимизации;

$v$  – дисперсия в  $v$ -й точке;

$\sum_{v=1}^N S_v^2$  – сумма всех дисперсий;

$N$  – общее число различных точек в плане матрицы планирования, ед.

Дисперсия ошибки определения коэффициента регрессии и ее среднеквадратичное отклонение определяется из выражения:

$$S^2\{bi\} = \frac{S^2\{Y\}}{N \cdot m}, \quad (4)$$

где  $S^2\{bi\}$  – дисперсия ошибки определения коэффициента;

$S^2\{Y\}$  – дисперсия показателя параметра оптимизации.

Таблица 2 – Сводка для модели эксперимента

Модель	$H$	R-квадрат	Скорректированный R-квадрат	Стандартизованная ошибка оценки
Dimension0	0,978	0,957	0,951	1,167

Таблица 3 – Дисперсионный анализ

Модель	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	$F$
Регрессия	212,34	1	212,340	155,802
Остаток	9,54	7	1,363	–
Всего	221,88	8	–	–

Таблица 4 – Коэффициенты регрессии

Модель	Стандартизованные и нестандартизованные коэффициенты			$t$	Значимость
	$B$	Стандартизованная ошибка	Бета		
(Константа)	-26,092	2,495	–	-10,46	0,000
$V_a$ , м/с	2,167	0,174	0,978	12,48	0,000



Проведен линейный регрессионный анализ результатов, полученных для движения пешехода слева направо, учитывая только фактор скорости автомобиля. Регрессионный анализ движения пешехода слева направо быстрым шагом представлен в таблицах 2–4.

Уравнение регрессии в нестандартизированном виде представляет собой выражение  $Y = -26,092 + 2,167X$ . На рисунке 5 (а, б) представлена зависимость стандартизованного предсказанного значения от стандартизованного остатка (а) и линейная аппроксимация исходных данных (б).

Далее проводится регрессионный анализ для оставшихся трех инвариантов движения пешехода: быстрым шагом справа налево и в беге в обоих направлениях. В результате проведенного анализа для движения пешехода относительно линии движения автомобиля было выявлено, что при движении слева направо скорость пешехода оказывает меньшее значение на результат. Это может быть обусловлено тем, что при таком движении пешехода он попадает в поле зрения водителя непосредственно при пересечении полосы с автомобилем, а при движении справа налево пешеход попадает в поле зрения водителя заблаговременно, еще находясь на обочине. В то же время анализ по-

лученных данных показал, что максимальная скорость движения автомобиля, при которой возможно предотвратить наезд при движении пешехода справа налево, может быть выше, чем аналогичный показатель при движении пешехода слева направо, что говорит о большем обеспечении безопасности пешехода справа относительно линии движения автомобиля [4, 5]. Ввиду того, что освещение проезжей части в постановке эксперимента отсутствует и преимущество освещения проезжей части фарами ближнего света автомобиля при движении пешехода справа налево достигается только за счет специфической регулировки фар, принятой за норму ввиду правостороннего движения, гипотеза о необходимости освещения на проезжей части считается подтвержденной. Результаты эксперимента однозначно подтверждают необходимость наличия сфокусированного освещения на участках пересечения транспортных и пешеходных потоков для повышения вероятности обнаружения пешехода водителем и, как следствие, повышения безопасности движения на таких участках.

### Выводы

Анализ статистики травматизма с участием пешеходов показал, что существующая

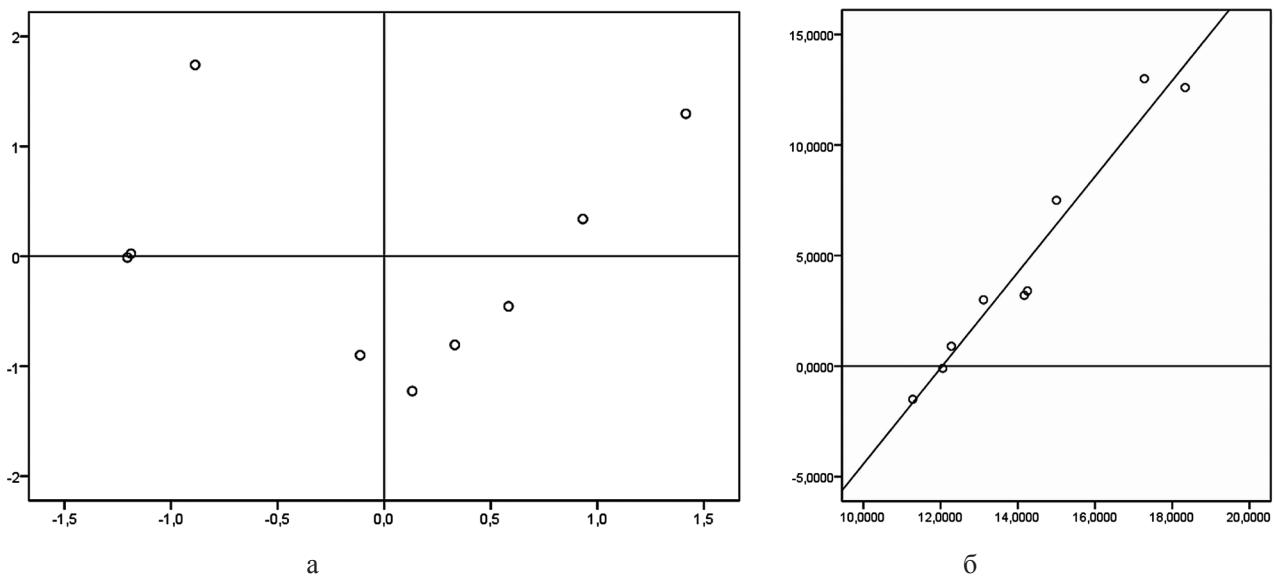


Рис. 5. а – диаграмма рассеяния зависимой переменной  $S_T''$ : ось абсцисс – стандартизованный остаток, ось ординат – стандартизованное предсказанное значение зависимой переменной;  
 б – линейная аппроксимации исходных данных (линейная регрессия  $R^2 = 0,957$ ): ось абсцисс – зависимая переменная  $S_T''$ , ось ординат – скорость автомобиля,  $V_a$  (м/с)

организация движения пешеходов на ПП не обеспечивает достаточно качественный уровень информативности о наличии на них людей, их количестве и направлении движения. В результате исследований сформирована функциональная модель дополнительного информирования водителей на участках дорог с ПП и предложены концептуальные модели применения технических средств, реализующих повышение безопасности на ПП.

Экспериментально установлено, что более опасными являются ситуации, в которых пешеход движется слева относительно пути движения автомобиля, поскольку ожидаемый наезд ввиду ограниченного обзора уже происходит при меньших скоростях по сравнению с аналогичным параметром для движения пешехода справа. Определено, что при движении пешехода слева со скоростью 1,3 м/с наезд ожидается уже при скорости автомобиля  $V_a = 12,04$  м/с (43,3 км/ч). При движении пешехода справа наезд ожидается только при скорости  $V_a = 14,6$  м/с (50,6 км/ч), и расчеты показали, что при этой же скорости, в случае движения пешехода слева, место конечной остановки транспортного средства ожидается в 5,5 м за местом наезда.

### Список литературы

1. Системный подход к поиску резерва повышения безопасности дорожного движения в крупных городах России / О. Ларин [и др.] // Межвуз. сб. науч. статей. Самара : Самарский государственный технический университет, 2013. С. 165–181.
2. Вопросы применения системного подхода для повышения безопасности дорожного движения / О. Ларин [и др.] // Ежемесячный научный информационный сборник «ТРАНСПОРТ: наука, техника, управление», 2013. Т. 11. С. 52–55.
3. Исследование факторов и параметров безопасности пешеходов на нерегулируемых пешеходных переходах / О. Ларин [и др.] // Агропромышленный комплекс России. 2015. Т. 74. С. 97–104.
4. Методы и результаты исследований безопасности пешеходов на улично-дорожной сети / О. Ларин [и др.] // Междунар. науч.-практ. конф. Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2015. С. 7–14.
5. Экспериментальное исследование параметров движения пешеходов на пешеходном переходе / О. Ларин [и др.] // Всероссийская науч.-практ. конф. Тюмень : Тюменский индустриальный университет. 2016. С. 266–273.
6. Аспекты повышения безопасности пешеходов на пешеходных переходах / К. Фомин [и др.] // Междунар. науч.-практ. конф. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. С. 263–270.
7. Gandhi T., Trivedi M. Pedestrian collision avoidance systems: A survey of computer vision based recent studies, in Proc. IEEE Int. Transp. Syst. Conf., Sep. 2006. P. 976–981.
8. Gavrila D. The visual analysis of human movement: A survey, Comput. Vis. Image Understanding. Jan. 1999. Vol. 73. № 1. P. 82–98.
9. Combination of feature extraction methods for SVM pedestrian detection / I. Parra [et. al.] // IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. Jun. 2007. Vol. 8. № 2. P. 292–307.
10. Глемба К. Надежность процесса восприятия водителем дорожных условий // Вестник ЧГАУ. 2008. Т. 52. С. 30–35.
11. Влияние на безопасность движения уровня формализации информационного потока в эргатических системах / С. Горбачев [и др.] // Вестник ОГУ. 2011. № 10 (129). С. 88–93.
12. Влияние условий организации дорожного движения на процесс восприятия водителем информации / О. Ларин [и др.] // Ежемесячный научный информационный сборник «ТРАНСПОРТ: наука, техника, управление». 2012. Т. 11. С. 55–57.
13. Enzweiler M., Gavrila D. Monocular pedestrian detection: Survey and experiments // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. Dec. 2009. Vol. 31. № 12. P. 2179–2195.
14. Gandhi T., Trivedi M. Pedestrian protection systems: Issues, survey, and challenges // IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. Sep. 2007. Vol. 8. № 3. P. 413–430.
15. Survey on pedestrian detection for advanced driver assistance systems / D. Geronimo [et. al.] // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. Jul. 2010. Vol. 32. № 7. P. 1239–1258.
16. Глемба К. Влияние перцептивных процессов пространственного восприятия участников дорожного движения на их безопасность // Вестник ЧГАА. 2012. Т. 62. С. 26–31.
17. Глемба К. Влияние пертинентности информационного поля на безопасность дорожного движения // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 68. С. 7–13.



18. Аспекты повышения безопасности подсистемы «оператор» на колесном транспорте / К. Глемба [и др.] // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 70. С. 34–42.
19. Автоматическое определение тормозного пути и замедления автомобиля при торможении как фактор обеспечения безопасности дорожного движения / Ю. Аверьянов [и др.] // Вестник ЧГАУ. 2004. Т. 43. С. 51–55.
20. Shiller Z., Sundar S. Emergency lane-change maneuvers of autonomous vehicles // *Trans. ASME, J. Dyn. Syst. Meas. Control*. 1998. Vol. 120. № 1. P. 37–44.
21. Swaroop D., Yoon S. The design of a controller for a following vehicle in an emergency lane change maneuver, Univ. Calif., Berkeley, CA, Calif PATH Working Paper UCB-ITS-PWP-99-3, 1999.
22. Varaiya P. Smart cars on smart roads: Problems of control // *IEEE Trans. Autom. Control*. Feb. 1993. Vol. 38. № 2. P. 195–207.
23. Методы оценки информационной перегрузки оператора в процессе управления машиной / Ю. Аверьянов [и др.] // Вестник ЧГАА, 2010. Т. 56. С. 5–10.
24. Stereo-based freespace computation in complex traffic scenarios / Н. Badino [et. al.] // *IEEE Southwest Symp. Image Anal. Interpretation*. 2008. P. 189–192.
25. Bebinov S., Kapralov S. Innovative Means for Enhancing of Vehicle Drivers' Reliability // *Transportation Research Procedia*. 2017. № 20. P. 41–46.
26. 3-D candidate selection method for pedestrian detection on nonplanar roads / D. Fernandez [et. al.] // *IEEE Intell. Veh. Symp.* 2007. P. 1162–1167.
27. Modeling as a Method to Improve Road Safety During Mass Events / I. Makarova [et. al.] // *Transportation Research Procedia*. 2017. № 20. P. 430–435.
28. Korjagin S., Klachek P. Innovative Development of Intelligent Transport Systems Based on Biocybernetical Vehicle Control Systems // *Transportation Research Procedia*. 2017. № 20. С. 326–333.
29. Traffic effects of driver assistance systems: The approach within invent / T. Benz [et. al.] // *10th World Congress Intell. Transp. Syst. Solutions for Today and Tomorrow*. 2003. P. 1–11.
30. Realtime system for monitoring driver vigilance / L. Bergasa [et. al.] // *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* Mar. 2006. Vol. 7. № 1. P. 63–77.
31. Moeslund T. A survey of advances in vision-based human motion capture and analysis // *Comput. Vis. Image Understanding*. Nov./Dec. 2006. Vol. 103. № 2/3. P. 90–126.
32. Poppe R. Vision-based human motion analysis: An overview // *Comput. Vis. Image Understanding*. Oct./Nov. 2007. Vol. 108. № 1/2. P. 4–18.
33. Methods of Assessing the Influence of Operational Factors on Brake System Efficiency in Investigating Traffic Accidents / N. Podoprigrora [et. al.] // *Transportation Research Procedia*. 2017. 20. P. 516–522.

---

**Гриценко Александр Владимирович**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет; профессор кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: alexgrits13@mail.ru.

**Глемба Константин Вячеславович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет; доцент кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: glemba77@mail.ru.

\* \* \*

УДК 539.431:621.8

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПРЕДЕЛА ВЫНОСЛИВОСТИ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ МАШИН ПРИ УДАРНОМ НАГРУЖЕНИИ

В. В. Ерофеев, И. П. Трояновская, Д. В. Базанова

В статье предложена методика расчета предела выносливости деталей и узлов технологического оборудования агропромышленных предприятий, работающего в условиях циклического нагружения и воспринимающего ударные нагрузки в процессе эксплуатации. Методика позволяет на базе «полной кривой усталости» конструкционных материалов провести оценку ресурса технологического оборудования, исключая сложную процедуру мониторинга.

*Ключевые слова:* ударное нагружение, малоцикловая усталость, узлы и детали машин, расчет рабочего ресурса.

Одной из важнейших задач, стоящих перед агропромышленным комплексом РФ, является повышение надежности и долговечности технологического оборудования, работающего в условиях циклического нагружения и действия ударных нагрузок в процессе эксплуатации.

**Цель исследования:** провести оценку выносливости металлоконструкций, учитывающую ударный характер эксплуатационных нагрузок, оказывающих влияние на ресурс технологического оборудования.

### Материалы и методы

Поведение материалов при усталостном разрушении в диапазоне небольшого числа

циклов нагружения имеет ряд характерных закономерностей [1–3], которые необходимо учитывать при построении «полной кривой усталости» материалов. Область ограниченной усталости конструкционных материалов (ломаная АБВГ рис. 1) охватывает диапазон напряжений от предела прочности  $\sigma_b$  до предела выносливости  $\sigma_0$  при произвольном параметре асимметрии цикла нагружения  $r = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$ , где  $\sigma_{\min}$ ,  $\sigma_{\max}$  – минимальные и максимальные напряжения [3].

Всю область можно разделить на область малоцикловой усталости (прямые I и II) и многоцикловой усталости (прямая III). Переход от малоцикловой усталости к многоцикловой осуществляется на уровне динамического предела





текучести  $\sigma_k$ , который в условиях циклического нагружения обычно равен пределу текучести материала  $\sigma_k = \sigma_T$ .

В диапазоне  $N > N_G$  усталостное разрушение не наблюдается, и для пульсирующей нагрузки ( $r = 0$ ) величина  $\sigma_{max}$  принимается равной пределу выносливости материалов  $\sigma_0$ .

При малоциклового усталости можно выделить два характерных участка. На I участке циклической ползучести разрушение носит квазистатический характер с образованием шейки в месте излома. Здесь характерно непрерывное возрастающее с числом циклов нагружения  $N$  накопление пластической деформации. При этом петля механического гистерезиса вплоть до разрушения образцов всегда остается открытой [3]. На участке II на поверхности разрушения отчетливо выделяется зона усталостного излома, а петля гистерезиса становится замкнутой.

Для конструкционных сталей  $N_G = 2 \cdot 10^6$  и  $N_B = 10$  [4], и при  $r = 0$  кривая усталости АГД приобретает вид, представленный на рисунке 2.

Для построения единой кривой усталости необходимо знать предел выносливости  $\sigma_0$  материала, угол наклона прямой АГ и значения границ диапазона циклов  $N_G$  и  $N_B$ .

Экспериментально значение  $\sigma_0$  определяется путем пересчета значения  $\sigma_{-1}$  при симметричном ( $r = -1$ ) нагружении (не менее  $2 \cdot 10^6$  циклов) [5–7]. При пересчете наиболее приемлемой является аппроксимирующая зависимость  $\sigma_{-1}(\sigma_B)$  [7]:

$$\sigma_{-1} = 0,285(1 + \gamma)\sigma_B, \quad (1)$$

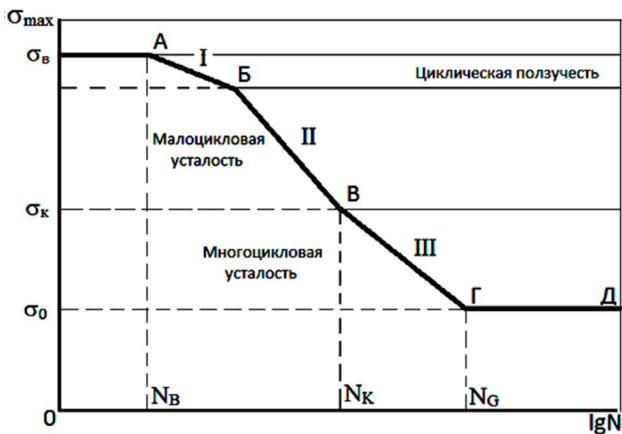


Рис. 1. «Полная кривая усталости» конструкционных материалов при пульсирующем нагружении ( $r = 0$ )

где  $\gamma = \sigma_T / \sigma_B$  – показатель деформационного упрочнения материала.

При расчетном определении  $\sigma_0$  используют зависимость  $\sigma_{-1}(\sigma_B)$  на основе диаграммы А. Смита [8]:

$$\sigma_0 = 2\sigma_{-1} \left[ \frac{1}{(1 + \sigma_{-1} / \sigma_B)} \right]. \quad (2)$$

С учетом (1) и (2) было получено окончательное выражение для определения предела выносливости материала при пульсирующем цикле нагружения  $\sigma_0$ :

$$\sigma_0 = \sigma_B \left[ \frac{0,57(1 + \gamma)}{1 + 0,285(1 + \gamma)} \right]. \quad (3)$$

Для учета концентрации напряжений при оценке предела выносливости введем эффективный коэффициент концентрации  $K_3$ :

$$K_3 = \frac{\sigma_{ок}}{\sigma_0}, \quad (4)$$

где  $\sigma_{ок}$  – предел выносливости металла с учетом фактора концентрации напряжений.

Данный коэффициент  $K_3$  определяется экспериментально путем испытания большого количества образцов с различными концентраторами. Значения коэффициентов концентрации напряжений  $K_3$  вблизи геометрических

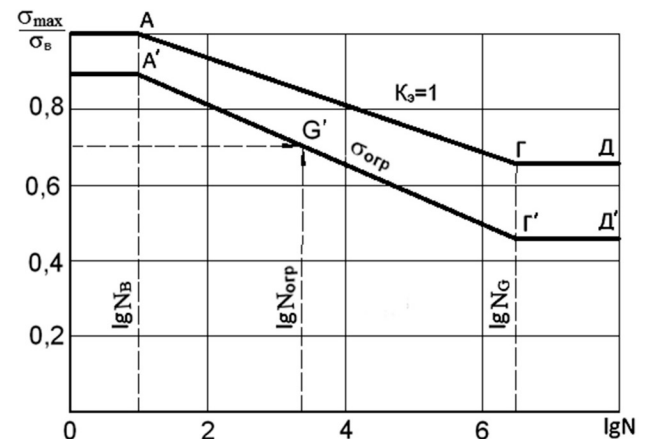


Рис. 2. Единая кривая усталости конструкционных материалов АГД и конструкций АГ'Д' с учетом наличия эффекта концентрации напряжений  $K_3$

несовершенств (галтели, отверстия, выточки и др.) приведены в работах [4, 10–12], для различных сварных соединений и дефектов (подрез, непровар, смещение кромок и др.) в работах [7–8, 13–14].

Из анализа напряженного состояния деталей и узлов технологического оборудования устанавливается зона с максимальным значением эффективного коэффициента концентрации напряжений  $K_3^{\max}$ . Предел выносливости с учетом концентрации напряжений  $\sigma_{ок}$  определяется  $\sigma_{ок} = \sigma_o / K_3^{\max}$  при  $N > N_G$ .

Для оценки ограниченного предела выносливости  $\sigma_{орг}$  конструкционных материалов с учетом концентрации напряжений воспользуемся упрощенной единой диаграммой усталости (рис. 2) с некоторым уточнением положения точки А. При малом числе циклов нагружения  $N < N_B$  и отсутствии концентраторов напряжений  $K_3 = 1$  номинальные напряжения  $\sigma_n$  равны пределу прочности  $\sigma_n = \sigma_B$ .

При наличии концентрации напряжений вблизи концентратора образуются пластические области, в которых происходит снижение уровня напряжений. В данных областях наблюдается плоское напряженно-деформированное состояние, для которого уравнения максимальных напряжений имеют следующий вид:

$$\sigma_y^{\max} = a_\sigma \sigma_n; \quad \sigma_z^{\max} = 0,5 a_\sigma \sigma_n; \quad \sigma_x^{\max} = 0, \quad (5)$$

где  $a_\sigma$  – коэффициент концентрации напряжений в пластической области деформирования вблизи вершины концентратора.

Вблизи концентратора напряжений наблюдается предельно равновесное состояние, сопровождающееся процессом разрушения, с образованием шейки в месте излома. Оно имеет квазистатический характер, и среднее номинальное напряжение  $\sigma_n$  в этой области можно вычислить:

$$\sigma_n = 0,5 \sigma_B \left[ \frac{a_\sigma + 1}{a_\sigma} \right]. \quad (6)$$

Из (6) видно, что при отсутствии концентрации ( $a_\sigma = 1$  и  $K_3 = 1$ ) напряжений  $\sigma_n = \sigma_B$  (рис. 2).

Важным этапом в уточнении координат точки А' является расчетное определение коэффициента концентрации напряжений в упруго-пластической зоне  $a_\sigma$ .

На основе работ [15–16] была установлена связь между теоретическим коэффициентом концентрации напряжений  $K_\sigma$ , полученным на основании упругого решения о напряженном состоянии в окрестности вершины концентратора, и коэффициентом концентрации напряжений  $a_\sigma$ , описывающим эффект концентрации напряжений в пластической зоне:

$$1 < K_\sigma < 3; \quad a_\sigma = 1 + [0,1 + 0,5(1 - \gamma)](K_\sigma - 1); \quad (7)$$

$$K_\sigma > 3; \quad a_\sigma = 1,2 + (1 - \gamma) + 0,35(1 - \gamma)(K_\sigma - 1). \quad (8)$$

Таким образом, решена задача по установлению координат точки А' и определен наклон прямой на участке ограниченного предела выносливости материала с учетом фактора концентрации напряжений:

$$\sigma_n = \sigma_B \frac{(a_\sigma + 1)}{2a_\sigma} = \frac{\sigma_o}{K_3} \left[ \frac{N_G}{N_B} \right]^{(1/m_k)}. \quad (9)$$

На рисунке 2 показана скорректированная единая кривая усталости материала с учетом эффекта концентрации напряжений АТ'Д', построенная для случая  $K_3 = 1,5$  ( $K_\sigma = 2$ ;  $a_\sigma = 1,25$ ;  $\sigma_T = 280$  МПа;  $\sigma_B = 400$  МПа;  $\gamma = 0,7$ ):  $\sigma_n = 0,9\sigma_B$ . Для этого случая получено выражение для параметра  $m_k$ , характеризующего угол наклона единой кривой в области ограниченной усталости АГД и АТ'Д':

$$m_k = \frac{5,3}{\lg \left[ K_3 (a_\sigma + 1) / a_\sigma (0,57(1 + \gamma) + 0,33) \right]}. \quad (10)$$

Окончательное выражение для описания единой кривой усталости материалов при наличии эффекта концентрации напряжений имеет вид

$$\sigma_{орг} = \frac{\sigma_o}{K_3} \left[ \frac{N_G}{N_{орг}} \right]^{(1/m_k)}. \quad (11)$$

Полученная единая кривая усталости материала при наличии эффекта концентрации материала может быть использована для оценки рабочего ресурса технологического оборудования, воспринимающего ударные динамические нагрузки в процессе их эксплуатации.



## Результаты исследований

Рассмотрим работу прессы, работающего в режиме пульсирующего нагружения ( $r = 0$ ). В наиболее нагруженной зоне наблюдается концентрация напряжений  $K_\sigma$ , отвечающая значениям  $K_\sigma = 1,5$  при  $\sigma_b = 400$  МПа.

Примем допущение о мгновенном распространении деформаций при ударном нагружении [17–18]. Так как силы динамического воздействия при ударе пропорциональны безударным нагрузкам, то при расчетах на прочность и жесткость введем динамический коэффициент:

$$\sigma_{d\max} = \sigma_{ст\max} k_d, \quad \delta_{d\max} = \delta_{ст\max} k_d, \quad (12)$$

где  $k_d$  – динамический коэффициент

$$k_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta_{ст}}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{T_o}{U_{ст}}}, \quad (13)$$

где  $T_o = Gh$  – энергия ударяющего тела к моменту начала удара;

$G, h$  – вес и высота падающего груза;

$U_{ст}$  – потенциальная энергия статической деформации;

$\delta_{ст}$  – перемещение системы в месте удара при статическом приложении груза  $G$ .

При внезапном приложении груза ( $h = 0, T_o = 0$ ) получим  $k_d = 2$ .

Согласно формуле (11), при воздействии ударных нагрузок в окрестности концентраторов напряжений может наблюдаться два варианта:

$$N_p = N_{орп} > N_G = 2 \cdot 10^6; \quad (14)$$

$$\sigma_{d\max} = \sigma_{\max} k_d < \sigma_o / K_\sigma,$$

$$\sigma_{d\max} = \sigma_{\max} k_d < \sigma_o / K_\sigma,$$

$$\sigma_{d\max} = \sigma_{\max} k_d > \sigma_o / K_\sigma, \quad (15)$$

Например, при  $\sigma_{\max} = 0,35\sigma_b$  и  $m_k = 16,63$  ( $\gamma = 0,7; K_\sigma = 1,5; a_\sigma = 1,25$  и  $\sigma_o = 0,65\sigma_b$ ) согласно (11) и (15) получим:

$$\sigma_{\max} = 0,35\sigma_b < \sigma_o / K_\sigma = 0,43\sigma_b;$$

$$N_p = N_{орп} = 655,6.$$

## Выводы

Анализ работоспособности прессы показал, что при снижении предела выносливости

материала на величину  $K_\sigma = 1,5$  за счет концентраторов напряжений число циклов до разрушения при ударном динамическом нагружении составляет порядка  $N_p = 656$ . Таким образом, рабочий эксплуатационный ресурс снизился более чем в  $10^3$  раз.

## Рекомендации

Повышение рабочего ресурса металлоконструкций прессы возможно за счет снижения динамического коэффициента  $k_d$  путем применения в конструкции дополнительных элементов, повышающих работоспособность технологического оборудования – амортизаторов [17–18].

## Список литературы

1. Трощенко В. Т., Сосновский Л. А. Сопротивление усталости сталей и сплавов : справочник. Киев : Наукова думка, 1987. Ч. 1, 2. 324 с.
2. Циклические деформации и усталость металлов / под ред. В. Т. Трощенко. Киев : Наукова думка, 1985. 562 с.
3. Терентьев В. Ф., Оксогоев А. А. Циклическая прочность металлических материалов. Новосибирск : НГТУ, 2001. 62 с.
4. Когаев В. П., Махутов Н. А., Гусенков А. П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность : справочник. М. : Машиностроение, 1985. 224 с.
5. Труфяков В. И. Усталость сварных соединений. Киев : Наукова думка, 1973. 216 с.
6. Трощенко В. Т. Усталость и неупругость металлов. Киев : Наукова думка, 1971. 267 с.
7. Особенности разрушения материалов нефтегазопроводов / А. Г. Гареев [и др.]. Уфа : Гилем, 2006. 156 с.
8. Николаев Г. А., Винокуров В. А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование : учеб. для вузов. М. : Высш. шк., 1990. 446 с.
9. Клыков Н. А. Расчет характеристик сопротивления усталости сварных соединений. М. : Машиностроение, 1984. 16.
10. Петерсен Р. Коэффициенты концентрации напряжений. М. : Мир, 1972. 302 с.
11. ГОСТ 25.504-82 Методы расчета характеристик сопротивления усталости.
12. Савин Г. Н., Тульчий В. И. Справочник по концентрации напряжений. Киев : Высш. шк., 1976. 412 с.
13. Турмов Г. П. Определение коэффициентов концентрации напряжений в сварных соединениях // Автоматическая сварка. 1976. № 10. С. 14–17.

14. К вопросу о расчетном определении коэффициентов концентрации напряжений в сварных соединениях оболочковых конструкций, выполненных угловыми швами / В. В. Ерофеев, С. Е. Ерофеев, Р. Г. Шарафиев, В. Б. Кульневич // Сборник научных трудов ИПТЭР. Уфа, 2009. С. 13–16.

15. Зайнуллин Р. С., Шарафиев Р. Г. Сертификация нефтегазохимического оборудования по параметрам испытаний. М. : Недра, 1998. 445 с.

16. Нейбер Г. Концентрация напряжений / пер. с нем. ; под ред. А. И. Лурье. М. : Гостехиздат, 1947. 204 с.

17. Харрис С. М., Крид Ч. И. Справочник по ударным нагрузкам. Л. : Судостроение, 1980. 359 с.

18. Пановко Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. Изд. 5. М. : Либроком, 2009. 272 с.

---

**Ерофеев Валерий Владимирович**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: [ervv52@mail.ru](mailto:ervv52@mail.ru).

**Трояновская Ирина Павловна**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: [tripav63@mail.ru](mailto:tripav63@mail.ru).

**Базанова Дарья Васильевна**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: [madam\\_potemkina@mail.ru](mailto:madam_potemkina@mail.ru).

\* \* \*

УДК 62-721

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МОТОРНОГО МАСЛА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМ МЕТОДОМ КОНТРОЛЯ**

**Р. Ю. Илимбетов, Д. В. Астафьев, Т. В. Тинькина, Е. М. Кокколев**

Статистический анализ возникающих неисправностей в автомобилях показывает, что на долю двигателя внутреннего сгорания приходится в среднем 30% всех неисправностей. Ведущие автомобильные концерны разрабатывают и внедряют системы мониторинга и контроля технического состояния агрегатов и узлов автомобилей. Одним из критериев оценки исправного состояния двигателя внутреннего сгорания является скорость «старения» моторного масла, о качестве которого можно судить по изменению его электрофизических свойств, таких как диэлектрическая проницаемость и вязкость. В работе представлены результаты исследования вязкости моторных масел с помощью ультразвукового метода измерения, который отличается своей компактностью и быстродействием по сравнению с известным методом (вискозиметр). Результаты экспериментальных исследований позволяют делать качественную оценку свойств моторного масла в процессе эксплуатации двигателей внутреннего сгорания автомобилей.

*Ключевые слова:* смазочный материал, моторное масло, вязкость моторного масла, ультразвуковой метод.

Двигатель – один из важнейших агрегатов машин, без которого невозможна работа всей системы. Исправная работа двигателя напрямую зависит от качества смазочного материала. В процессе эксплуатации машин изменяются химические и физические параметры масла.

Проанализировав существующие статистические данные отказов автомобилей КамАЗ, эксплуатирующихся при различных климатических условиях, было выявлено, что наибольшая доля отказов приходится на двигатель внутреннего сгорания (ДВС) (32,8%) и электрооборудование (31,8%) (рис. 1) [1].

Таким образом, для бережной эксплуатации автомобиля важно следить за техниче-

ским состоянием двигателя в процессе эксплуатации.

### **Обзор существующих систем контроля качества масла**

Многие компании в последние годы активно разрабатывают датчики состояния масла двигателя (англ. Oil condition sensors) – надежный и эффективный в стоимостном выражении способ решения ряда проблем экономического и экологического характера [2]. Эти датчики осуществляют комплексный мониторинг состояния масла в реальном времени, информируя ЭБУ (электронный блок управления) в режиме реального времени (рис. 2).

Множество производителей активно проектируют датчики состояния масла, стараются сделать их эффективными, надежными и решают экологические и экономические проблемы (табл. 1).

На сегодняшний день производителями автомобилей используются лишь датчики состояния масла, принцип действия которых основан

на изменении емкости, измеряющие, как правило, только диэлектрическую проницаемость моторного масла [2].

Датчик состояния масла позволяет предотвратить преждевременный выход из строя (ДВС) посредством диагностики на ранних стадиях износа деталей двигателя и старения масла. Наличие в ДВС таких датчиков позво-

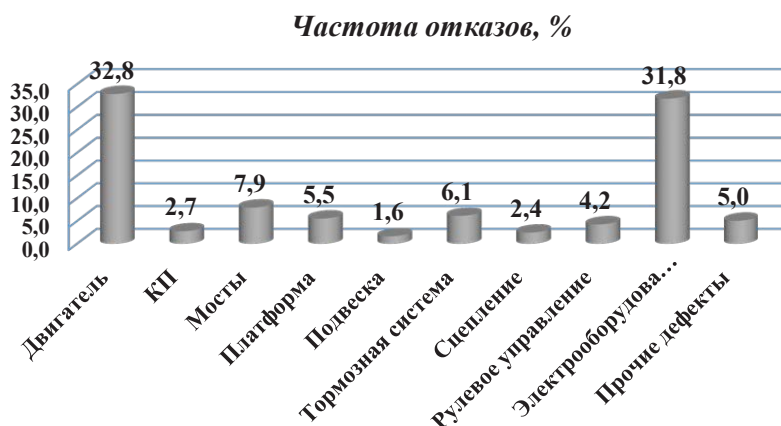


Рис. 1. Доля отказов автомобилей КамАЗ



Рис. 2. Структурная схема работы датчика состояния масла

Таблица 1 – Производители датчиков состояния масла и их функции [4]

№ п/п	Наименование производителя	Функции датчика
1	Bosch	– измерение уровня, температуры, вязкости и диэлектрической проницаемости масла
2	Delphi	– контроль загрязнения масла сажевыми частицами; – измерение проводимости масла на частотах 2–5 МГц; – измерение диэлектрической проницаемости, вязкости, уровня масла
3	QLT Continental Temic	– контроль качества, уровня и температуры масла; – измерение диэлектрической проницаемости
4	QDiS	– контроль уровня, температуры и старения масла; – контроль загрязнения масла сажевыми частицами
5	Мультисенсорный модуль Hella	– измерение вязкости, плотности и диэлектрической проницаемости масла



ляет с высокой точностью определить оптимальное время замены моторного масла, что положительно скажется на долговечности и экономичности работы ДВС [3].

### Программа экспериментальных исследований

Программой экспериментов предусматривалось следующее:

1) разработка экспериментальной установки для исследования вязкостных свойств моторного масла ультразвуковым способом измерения;

2) выбор параметров прибора для измерения скорости звука в моторном масле;

3) разработка методики обработки экспериментальных данных;

4) измерение скорости звука в среде моторного масла в зависимости от состояния и условий:

а) чистое моторное масло;

б) отобранное моторное масло;

в) пробы моторного масла при различных наработках ДВС в моточасах и пробеге автомобиля;

г) пробы моторного масла при разных температурах.

Экспериментальные исследования проводятся с трехкратной повторностью.

### Лабораторный стенд

Для исследования вязкости моторного масла в зависимости от типа загрязнителей была собрана лабораторная установка, представленная на рисунке 3.

Ультразвуковой дефектоскоп 1 позволяет определять скорость звука в различных жидкостях и время прохождения сигнала в веществе, а также показывает уровень жидкости в емкости 3 [6]. Для измерения скорости звука и определения уровня жидкости используется раздельно-совмещенный пьезоэлектрический преобразователь (ПЭП) (рис. 4).

Раздельно-совмещенные ПЭП содержат внутри одного корпуса два пьезоэлемента, один из которых излучает сигнал, а второй принимает. Имеют две зоны контакта с контролируемым объектом – соответственно, излучающую и приемную [6].

### Предварительные исследования

Для проверки методики эксперимента в качестве эталонных жидкостей использо-

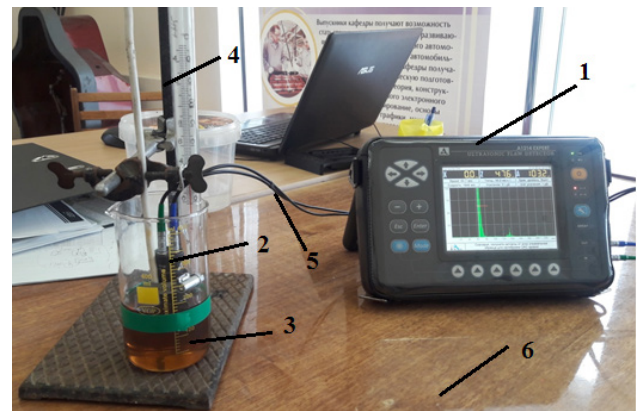
вались «Толуол» и «Индустриальное масло» марки И-20А, так как в составе этих жидкостей отсутствуют различные присадки и они являются чистыми нефтяными продуктами.

Вязкость эталонных жидкостей измерялась двумя различными способами:

- прямым – капиллярный вискозиметр ВПЖ – 4;

- косвенный – ультразвуковой дефектоскоп А1214 EXPERT

Цель данных исследований заключалась в способности косвенного метода измерения (ультразвукового) заменить прямой метод (капиллярный вискозиметр) с минимально допустимыми погрешностями.



1 – ультразвуковой дефектоскоп А1214 EXPERT;  
2 – раздельно-совмещенный пьезоэлектрический преобразователь; 3 – сосуд с моторным маслом;  
4 – штатив; 5 – соединительные провода;  
6 – рабочий стол

Рис. 3. Лабораторная установка



Рис. 4. Раздельно-совмещенный ПЭП D1771  
4.0A0D12CL

По полученным значениям были построены графики зависимостей вязкости от температуры и времени прохождения сигнала от температуры для различных типов технических жидкостей (рис. 5).

Из анализа графиков видно, что при увеличении температуры вязкость жидкостей снижается, а время прохождения ультразвукового сигнала увеличивается. Таким образом, сопоставив графики зависимости вязкости от температуры и график зависимости времени прохождения ультразвукового сигнала, мы видим, что графики аналогичны и находятся в пределах доверительного интервала с учетом погрешностей при измерениях.

Таким образом, косвенный метод измерения на основе прохождения ультразвукового сигнала в жидкой среде позволяет исследовать вязкостные свойства моторного масла вместо известного прямого метода измерения, который отличается громоздкостью и длительным процессом измерения.

### Результаты и их обсуждение

Для исследования влияния загрязненности моторного масла на вязкость были подготовлены пробы масла с автомобилем дизельного и бензинового двигателей (табл. 2).

С автомобиля Nissan Pathfinder были взяты пробы чистого моторного масла перед заливкой в ДВС и отработанного, взятого при плановой замене масла марки Nissan 5W-40 FS A3/B4. Результаты исследования представлены на рисунке 7.

Анализируя полученные зависимости, видно, что в процессе эксплуатации ДВС моторное масло «стареет», что приводит к увеличению его вязкости по сравнению с «чистым». Кроме этого, наличие топлива в моторном масле приводит к снижению его вязкости.

Пробы моторных масел Лукойл 5W-40 (полусинтетическое) и Diesel Extra 15W-40 были взяты в процессе эксплуатации автомобилей, на различных пробегах двигателя. Результаты измерений времени прохождения ультразвукового

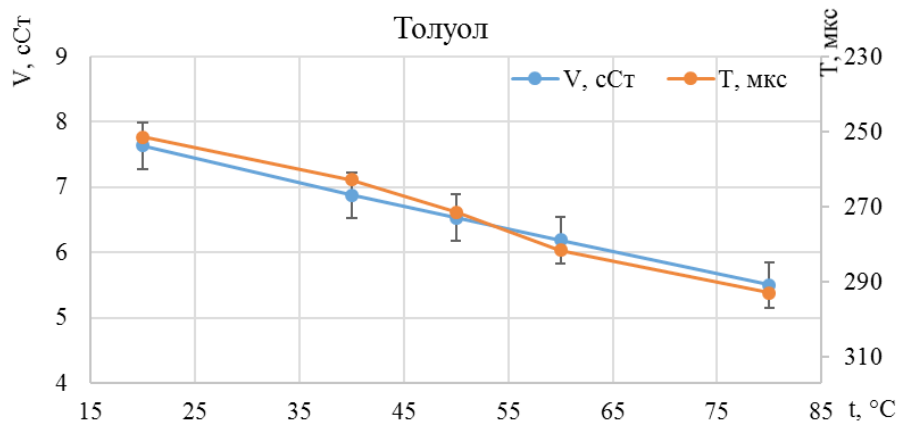


Рис. 5. График зависимости вязкости и времени прохождения ультразвукового сигнала от температуры

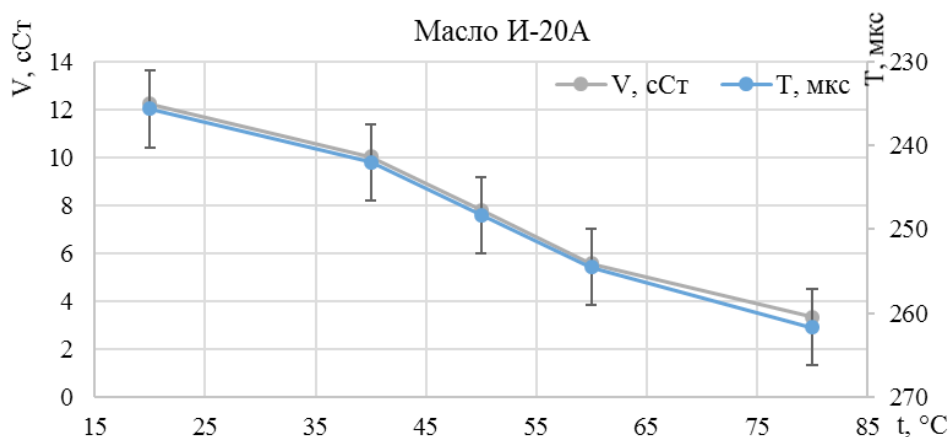


Рис. 6. График зависимости вязкости и времени прохождения ультразвукового сигнала от температуры





сигнала от пробега при различных температурах представлены на рисунках 8 и 9.

Анализируя полученные результаты (рис. 7–9), видно, что с увеличением времени эксплуатации моторного масла возрастает время прохождения ультразвукового сигнала в моторном масле, что говорит о снижении его

вязкости, также с увеличением температуры наблюдается существенное снижение величины вязкости. Кривые изменения вязкости полусинтетического и минерального моторных масел имеют некоторые различия. Так, при исследовании минерального моторного масла существенное изменение вязкости наблюдается на

Таблица 2 – Пробы масла

Наименование показателей	Параметры								
Марка масла	Лукойл 5W-40			Diesel Extra 15W-40				Nissan 5W-40 FS A3/B4	
Транспортное средство	ВАЗ 2114			МТЗ-82				Nissan Pathfinder	
Пробег транспортного средства	238 000 км			185 000 мото-ч				84 500 км	
Срок эксплуатации масла	0 км	5 000 км	8 000 км	0 мото-ч	93 мото-ч	198 мото-ч	293 мото-ч	0 км	11 000 км

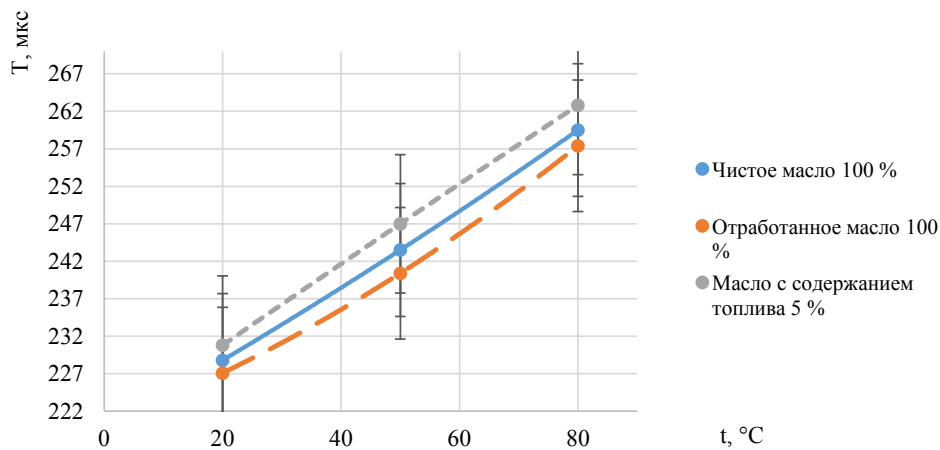


Рис. 7. Результаты измерения вязкости моторного масла Nissan 5W-40 FS A3/B4 от температуры

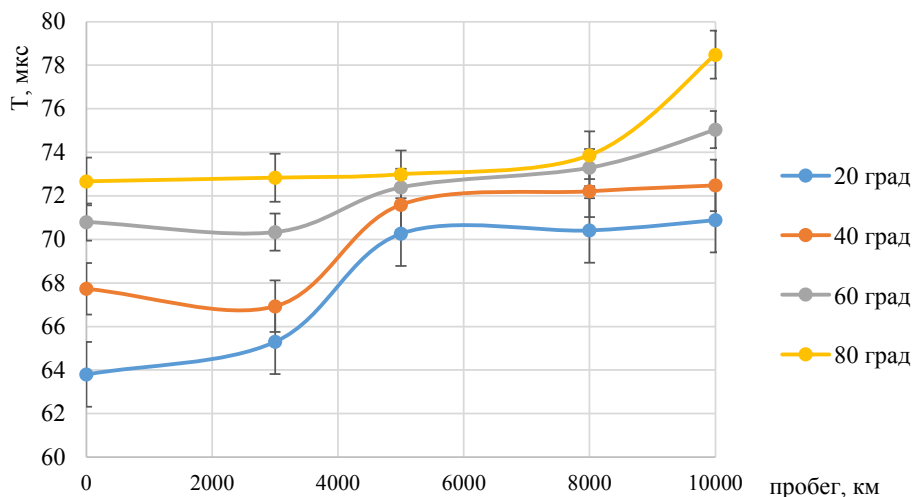


Рис. 8. Измерения вязкости моторного масла ЛУКОЙЛ 5W-40 от пробега и температуры

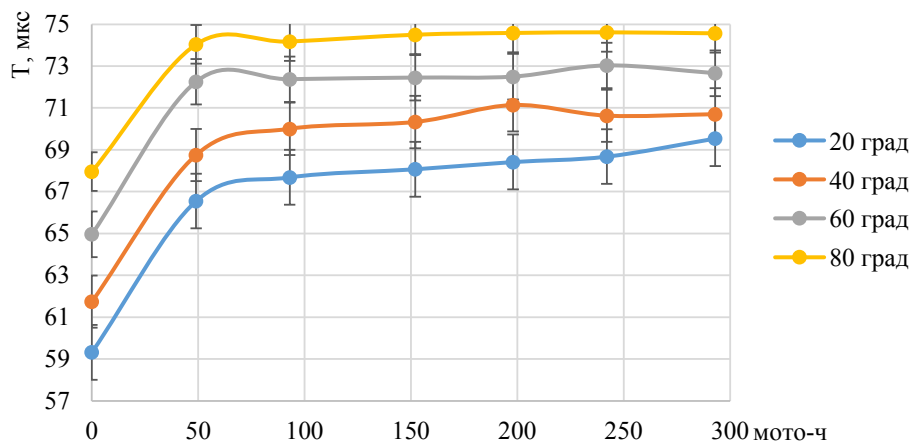


Рис. 9. Измерения вязкости моторного масла Diesel Extra 15W-40 от времени работы и температуры

начальном этапе эксплуатации моторного масла (0–50 мото-ч), а полусинтетического – на завершающем (8000–10–000 км пробега). Различный характер старения масла объясняется наличием различных присадок в моторных маслах и характере «старения» моторного масла.

#### Выводы

1. По изменению параметров масла можно судить о работоспособности различных узлов и агрегатов автотранспортных средств. Различные виды загрязнителей, появляющиеся в смазочном материале, говорят о неисправностях агрегатов машин.

2. В качестве экспресс-метода для изучения вязкостных свойств моторных масел можно использовать ультразвуковой способ измерения, который обладает компактностью, хорошей точностью и быстротой измерения.

4. Результаты экспериментальных исследований позволяют делать качественную оценку свойств моторного масла в процессе эксплуатации двигателей внутреннего сгорания автомобилей.

5. Разработка компактных, встраиваемых датчиков состояния масла в сочетании с ультразвуковым методом измерения позволит своевременно диагностировать ДВС по параметрам работающего масла, что положительно скажется на его ресурсе и снижении затрат при эксплуатации.

#### Список литературы

1. Мухаметдинов Э. М. Совершенствование системы фирменного сервиса с целью повышения безотказности автомобилей : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Оренбург, 2009. 19 с.
2. Илимбетов Р. Ю., Хазиев Г. Р., Черепанов П. Ю. Диагностика ДВС по параметрам масла // Достижения науки – агропромышленному производству : матер. LV Междунар. науч.-техн. конф. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. С. 160–173.
3. Diagnostics of Engine oil of Internal Combustion Engine by Electrophysical Method of Control / A. G. Vozmilov [и др.] // 2018 Global Smart Industry Conference (GloSIC). 10.1109/GloSIC.2018.8570137. P. 1–5.
4. Датчики Mercedes-Benz Sprinter. Режим доступа : [http://mercedes-assist.ru/mercedessprinter/mercedes-benz-1587-10.m\\_id-252.m\\_id2-253.html](http://mercedes-assist.ru/mercedessprinter/mercedes-benz-1587-10.m_id-252.m_id2-253.html).
5. Сысоева С. Новые тенденции и перспективные технологии автомобильных датчиков систем Powertrain и контроля эмиссии // Компоненты и технологии. 2006. № 8.
6. Дефектоскоп ультразвуковой А1214 EXPERT : руководство по эксплуатации АПЯС.412231.012 РЭ / Акустические контрольные системы. М., 2015. 70 с.

**Илимбетов Рафаэль Юрикович**, канд. техн. наук, доцент, кафедра «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: [ilimbay@yandex.ru](mailto:ilimbay@yandex.ru).



**Астафьев Дмитрий Владимирович**, канд. техн. наук, доцент, кафедра «Электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет; кафедра «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: dim-as82@yandex.ru.

**Тинькина Татьяна Владимировна**, магистрант 1-го года обучения, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: Tinkina\_Tanya.97@mail.ru.

**КокOLEV Егор Максимович**, студент 4-го года обучения, Автотранспортный факультет, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: egor\_kok@mail.ru.

\* \* \*

УДК 637.116

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА КАЧЕСТВО СЫРОГО МОЛОКА

**А. Н. Козлов, В. И. Шатруков, П. А. Плескачев**

Огромная биологическая ценность молока состоит не только в составе минеральных элементов и витаминов, но и в высокой перевариваемости его и молочных продуктов (95–98%). Аудит технического состояния 19 доильных установок типа молокопровод на молочных комплексах 6 сельскохозяйственных предприятий выявил, что техническое состояние большинства установок не соответствует нормативным показателям по стабильности (50%) и перепаду разрежения (20%), герметичности трубопровода (42%), ошибки показаний вакуумметра (58%), роста разрежения в системе молокопровода (32%) и разбросу показаний пульсатора (50%). Исследования показали, что на установках, не соответствующих техническому аудиту, сырое молоко получали не выше второго сорта по количеству соматических клеток, а по бактериальной обсемененности – первого-второго сортов. На доильных установках, в которых режимы работы установок соответствовали нормативам, качество молока не достигло высшего сорта, что свидетельствует о имеющихся нарушениях в технологии машинного доения. Режимы работы установок с техническими отклонениями, превышающими нормативные, в большей степени влияют на количество соматических клеток в сыром молоке, чем на КМАФАнМ.

*Ключевые слова:* технический аудит, узлы доильных установок, качество, сырое молоко.

Молоко – один из наиболее полноценных продуктов питания. В нем содержится около 80% минеральных элементов, необходимых для нормального роста и развития организма, такие как калий, натрий, кальций, фосфор, сера, хлор, железо, алюминий, кобальт, хром, цинк, свинец, мышьяк, олово, бор, йод, титан, фтор, серебро, медь, ванадий, магний, литий, гелий, рубидий и т. д.

В составе молока содержатся жизненно необходимые витамины, в том числе жирорастворимые: А, Д, Е, К и водорастворимые: С, РР, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, Н и другие, а также ферменты, гормоны, иммунные тела.

Содержащийся в молоке молочный сахар (лактоза), единственный в природе углевод,

состоящий из глюкозы и галактозы, входит в состав ферментов, участвующих в синтезе жиров, белков, витаминов, ферментов, участвует во внутриклеточном обмене, работе сердца, печени, почек, головного мозга и нервной системы. Питательная ценность молока при ежедневном употреблении 0,946 л удовлетворяет в среднем всю суточную потребность взрослого человека в жире, кальции, фосфоре и рибофлавине, 50% потребности в протеине, 33% потребности в витамине А, аскорбиновой кислоте и тиамине, 25% потребности в энергии и, за исключением железа, меди, марганца и магния, полностью удовлетворяет потребность во всех минеральных веществах.



С введением в практику вакуумного способа доения коров снизилась продолжительность продуктивного долголетия коров, повысился уровень заболеваемости маститом, а качество сырого молока стало низкосортным [1, 2, 3, 4]. Для решения этих проблем, как пример, использование в молочном животноводстве антибиотиков не дало положительных результатов [5]. Для повышения сортности молока стали применяться прогрессивные разработки механических полипропиленовых фильтров [6, 7, 8, 9]. В литературных источниках недостаточно исследований, раскрывающих влияние технического состояния и режимов работы узлов доильных установок на качество сырого молока. Существующие клапанно-мембранные пульсаторы не обеспечивают постоянство частоты пульсаций (60...80 1/с) и соотношения тактов сосания и сжатия (70/30% для двухтактных аппаратов). Систематические отклонения частоты пульсации от технологически заданной величины увеличивают заболеваемость маститом в 2,8 раза. Срок эксплуатации резиновых мембран пульсаторов инструкцией доильных аппаратов не определен. Действительное соотношение тактов находится в пределах 40/60...50/50%, что снижает интенсивность молоковыведения

и увеличивает продолжительность доения [1, 2]. В силу этого доильные аппараты не наносят на рецепторы молочной железы необходимую для вызова полноценного рефлекса молокоотдачи дозу стимулирующих раздражений, а зачастую из-за низких эксплуатационных показателей наносят тормозящие раздражения.

Все вышеперечисленные факторы способствуют возникновению воспалительного процесса (мастит) в вымени у коров.

**Цель работы** – выявить взаимосвязь технического состояния доильной установки и качества сырого молока.

#### Методика экспериментальных исследований

Микробиологические показатели мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) молока оценивались с использованием оборудования бани термостатирующей LB-212 и термостата ТС – 1/80 СПУ. Микробиологические показатели количества соматических клеток определяли с использованием анализатора молока вискозиметрический Соматос В, весов ВР300 S и термометра стеклянного СП 2К.

Из описаний параметров дефектовки доильной установки типа молокопровод, согласно

Таблица 1 – Описание параметров дефектовки

№	Наименование узла, детали	Параметры дефектовки
1	Вакуумпровод	Стандарт ИСО 6690. Стабильность в установке с молокопроводом определяется произведением амплитуды изменения вакуумметрического давления на продолжительность этого колебания, измеренных в молочной трубке доильного аппарата, значение не должно превышать 20 кПа·с. Стабильность в установке с доением в ведра: значение не должно превышать 40 кПа·с. Перепад вакуумметрического давления между вакуумной установкой и вакуумрегулятором, а также между вакуумным регулятором и любой точкой в вакуумпроводе в условиях испытания не должен превышать 2,5 кПа. Герметичность (просачивание воздуха в вакуумную систему) не должна превышать 5% номинальной производительности вакуумной установки
2	Вакуумметр	ГОСТ 2405. Ошибка показания значения вакуумметрического давления как при увеличении, так и при уменьшении его в любой точке диапазона от 10 до 90% максимального значения шкалы не должна превышать 16% максимального значения шкалы. Правильность работы проверить по контрольному вакуумметру. Расположение строго по вертикали
3	Вакуумный регулятор	Стандарт ИСО 6690. Не должен обеспечивать возрастание более чем на 2 кПа вакуумметрического давления при работе всех узлов установки. Расположение строго по вертикали
4	Пульсатор	Стандарт ИСО 6690. Частота пульсации и соотношение тактов должны находиться в пределах $\pm 5\%$ паспортных данных. Фаза сосания не должна быть меньше 30%, а фаза сжатия – не менее 9%. Прибор электронный VACUSCOP

стандарту ИСО 6690 и ГОСТ 2405, определяли те параметры, которые регламентируются цифровыми значениями (табл. 1). Такими узлами установки являются вакуумпровод, вакуумметр, вакуумный регулятор и пульсатор доильного аппарата. В таблице 1 приведено описание регламентирующего порядка определения нормируемых параметров.

### Результаты исследований

Выявив общие нормативные положения по оценочной системе, провели аудит доильных установок на молочных комплексах сельскохозяйственных предприятий Челябинской области.

Стабильность разрежения в вакуумпроводе из 19 доильных установок сохраняется только в 9; перепад разрежения в нем – в 4 и герметич-

ность – в 8 установках (табл. 2). Ошибка показания вакуумметрического давления вакуумметром превысила в 11 из 19 установок. Рост разрежения в молочных и вакуумных магистралях отмечаем в 6 установках и несоответствие по превышению паспортных данных в пульсаторах отмечали в 10 установках (табл. 2).

Таким образом, технический аудит по всем диагностируемым показателям доильных установок выявил соответствие режимам эксплуатации только в сельскохозяйственных предприятиях ОАО СХП «Калуга-Соловьевское» и ООО «Совхоз «Береговой».

Требуют замены 11 из 19 вакуумметров (табл. 2). Пульсаторы должны пройти ТО-1 или быть заменены в 16 установках. Для сохранения стабильности разрежения и его перепада необхо-

Таблица 2 – Аудит доильных установок

Название предприятия/ № доильной установки на 200 голов	Наименование узлов доильной установки					
	Вакуумный трубопровод			Вакуумметр	Вакуумный регулятор	Пульсатор
	Стабильность разрежения не более 20 кПа	Перепад разрежения не более 2,5 кПа	Герметичность не более 5%	Ошибка показания не более 16%	Рост разрежения не более чем на 2 кПа	Частота пульсаций и соотношение тактов в пределах не более ±5%
ОАО СХП «Красноармейское» Красноармейский район						
1	20	2,5	5	21	2	7
2	15	3,5	5	20	3	7
3	25	3	7	24	4	9
ОАО СХП «Калуга-Соловьевское» Красноармейский район						
1	15	2	5	15	2	5
2	18	2	5	15	2	4
ООО «Заря» Сосновский район						
1	32	2,5	4	25	5	7
2	41	2,5	10	24	5	7
3	17	2	4	16	2	5
4	17	1,5	5	15	1,5	4
5	30	5	6	30	2	10
ООО «Карсинский» Троицкий район						
1	25	2,5	5,1	18	4	12
2	24	2,7	5,5	24	6	15
ООО «Белоносовское» Еткульский район						
1	20	2,5	8	17	2	8
2	30	3,3	8	23	2,5	7
3	20	2,5	7	16	2	8
ООО «Совхоз «Береговой» Каслинский район						
1	13	2,1	4	13	1,8	4
2	14	1,9	5	15	1,5	2
3	19	1,9	4	11	1,5	4
4	15	1,5	5	18	1,4	4



Таблица 3 – Результаты контроля количества соматических и бактериальных клеток в сыром молоке

Наименование хозяйства	Соответствие техническому аудиту	КМАФАнМ, КОЕ/см <sup>3</sup> (не более $1,0 \cdot 10^5$ для высшего, не более $3,0 \cdot 10^5$ для первого)	Количество соматических клеток в 1 см <sup>3</sup> (не более $2,5 \cdot 10^5$ для высшего, не более $4,0 \cdot 10^5$ для первого)
ООО «Белонососовское»	нет	$1,7 \cdot 10^5$ (первый сорт)	$1,5 \cdot 10^6$ (второй сорт)
ООО Совхоз «Береговой»	да	$1,4 \cdot 10^5$ (первый сорт)	$2,9 \cdot 10^5$ (первый сорт)
ООО «Заря»	Нет	$1,9 \cdot 10^5$ (первый сорт)	$1,1 \cdot 10^6$ (второй сорт)
ООО «Карсинский»	нет	$6,4 \cdot 10$ (второй сорт) <sup>5</sup>	$1,4 \cdot 10^6$ (второй сорт)

димо привести в соответствии паспортным расходным характеристикам вакуумные установки или заменить их на новые вакуумные насосы.

Сравнительные исследования четырех молочных комплексов (табл. 3) на количество соматических и мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в сыром молоке выявили следующее. На молочных комплексах ООО «Белонососовское», ООО «Совхоз «Береговой» и ООО «Заря» сырое молоко соответствовало первому сорту, а ООО «Карсинский» – второму сорту. Так, количество КМАФАнМ в них соответственно составило  $1,7 \cdot 10^5$ ;  $1,4 \cdot 10^5$ ;  $1,9 \cdot 10^5$  и  $6,4 \cdot 10^5$  (табл. 3).

Сырое молоко по количеству соматических клеток соответствовало первому сорту только на молочном комплексе ООО «Совхоз «Береговой». Сырое молоко по данному показателю в остальных сельскохозяйственных предприятиях соответствовало второму сорту, что свидетельствует о неустраненных нарушениях в технологии машинного доения.

### Выводы

1. Технический аудит доильных установок выявил соответствие режимам их эксплуатации из 6 только в 2 сельскохозяйственных предприятиях ОАО СХП «Калуга-Соловьевское» и ООО «Совхоз «Береговой».

2. На доильных установках, в которых режимы работы установок соответствуют нормативам, качество молока по количеству соматических клеток и КМАФАнМ не соответствует высшему сорту.

3. На доильных установках, в которых режимы работы установок имеют превышение отклонений от нормативов, качество молока по количеству соматических клеток соответствовало второму сорту, а по КМАФАнМ – первого и ниже сортов.

### Список литературы

1. Козлов А. Н., Черницкий А. В., Аleshин А. В. Адаптивное доильное оборудование : монография. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2017. 208 с.
2. Козлов А. Н. Повышение работоспособности доильных аппаратов : монография. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. 99 с.
3. Козлов А. Н., Акымбеков А. Ж. Влияние доильных аппаратов на заболеваемость вымени коров маститом // Научные достижения и открытия 2018 : сб. ст. IV Междунар. науч.-практ. конкурса. Пенза : МЦНС «Наука и просвещение», 2018. С. 38–42.
4. Объективная оценка заданных свойств продукта / Е. А. Юрова [и др.] // Молочная промышленность. 2019. № 10. С. 50–52.
5. Щепеткина С. В. Антибиотики в молоке: запретить нельзя, нормировать // Молочная промышленность. 2019. № 11. С. 20–22.
6. Козлов А. Н., Плескачев П. А. Необходимость механической очистки сырого молока // Современные тенденции технологического развития АПК : матер. Междунар. науч.-практ. конф. Института агроинженерии, посвящ. 85-летию кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка им. проф. М. П. Сергеева» (Челябинск, 2019) / под ред. проф., д-ра с.-х. наук М. Ф. Юдина. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2019. С. 74–80.
7. Козлов А. Н., Плескачев П. А. Разработка и исследования вакуумно-напорной системы очистки сырого молока // Лучшая научная статья 2019 : сб. ст. XXVIII Междунар. науч.-исслед. конкурса. Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2019. С. 10–15.
8. Козлов А. Н., Плескачев П. А. Индивидуальный фильтр для очистки молока для доильного аппарата // АПК России. 2019. Т. 26. № 3. С. 406–410.

9. Козлов А. Н., Плескачев П. А. Разработка стандарта машинного доения с учетом заболеваемости коров маститом // *Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации* : сб. ст. XXVIII Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2019. Ч. 1. С. 94–100.

---

**Козлов Александр Николаевич**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.  
E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

**Шатруков Виктор Иванович**, старший преподаватель, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.  
E-mail: v\_shatr@mail.ru.

**Плескачев Павел Андреевич**, магистрант, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.  
E-mail: pleskachev\_@mail.ru.

\* \* \*



УДК 637.116+619:616-084

## МАШИННОЕ ДОЕНИЕ И АСПЕКТЫ ПРОФИЛАКТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ КОРОВ МАСТИТОМ

**А. Н. Козлов, В. И. Шатруков, П. А. Плескачев, А. С. Романов**

Во всем мире одной из главных проблем при машинном доении животных является заболеваемость вымени коров субклинической формой мастита. Современная и комплексная программа профилактических мероприятий по предупреждению заболеваний коров маститом разработана и внедрена в хозяйствах Челябинской области. Для этих целей использовался спектр продукции фирмы ANKAR для гигиены вымени (ANKAR Before Oxy и ANKAR Green Fito) и дезинфекции молочного оборудования (кислотно-щелочные моющие и дезинфицирующие средства ANKAR-superacid hw и ANKAR-alkali hw). После 3-месячной санитарно-гигиенической обработки вымени в течение всех доек количество коров, больных маститом, снизилось на 43 %, а от применения лекарственных препаратов – на 25 %. Предложенная конструкция механического индивидуального детектора мастита позволила массово выявить субклиническую форму заболеваемости маститом у всех коров в течение одной дойки. Ежедневное выявление субклинической формы мастита у всего дойного стада с помощью детектора субклинической формы мастита позволило снизить количество больных коров до 1–2 %. Механический детектор мастита по своему технологическому назначению аналогичен определению субклинической формы мастита с помощью специальных жидких препаратов. Качество мойки оборудования на молочном комплексе ООО «Заря» по смывам в 20 узлах и деталях выявило 95–100 %-й уровень дезинфекции оборудования.

*Ключевые слова:* субклиническая форма мастита, гигиена вымени, дезинфекция молочного оборудования, детектор мастита, маститное кольцо.

Для предотвращения экономических потерь, связанных с маститами, важно раннее выявление ее субклинической формы. Если клиническая форма сравнительно легко диагностируется визуально, то субклиническую форму выявить значительно сложнее. Их диагностика основана на определении физико-химических изменений, увеличения в молоке соматических клеток (лейкоциты, эпителиальные клетки). Наличие соматических клеток в молоке – это не только показатель качества молока (в молоке этот показатель не должен превышать 250 тыс./мл), но и показатель здорового стада. Считается, что количество соматических клеток в молоке является косвенным показателем устойчи-

вости коров к маститу и может служить критерием для селекции. Значительная часть микроорганизмов – возбудителей мастита – находится на всей поверхности вымени и в большинстве своем попадает внутрь молочной железы через сосковый канал. В процессе машинного доения кончик соска вымени разбухает на 30–40 % и возвращается в нормальное состояние только в течение получаса после окончания доения. В течение данного времени бактерии легко попадают через просвет соскового канала внутрь вымени, что и вызывает воспаление. Специальные жидкие препараты, используемые ветеринарными работниками, позволяют эффективно выявлять данное заболевание. Однако

технологический процесс отбора проб молока с каждой доли вымени трудоемок и не позволяет быстро исследовать большое поголовье животных. В этой связи заслуживают большого внимания аспекты гигиены, используемые при машинном доении коров и доступные способы выявления субклинической формы мастита.

**Цель работы** – выявить эффективность применения санитарно-гигиенической профилактики мастита и индивидуального механического детектора мастита.

#### Методика экспериментальных исследований

В каждом хозяйстве имеются коровы с субклинической формой мастита. Физико-химические изменения в молоке определялись мастером машинного доения в каждую дойку с помощью чашки для сдаивания первых струек молока. Черная шершавая поверхность чашки позволяет легко определить наличие хлопьев, слизи, примесей крови в молоке и не дать ему попасть в сборное молоко. Исследование молока по количеству соматических клеток осуществлялось один раз в месяц с помощью прибора «Соматокс» российского производства. Диагностика субклинических маститов проводилась также раз в месяц с помощью пластины ПМК-2 и препарата Kerba TEST. При смене цвета смеси от светло-желтого до желтого считали реакцию сомнительной. Реакцию считали положительной при образовании желеобразного или плотного сгустков и при приобретении смеси синего цвета. Диагностика субклинической формы мастита основана на увеличении содержания лейкоцитов и повышении щелочности секрета молочной железы.

Для мойки вымени коров перед доением применялся моюще-дезинфицирующий раствор ANKAR Before Оху. Он обладает хорошей моющей способностью, придает коже вымени эластичность, что благоприятно воздействует на припуск молока и молокоотдачу. Это сред-

ство не вызывает раздражения кожи рук у доярок, так как не содержит в своем составе хлора.

Для обработки поверхности вымени и сосков коровы перед дойкой раствором ANKAR Before Оху использовались многоразовые салфетки. Материал салфетки обладает фактурой, которая позволяет нежно стимулировать корову к отдаче молока, впитывать необходимое количество раствора, практически насухо отжимать салфетку без затраты усилий.

Поэтому в хозяйстве применялся раствор ANKAR Green Fito в комплекте с гигиеническим стаканчиком. После доения доярка погружала каждый сосок на 2–3 секунды в антисептический раствор, при этом кончик соскового канала покрывался пленкой. Бактерицидное действие раствора обусловлено высоким содержанием активного йода. Его пленкообразующий компонент создает на сосках защитное покрытие, блокирующее проникновение в них возбудителей мастита на протяжении всего периода времени между дойками. Смягчающие вещества защищают эпидермис сосков вымени от сухости, образования трещин, способствуют быстрому заживлению имеющихся на сосках ссадин и эрозий. Для промывки доильного оборудования использовали жидкие кислотнo-щелочные моющие и дезинфицирующие средства ANKAR-superacid hw и ANKAR-alkali hw.

#### Результаты исследований

В результате применения вышеуказанных средств и технологий в ООО «Заря» количество коров, больных маститом, снизилось на 43% (табл. 1) после 3-месячной санитарно-гигиенической обработки вымени в течение всех доек.

Лечение коров, больных субклинической формой мастита, начинали препаратом после лабораторного определения чувствительности микрофлоры секрета, пораженной части вымени к антибиотикам. В данном случае это был линкомицин на масляной основе 3 тыс. ед. на

Таблица 1 – Динамика заболеваемости коров субклиническим маститом до начала применения и через 3 месяца после начала применения обработки вымени раствором ANKAR Before Оху и ANKAR Green Fito в ООО «Заря»

Период	Обследование голов	Выявлено больных коров	% заболеваемости
Контрольный	256	159	77
Опытный	256	87	34
Контрольный	256	159	77



1 кг живой массы в дозе 5 мл в одну четверть вымени 3 дня подряд. С целью разжижения скопившихся в молочной железе сгустков вводили по 10 мл в каждую четверть вымени 2% раствора гидрокарбоната натрия (питьевая сода)  $t$  35° внутривымянно, через 20 минут секрет сдаивался, манипуляция повторялась 2–3 раза. При комбинированном применении антибиотиков, сульфаниламидов и нитрофуранов необходимо пользоваться таблицей. Лечение каждой доли вымени проводилось отдельно, и в результате количество больных маститом коров снизилось на 25% (табл. 2). Можно сделать вывод, что от регулярного 3-месячного применения санитарно-гигиенических средств для обработки вымени фирмы ANKAR заболеваемость маститом среди коров снизилась на 43%, а от применения лекарственных препаратов снижение заболеваемости составило 25%.

После проведения лечения оставшиеся больные коровы долечиваются по схеме, описанной выше. На следующем этапе после тщательной многократной диагностики, успешного лечения и продолжающегося постоянного применения средств гигиены по уходу за выменем в механизм профилактики включаются компоненты молока, влияющие на естественную резистентность молочной железы к маститу, обычно это белки и ферменты молока, свободного от мастита, имеющие неспецифическую антибактериальную активность, такие как лизоцим, лактоферрин, иммуноглобулины и лейкоциты. Эти иммунобиологические процессы и их компоненты быстро и достаточно полно определяют уровень защитных реакций в ответ на проникновение бактерий-возбудителей мастита. Нельзя забывать, что в сухостойный период довольно часто наблюдаются заболевания коров с субклинической формой течения.

Поэтому целесообразно использовать для консервации на весь период сухостоя лекарственных средства, используемые внутривымянно в каждую долю вымени в дозе

3,0–5,0 мл однократно. Эффективность лечения в сухостойный период значительно выше, чем в лактационный, так как можно применять большие дозы лечебных препаратов, не опасаясь их попадания в сборное молоко. Следует также один раз в 2 недели проводить клиническое обследование вымени с пробным сдаиванием секрета для исследования.

Оценка качества молока по наличию соматических клеток, проведенная в СХП «Калуга-Соловьевское», показала, что до применения гигиенических средств профилактики маститов наличие этих клеток в молоке было от 1 млн до 1,5 млн шт. в 1 мл. Добиться их снижения путем только одного лечения было невозможно. Только после начала систематического применения санитарно-гигиенических мероприятий и предлагаемой конструкции индивидуального детектора мастита (рис. 1 и 2) количество соматических клеток в молоке снизилось до 100–300 тыс. шт. в 1 мл. Такое молоко является совершенно здоровым и соответствует российским и европейским стандартам качества.

Одновременно ежедневное выявление субклинической формы мастита у всего дойного стада с помощью индивидуального детектора субклинической формы мастита позволило снизить количество больных коров до 1–2%. Предлагаем уникальный индивидуальный детектор субклинической формы мастита (рис. 1 и 2), который состоит из крышки 3 с выходным 1 и внутренним 2 патрубками, корпуса 4 с входным патрубком 9, цилиндрического фильтрующего элемента 6 с заглушкой 8, кольцевых фильтрующих элементов запорного 5 и маститного 7. Установка в молочный шланг индивидуального детектора субклинической формы мастита не влияет на технические характеристики доильных аппаратов. Улавливаемая масса сгустков крови и в виде творогообразной массы, механических частиц корма, подстилки и пыли не разрушается, не размывается и не растворяется при всасывании их через ячейки фильтрующих

Таблица 2 – Динамика заболеваемости коров субклиническим маститом после лечения на фоне применения растворов ANKAR Before Oxy и ANKAR Green Fito ООО «Заря»

Период	Подвергнуто лечению	Обследовано голов	Выявлено больных	% заболеваемости
Контрольный	87	256	87	34
Опытный	87	256	23	9

элементов за счет разрезания по сравнению с подачей молока насосом на фильтрующий элемент. Разработали и исследовали фильтрующий элемент 7 (рис. 1 и 2) с различными размерами ячеек в зависимости от уровня заболеваемости коров субклинической формой мастита.

Широкий диапазон размеров ячеек фильтрующего элемента 7 (рис. 1 и 2) с различными размерами ячеек стал возможен при изготовлении из пищевого полипропилена методом экструзии по разработанному технологическому способу. Для того, чтобы полученное качественное молоко от коров довести до переработчика и потребителя, очень важно повторно

его не загрязнить по пути технологического следования (доильные аппараты, молокопроводы и его стыки, охладитель, танки, молоковозы). После первых трех-четырех доек появляются на поверхности оборудования жировые и белковые отложения, которые превращаются в молочный камень, в котором задерживаются и размножаются бактерии. Молоко из-за этого быстро портится.

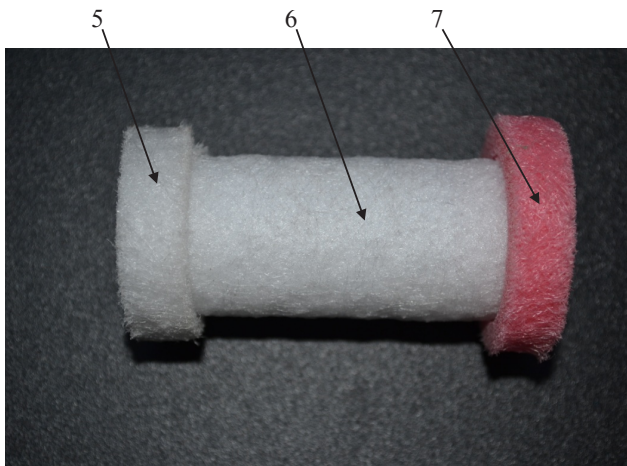


Рис. 1. Цилиндрический фильтрующий элемент с запорным и маститным кольцевыми фильтрующими элементами

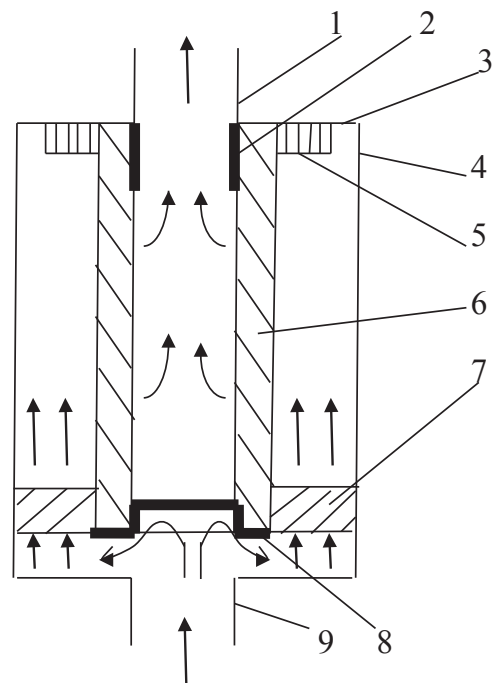


Рис. 2. Принципиальная схема индивидуального детектора субклинической формы мастита

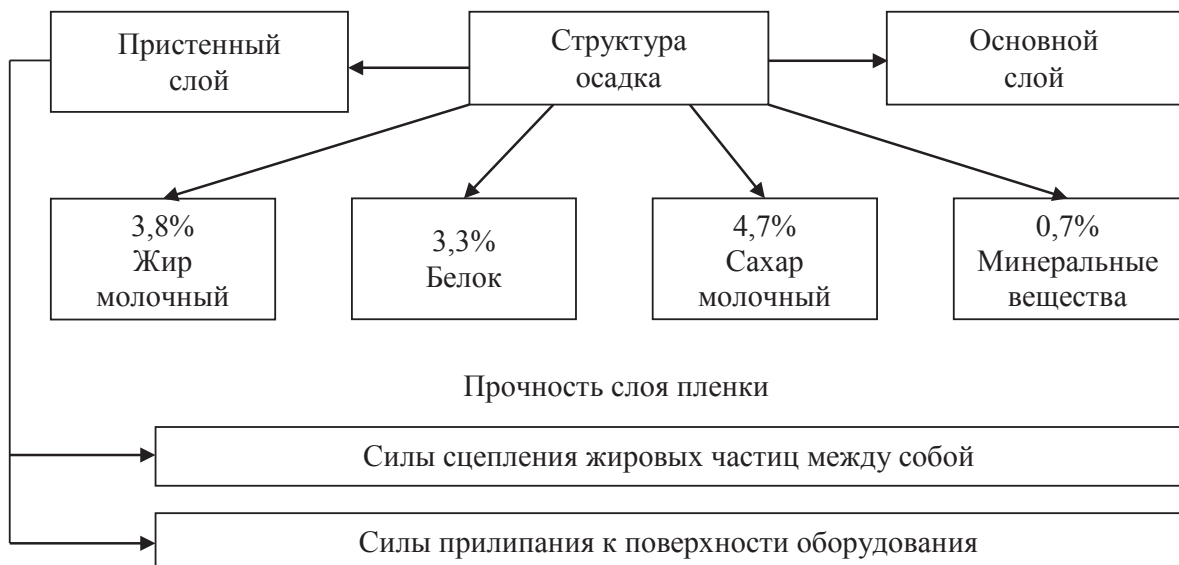


Рис. 3. Структура осадка молочной пленки на поверхности оборудования



Структура осадка молочной пленки на поверхности оборудования очень сложная (рис. 3). Недостаточно хорошо очищенные поверхности доильного оборудования и молочной посуды становятся средой обитания для микробов.

Для удаления белково-молочной пленки использовали современные жидкие кислотнo-щелочные моющие и дезинфицирующие средства ANKAR-superacid hw и ANKAR-alkali hw, которые не оставляют шансов для жизнедеятельности бактерий-возбудителей. Качество мойки оборудования на молочном комплексе ООО «Заря» проверяли по смывам в 20 узлах и деталях раз в десять дней в лаборатории агрохолдинга ООО «Птицефабрика «Равис». Они выявили 95–100%-й уровень дезинфекции оборудования.

В целом выполнение системы мероприятий по профилактике мастита зависит от профессиональной работы и ответственности докторов, обслуживающего персонала, специалистов и руководителей хозяйств. Чем шире будут применяться передовые технологии в молочном животноводстве, тем больше на стол потребителя будет попадать здорового, качественного молока и молочных продуктов.

### Выводы

1. От 3-месячного применения санитарно-гигиенических средств для обработки вымени фирмы ANKAR заболеваемость маститом среди коров снизилась на 43%, а от применения лекарственных препаратов снижение заболеваемости составило 25%.

2. Индивидуальный детектор субклинической формы мастита улавливает массу сгустков крови и в виде творогообразной массы, механические частицы корма, подстилки и пыли. Они под действием вакуума не разрушаются, не размываются и не растворяются при всасывании их через ячейки фильтрующих элементов по сравнению с групповыми фильтрами, на которые подача молока осуществляется под напором.

3. Жидкие кислотнo-щелочные моющие и дезинфицирующие средства ANKAR-superacid hw и ANKAR-alkali hw показали 95–100%-й уровень дезинфекции оборудования.

### Список литературы

1. Юрова Е. А., Фильчакова С. А., Козловцева Д. В. Эффективные приемы обеспечения качества молока – сырья // Молочная промышленность. 2019. № 9. С. 44–47.

2. Козлов А. Н., Черницкий А. В., Аleshин А. В. Адаптивное доильное оборудование : монография. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2017. 208 с.

3. Козлов А. Н. Повышение работоспособности доильных аппаратов : монография. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. 99 с.

4. Козлов А. Н., Акымбеков А. Ж. Влияние доильных аппаратов на заболеваемость вымени коров маститом // Научные достижения и открытия 2018 : сб. ст. IV Междунар. науч.-практ. конкурса. Пенза : МЦНС «Наука и просвещение», 2018. С. 38–42.

5. Козлов А. Н., Плескачев П. А. Необходимость механической очистки сырого молока // Современные тенденции технологического развития АПК : матер. Междунар. науч.-практ. конф. Института агроинженерии, посвящ. 85-летию кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка им. проф. М. П. Сергеева» (Челябинск, 2019) / под ред. проф., д-ра с.-х. наук М. Ф. Юдина. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2019. С. 74–80.

6. Козлов А. Н., Плескачев П. А. Разработка и исследования вакуумно-напорной системы очистки сырого молока // Лучшая научная статья 2019 : сб. ст. XXVIII Междунар. науч.-исслед. конкурса. Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2019. С. 10–15.

7. Козлов А. Н., Плескачев П. А. Индивидуальный фильтр для очистки молока для доильного аппарата // АПК России. 2019. Т. 26. № 3. С. 406–410.

8. Козлов А. Н., Плескачев П. А. Исследование детектора субклинической формы мастита животных // Современная наука: актуальные вопросы, достижения инновации : сб. ст. IX науч.-практ. конф. : в 2 ч. Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2019. Ч. 1. С. 46–53.

**Козлов Александр Николаевич**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

**Шатруков Виктор Иванович**, старший преподаватель, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: v\_shatr@mail.ru.

**Плескачев Павел Андреевич**, магистрант, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: pleskachev\_@mail.ru.

**Романов Алексей Сергеевич**, зам. директора по производству молока, ООО «Заря», Челябинская область.

E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

\* \* \*

УДК 621.313.292:629.7

## КОНСТРУКЦИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**В. В. Митрашук, М. П. Баранова**

Проведен теоретический анализ сфер применения беспилотного летательного аппарата (БПЛА) в сельском хозяйстве. Произведено сравнение альтернативных универсальных конструкций. Разработана математическая модель процесса полета БПЛА универсальной конструкции, которая позволяет в режиме реального времени прогнозировать характер движения БПЛА и на основании этого определять оптимальные параметры и режимы работы алгоритмов стабилизации и управления в зависимости от условий эксплуатации, выполняемых функций и задач сельского хозяйства.

*Ключевые слова:* математическая модель, беспилотный летательный аппарат, сельское хозяйство, электрооборудование.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) являются следующей стадией развития сельскохозяйственной техники, как когда-то это были технологии плуга, трактора и комбайна. Дроны были названы «летающие тракторы» [1]. Ожидается, что они значительно повысят эффективность сельскохозяйственных работ [2, 3]. Весь потенциал беспилотников для сельского хозяйства еще не раскрыт. Целью работы было исследование конструкции универсального сельскохозяйственного БПЛА.

В результате теоретического анализа сфер применения БПЛА в сельском хозяйстве установлены области применения БПЛА, в растениеводстве это:

– анализ, выявление, идентификация и ликвидация сорняков, заболеваний, вредителей (например, саранча) при помощи спектральных снимков и реагентов, выявление вредителей озимых культур;

– распыление гербицидов, пестицидов, жидких удобрений, воды, обработка растений лазерным излучением с полным покрытием участка или точно, после диагностики проблемных участков;

– оперативное точечное обнаружение погибшего урожая и растительности для уборки в сенаж и засева на данное место новых семян, например, устойчивых видов растений – кукурузы, овса, ржи и т.п.;

– определение благоприятных условий для засева семян, прогнозирование устойчивости урожая при посеве в данное время и в месте; подбор наиболее подходящего вида растений для засева в соответствии с текущими условиями окружающей среды; мониторинг состояния посевов, параметров роста культур и оценка всхожести с прогнозированием дальнейшей урожайности;

– отслеживание состояния растений, выявление количества воды, хлорофилла и питательных веществ в листьях, нормализованного вегетационного индекса NDVI, обнаружение зрелости урожая и построение карт урожайности;

– высев облаков для контроля осадков [1], экологический мониторинг химического состояния стратосферы, загрязнения тропосферы и качества воздуха (в частности,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}_2$  и  $\text{N}_2\text{O}$ ); оперативный прогноз погоды, пылевых бурь, землетрясений, контроль колебания уровня воды;

– оперативный мониторинг засухи и наводнений на сельскохозяйственных участках, определение размыва сельскохозяйственных земель, непрерывное построение электронных карт полей в динамике, построение 3D-изображений земли; определение оползней, лавин, лесных пожаров, оценка степени ущерба, поиск проблемных областей, топографических изменений, вариации текстурных классов;

– оценка химического состава и плодородия почв, поверхностной влажности почвы, содержания органического вещества (цвет почвы), особенностей поверхности, определение эрозии почвы с целью предотвращения потери питательных веществ, термическая съемка почв; определение солености и токсичности почвы при помощи датчиков рН почвы, содержания Al и Mn; применения гипсовых гранул для опыления почв, страдающих низким показателем рН (< 5.5).

В животноводстве [1]:

– контроль и осуществление свободного выпаса в любое время суток при помощи тепловизора и видеокамеры для снижения уровня стресса животного с целью увеличения количества и качества продукции, производимой животным;

– поиск потерянных животных и направление их обратно в ранчо, мониторинг состояния животных, пастбищ и кормовой растительности;

– защита животных при помощи шума беспилотника от хищников и агрессивных собак, кабанов, кроликов, свиней, оленей, птиц и так далее; применение острых дротиков с лекарством или картриджей электрошокера, закрепленных на БПЛА с целью нейтрализации подобных вредителей.

### Методы исследования

В результате анализа областей применения можно сделать вывод, что использование БПЛА в сельском хозяйстве требует комплексного подхода и универсальности в конструкции.

В научных публикациях представлено большое количество различных конструкций БПЛА [4–8]. Универсальные конструкции БПЛА, основанные на поворотных винтах, распространены меньше, и их потенциал сегодня полностью не раскрыт. Из всех видов универсальных БПЛА можно выделить четыре конструкции. Тип № 1 – один из лучших представителей беспилотников с поворотными винтами Boeing's Phantom Swift X-Plane (рис. 1 а), способен передвигаться со скоростью 120 км/ч, обладает взлетной массой 40 кг и временем полета 2 часа. Он оснащен четырьмя электромоторами. Второй тип – конструкция трикоптера (рис. 1 б), предложенная в [8]. Третий тип – авторская конструкция [9], где предлагается использовать другую конструкцию, состоящую

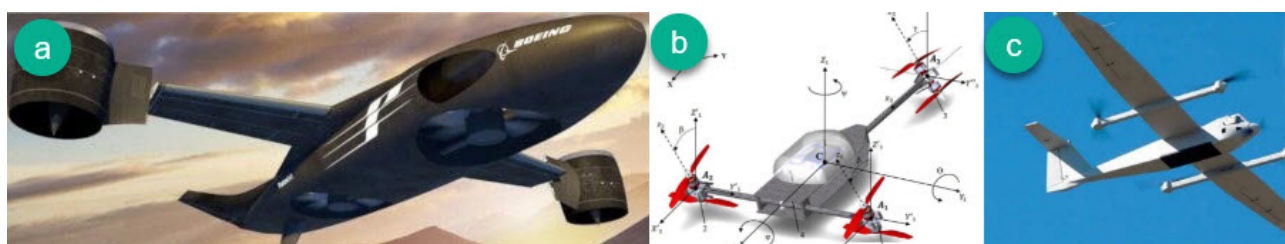


Рис. 1. Модель БПЛА предлагаемой конструкции из 6 моторов





не из 4 моторов, как у Boeing's Phantom Swift X-Plane, а из 6. Четвертый тип – один из самых простых вариантов конвертоплана (рис. 1 с) с избыточным количеством моторов, которые задействуются попеременно для обеспечения тяги вверх или вперед.

Для решения широкого спектра задач сельского хозяйства универсальной конструкции БПЛА необходимо обладать максимальной стабильностью в полете (табл. 1). Это достигается при помощи симметричной конструкции корпуса, размещения моторов на одинаковом расстоянии от центра масс. Сменные модули приборов прикрепляются в центре масс. Отсутствие крыльев повышает стабильность полета. Такая конструкция позволит противостоять сильному ветру и порывам ветра. Конструкции необходимо иметь возможность в процессе по-

лета по всем направлениям в любых комбинациях быть всегда параллельной земле для обеспечения максимальной стабильности работы приборов, повышения их разрешающей способности и точности.

Предлагается к исследованию 3-й тип БПЛА с изменяющейся геометрией универсальной конструкции [9–11]. В результате расчетов определены формулы, которые дают математическое описание работы предлагаемой конструкции. Создана кроссплатформенная программа математического моделирования процесса полета БПЛА универсальной конструкции с алгоритмами стабилизации и управления (рис. 2) в среде OpenGL на языке Qt/C++ [12].

Предложенная математическая модель процесса полета БПЛА универсальной конструкции позволяет в режиме реального времени

Таблица 1 – Сравнение аналогичных универсальных конструкций

Критерий сравнения	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Параллельность платформы БПЛА к земле в процессе полета по всем направлениям в любых комбинациях	+	–	+	+
Отсутствие крыльев и закрылков	–	+	+	–
Расположение центра масс в месте крепления приборов	+	+	+	+
Симметричное расположение моторов на одинаковом удалении от центра масс	–	–	+	–
Наличие соосных винтов для стабильности поворотов	–	+	+	–

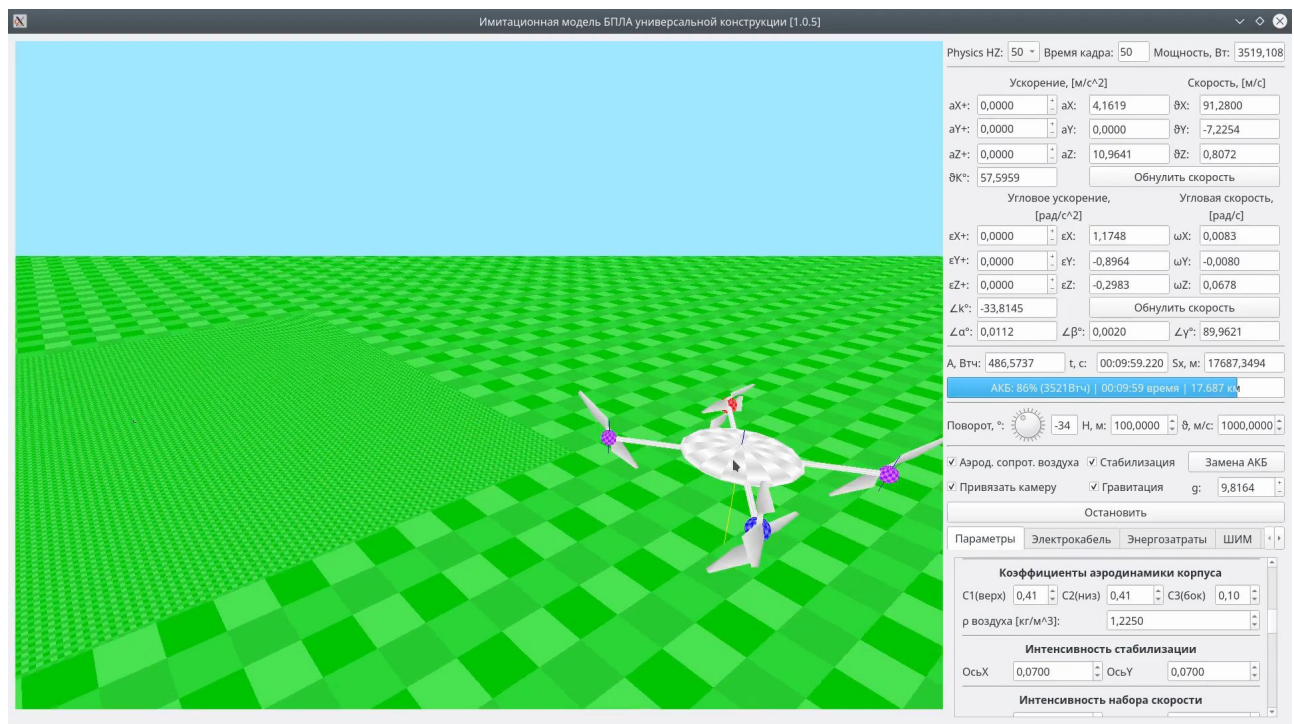


Рис. 2. Модель БПЛА предлагаемой конструкции из 6 моторов

прогнозировать характер движения БПЛА и на основании этого определять оптимальные параметры и режимы работы алгоритмов стабилизации и управления в зависимости от условий эксплуатации, выполняемых функций и задач сельского хозяйства. При помощи программы можно сконфигурировать или определить следующее: устойчивость конструкции к воздействию ветра; массу и инертность БПЛА; необходимую скорость передвижения; аэродинамическое сопротивление конструкции; грузоподъемность; крутящий момент; приемистость мотора с винтом; приемистость поворотных механизмов; критичный угол для максимальной стабилизации; коэффициенты нарастания скорости стабилизации; регулировку распределения диапазонов ШИМ между стабилизацией двух осей БПЛА и управлением движением вперед, подъемом, вращением; мощность, потребляемую БПЛА, его суммарное энергопотребление и отдельно по каждому мотору; определить продолжительность полета БПЛА в зависимости от характеристики и массы аккумуляторной батареи (АКБ), подобрать необходимый по характеристикам АКБ; подобрать необходимые параметры длины, массы, точек подвеса для электрического кабеля при осуществлении им питания БПЛА и др.

### Результаты исследований

Передвигаться БПЛА может по трем осям. Каждой оси БПЛА соответствует ускорение поступательного движения  $a_x, a_y, a_z$ . Но в создаваемой модели БПЛА управление движением по оси  $y$  БПЛА осуществляться не будет, поэтому рассчитывать изменение  $a_y$  от моторов нет необходимости.

При расположении двух пар соосных винтов на одной оси БПЛА их общая тяга опреде-

лена как  $F_{тc11} + F_{тc12}$  для одной пары и  $F_{тc21} + F_{тc22}$  для второй и  $(F_{тc11} + F_{тc12}) + (F_{тc21} + F_{тc22})$  для двух пар соосных винтов. Располагая на другой оси БПЛА два вращающихся мотора, получили общую их тягу  $(F_{тк1} \cos \alpha + F_{тк2} \cos \alpha)$ . В итоге с учетом углов получили формулы зависимости поступательного движения БПЛА от силы тяги по оси  $z$  (1) и оси  $x$  (2).

$$a_z = \frac{1}{m} \left( (F_{тc11} + F_{тc12}) + (F_{тc21} + F_{тc22}) + (F_{тк1} \sin \alpha + F_{тк2} \sin \alpha) \right); \quad (1)$$

$$a_x = \frac{1}{m} (F_{тк1} \cos \alpha + F_{тк2} \cos \alpha). \quad (2)$$

В формулах (1) и (2)  $m$  – масса БПЛА. Для того чтобы учесть крутящий момент от моторов БПЛА, необходимо рассчитать ускорение  $\varepsilon_{рк}$  для винтов. Основные действующие силы при расчете  $\varepsilon_{рк}$  отражены на рисунке 3.

Учитывая, что закручивающая сила мотора винта  $F_{в}$  равна силе реакции опоры корпуса  $F_{рк}$  в точке крепления данного мотора, получим зависимость для  $\varepsilon_{рк}$  (3).

$$\varepsilon_{рк} = \frac{r_c}{d_b I_k} M_{в}, \quad (3)$$

где  $M_{в}$  – крутящий момент мотора с винтом;

$r_c$  – расстояние от центра масс до мотора (одинаковое для всех моторов);

$d_b$  – диаметр вала мотора;

$I_k$  – момент инерции корпуса БПЛА.

На корпус БПЛА действует крутящий момент, зависящий от тяги винтов. Поэтому угло-

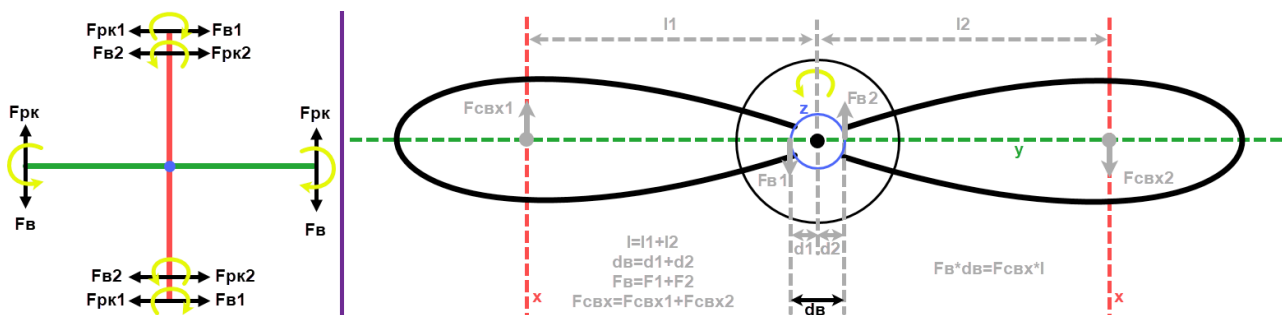


Рис. 3. Силы, действующие на винты БПЛА



вые ускорения  $\varepsilon_x$ ,  $\varepsilon_y$ ,  $\varepsilon_z$  относительно осей для корпуса БПЛА будут вычисляться по формулам (4), (5), (6) соответственно.

$$\varepsilon_x = \frac{r_c}{I_x} \left[ (F_{TK_1} \sin \alpha - F_{TK_2} \sin \alpha) + \frac{1}{d_b} (M_{BK_1} \cos \alpha - M_{BK_2} \cos \alpha) \right]; \quad (4)$$

$$\varepsilon_y = \frac{r_c}{I_y} \left[ (F_{TC_{11}} + F_{TC_{12}}) - (F_{TC_{21}} + F_{TC_{22}}) \right]; \quad (5)$$

$$\varepsilon_z = \frac{r_c}{I_z} \left[ (F_{TK_1} \cos \alpha - F_{TK_2} \cos \alpha) + \frac{1}{d_b} \left\{ (M_{BC_{11}} - M_{BC_{12}}) - (M_{BC_{21}} - M_{BC_{22}}) + (M_{BK_1} \sin \alpha - M_{BK_2} \sin \alpha) \right\} \right]; \quad (6)$$

### Выводы

Дополнительные характеристики математической модели, которые необходимы для моделирования кинематики БПЛА (представлены характеристики винтомоторной пары с мотором T-Motor MN7005-KV230-24V), это длина винта  $r_b = 0,6024$  м, вес винта  $m_b = 0,036$  кг, вес контроллера мотора 0,073 кг, вес мотора 0,188 кг, диаметр вала мотора  $d_b = 0,015$  м. Приемистость (throttle response speed) контроллера ESC 50 мс, частота обновления 500 Гц, диапазон ШИМ (throttle pos. range) 1100–1940 мкс.

Учитывая частоту обновления ESC 500 Гц или 2000 мкс, получаем минимальную и максимальную скважность ШИМ сигнала, при-

нимаемого данным ESC. Скважность будет находиться в диапазоне от  $1100/2000 = 0,55$  до  $1940/2000 = 0,97$ . Учитывая, что стандартный шаг дискретизации импульса ШИМ на микросхемах 20 мкс (например, Intel Galileo, Arduino, BeagleBone Black), то количество возможных шагов изменения оборотов будет равно  $(1940 - 1100)/20 = 840/20 = 42$ , поэтому  $(0,97 - 0,55)/42 = 0,01$  – стандартный минимальный шаг скважности ШИМ изменения оборотов. Приемистость для контроллера ESC говорит о том, что за 50 мс произойдет разгон винта от минимальных оборотов 0,55 до максимальных 0,97. Приемистость важно учесть в модели БПЛА, так как процесс движения БПЛА регулируется при помощи изменения частоты вращения винтов и высокая приемистость может серьезно отразиться на стабильности полета БПЛА.

Для расчета модели БПЛА использованы цифровые бесколлекторные сервоприводы FeeTech FT517BL массой 0,060 кг каждый. Время поворота на 90 градусов – 165 мс. В будущем планируется использовать шаговые двигатели вместо них.

В таблице 2 представлены характеристики мотора с официального сайта производителя T-Motor. Данные таблицы показывают: величину ШИМ сигнала, крутящий момент  $M$ , грузоподъемность Trust и потребляемую мощность  $W$ . Информация по грузоподъемности была переведена в килограммы. Из грузоподъемности рассчитывается сила тяги. Крутящий момент мотора с винтом необходим для расчета угловых ускорений БПЛА. Потребляемая мощность необходима для расчета электропотребления БПЛА.

Таблица 2 – Характеристики по мотору MN7005-KV230-24V

ШИМ	$M$ , Н·м	Trust, кг	$W$ , Вт	ШИМ	$M$ , Н·м	Trust, кг	$W$ , Вт
0,40	0,39	1,407	104,60	0,60	0,65	2,491	241,40
0,42	0,42	1,501	113,88	0,62	0,69	2,605	258,50
0,44	0,43	1,592	123,19	0,64	0,72	2,708	273,39
0,46	0,46	1,698	135,63	0,66	0,75	2,841	297,29
0,48	0,49	1,837	152,48	0,68	0,78	2,948	317,15
0,50	0,52	1,951	167,01	0,70	0,81	3,060	335,87
0,52	0,54	2,063	181,11	0,75	0,89	3,344	386,77
0,54	0,57	2,153	193,69	0,80	0,96	3,632	438,46
0,56	0,60	2,261	208,71	0,90	1,12	4,184	550,60
0,58	0,63	2,378	225,12	1,00	1,28	4,691	670,20

Для осуществления преобразования ШИМ сигнала управления мотором от микрокомпьютера (например, BeagleBone Black или Pocket) отдельно в грузоподъемность в кг, отдельно в крутящий момент в Н·м, отдельно в мощность в Вт, необходимо получить недостающие в таблице 2 промежуточные значения по ШИМ. Для этого при помощи аппроксимации на основе таблицы 2 строятся функции зависимости ШИМ от грузоподъемности, ШИМ от крутящего момента, ШИМ от потребляемой мощности.

Таким образом, в ходе работы установлены сферы применения БПЛА в сельском хозяйстве. Проведено сравнение альтернативных универсальных конструкций. Определены базовые уравнения (1), (2), (4), (5), (6) для кинематики БПЛА универсальной конструкции с 6 моторами. Разработана математическая модель данного БПЛА (рис. 1) в среде OpenGL на языке Qt/C++. Показаны дополнительные параметры (крутящий момент, вес, диаметр вала мотора, приемистость и др.) моторов, сервоприводов и элементов конструкции, используемых при расчете математической модели БПЛА.

#### Список литературы

1. Krishna K. R. *Agricultural Drones* // Waretown, NJ: Apple Academic Press, 2017. 413 с.
2. Мельникова Ю. В., Ткачев С. И. Экономические предпосылки использования беспилотных летательных аппаратов в агропромышленном комплексе // *Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК*. 2018. С. 287–291.
3. Иванов С. А., Майданников Н. А., Бондарева Ю. А. Анализ применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2016. С. 210–214.
4. Hayward K. *Unmanned aerial vehicles: a new industrial system?* London : Royal aeronautical society, 2013. 18 с.
5. Austin R. *Unmanned aircraft systems. UAVS design, development and deployment* // UK: John Wiley & Sons Ltd, 2010. 332 с.
6. Егорова П. С., Павлов А. М., Фетисова Н. А. Обзор самолетов, оснащенных электрическими силовыми установками // *Научная сессия ГУАП*. 2017. С. 84–90.
7. Коротеев А. Ю., Ялпаев А. А., Фимущин Е. С. Конструкция винтокрылого высокоманевренного летательного аппарата // *Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли*. 2016. С. 80–85.
8. Синтез параметров электроприводов БПЛА типа «Конвертоплан-трикоптер» / О. В. Емельянова [и др.] // *Нелинейная динамика машин – School-NDM* 2017. 2017. С. 239–249.
9. Митращук В. В. Разработка беспилотного летательного аппарата по типу квадрокоптера с обеспечением передвижения параллельно земле платформы со сменными модулями приборов // *Актуальные проблемы авиации и космонавтики* : в 2 т. Красноярск : СибГАУ, 2016. Т. 1. С. 299–301.
10. Митращук В. В., Баранова М. П. Возможность использования малых электрических беспилотников в агропромышленном и лесном комплексе Сибири // *Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий*. Новосибирск : НГАУ, 2018. С. 625–628.
11. Митращук В. В., Баранова М. П. Анализ технических возможностей сельскохозяйственного БПЛА для повышения качества процесса выращивания растений // *Инновационные тенденции развития российской науки*. Красноярск : КГАУ, 2019. С. 171–173.
12. Рэндал У., Биард У., МакЛэйн У. Тимоти *Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика*. М. : ТЕХНОСФЕРА, 2015. 312 с.

---

**Митращук Владимир Владимирович**, аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет».

E-mail: rtimidalv@gmail.com.

**Баранова Марина Петровна**, д-р техн. наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет».

E-mail: marina60@mail.ru.

\* \* \*

УДК 631.363

## РАЗДЕЛЕНИЕ ПИВНОЙ ДРОБИНЫ НА КРИВОЛИНЕЙНОЙ ЛОПАСТИ РОТОРА ВИБРАЦИОННО-ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ЦЕНТРИФУГИ

**В. Н. Николаев, М. С. Ахметвалиев, А. В. Литаш, В. В. Первушин**

Цель исследования – аналитическое описание процесса разделения пивной дробины на криволинейной лопасти ротора вибрационно-центробежной центрифуги. Использовались аналитические методы исследования. В результате анализа движения частицы пивной дробины по перфорированной криволинейной лопасти, закрепленной на горизонтальном роторе, вращающейся около вертикальной оси, выявлены рациональные параметры этой лопасти вибрационно-центробежной центрифуги для эффективного разделения пивной дробины на густую и жидкую фракции: угол атаки  $55^\circ$  и радиус кривизны лопасти 190 мм.

*Ключевые слова:* пивная дробина, разделение, центрифуга, вибрация, ротор, лопасть.

Продуктивность сельскохозяйственных животных и птицы во многом зависит от сбалансированности качественно приготовленных кормовых смесей, в состав которых входят в требуемой норме кормовые добавки. Одной из них является пивная дробина – отход пивоваренных предприятий. Большое разнообразие питательных веществ в пивной дробине способствует сбалансированию рационов по протеину и энергии, незаменимым аминокислотам и витаминам группы В [1, 2, 3].

Эффективное использование исходной пивной дробины в рационах сельскохозяйственных животных и птицы сдерживается из-за небольшого срока хранения в связи с высокой ее

влажностью [1, 2, 3, 4]. Поэтому возникает необходимость разделения влажной пивной дробины на твердую и жидкую фракции на центрифугах и получения в дальнейшем с низкими энергозатратами сухого высококонцентрированного корма длительного хранения, при этом одновременно решается проблема утилизации отхода для пивоваренных предприятий.

В результате анализа производства пива и научно-исследовательских работ для утилизации пивной дробины нами выявлено, что предприятиям достаточно иметь центрифуги для обезвоживания производительностью 3–4 тонны в час [5, 6, 7], которые в полной мере могут быть загружены в течение рабочей смены.

На сегодняшний день перерабатывающее производство для утилизации отходов с выработкой кормовых добавок нуждается в ресурсосберегающих технических средствах [8, 9, 10], а их разработка связана с глубоким анализом взаимодействия рабочих органов с обрабатываемым материалом, в частности, в вибрационно-центробежных центрифугах для разделения пивной дробины на фракции, и имеет актуальное значение.

**Цель исследования** – аналитическое описание процесса разделения пивной дробины на криволинейной лопасти ротора вибрационно-центробежной центрифуги.

### Методы исследования

Для разделения исходной пивной дробины на фракции нами разработана вибрационно-центробежная центрифуга [11, 12, 13], в ней основной рабочий орган – ротор имеет перфорированные прямолинейные и криволинейные лопасти, установленные друг за другом по ходу его вращения. Ротор одновременно с вращательным движением совершает осевые колебания в вертикальной плоскости перпендикулярно плоскости своего вращения. Возможность реверсного вращения ротора центрифуги и его осевых колебаний позволяет самоочиститься перфорированным лопастям от застрявших частиц пивной дробины, а попарно тангенциально размещенные по отношению к корпусу ротора выходные патрубки способствуют эффективной работе устройства, так как возможен отвод осадка пивной дробины в разные стороны.

Движение пивной дробины на роторе рассматривается в два этапа [14, 15, 16]: по горизонтальной поверхности ротора до перфорированных лопастей и по ним. Эффективное разделение пивной дробины на лопастях во многом зависит от характера ее движения по горизонтальной поверхности ротора и начальной скорости при переходе на прямолинейную лопасть, отклоненную на угол  $\gamma$  от радиуса ротора вперед по ходу его вращения. Криволинейная лопасть установлена за прямолинейной.

В случае, когда лопасть отклонена на угол от радиуса или имеет форму дуги окружности, фактор разделения  $Fr$  равен отношению ускорения Кориолиса и центробежного ускорения в переносном движении к ускорению гравитационного поля:

$$Fr = \frac{\omega_e^2 r \cdot \sin(\gamma) + 2\omega_e v_r}{g}, \quad (1)$$

где  $\omega_e$  – угловая скорость вращения ротора центрифуги,  $c^{-1}$ ;

$r$  – радиус ротора, м;

$v_r$  – относительная скорость частицы пивной дробины по лопасти, м/с;

$g$  – ускорение свободного падения  $m/c^2$ ;

$\gamma$  – угол между радиальным направлением и направлением лопасти, град.

Фактор разделения при осевой вибрации  $Fr_e$  в случае, когда колебания направлены вверх на горизонтальный вращающийся ротор с лопастями, способствующие созданию микропор в осадке, равен:

$$Fr_b = \frac{\omega_e^2 r \cdot \sin(\gamma) + 2\omega_e v_r}{g \left( 1 - \frac{A_k \omega_k^2 \sin(\omega_k t)}{g} \right)}, \quad (2)$$

где  $A_k$  – амплитуда колебаний ротора центрифуги, м;

$\omega_k$  – частота колебаний ротора центрифуги,  $c^{-1}$ .

Разделение пивной дробины лопастями ротора на фракции во многом зависит от характера ее движения и скорости по перфорированной криволинейной лопасти, как второй ступени, установленной после перфорированной прямолинейной – первой ступени. Рассмотрим движение частицы пивной дробины по перфорированной криволинейной лопасти, закрепленной на горизонтальном роторе, вращающемся около вертикальной оси.

Для описания движения частицы пивной дробины по криволинейной лопасти принимаем фиксированные рациональные параметры вибрационно-центробежной центрифуги [12, 13, 14, 15, 16]: частота вращения ротора – 500 об/мин; радиус диска ротора – 200 мм; высота лопасти – 80 мм; коэффициент трения – 0,7.

Начало криволинейной лопасти (рис. 1) лежит на окружности радиуса  $r_0$ , а конец на окружности  $r_0$  диска ротора вибрационно-центробежной центрифуги.

Пивная дробина через загрузочную горловину попадает на вращающийся ротор, захватывается лопастями и затем продвигается к периферии. Ротор вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega_b$ . С целью упрощения матема-



тического описания движения частицы пивной дробины по перфорированной криволинейной лопасти принимаем допущение о том, что коэффициент трения пивной дробины о лопасть постоянен и равен  $f$ , так как воздействие вибрации на частицу пивной дробины в потоке на мокрой лопасти незначительно. Вибрация оказывает большее воздействие на коэффициент проницаемости суспензии через перегородку, снижая забивание отверстий лопасти частицами пивной дробины. Следовательно, в данном случае воздействие вибрационной силы не учитываем.

В отличие от случая движения по прямой лопасти [14], частица пивной дробины здесь движется по криволинейной траектории  $\sigma(t)$ , определяемой формой лопасти. Поэтому силы в уравнении относительного движения материальной точки вдоль криволинейной лопасти целесообразно проектировать на естественные оси координат  $\tau$ ,  $n$  и  $b$  (рис. 1).

В качестве начальных условий при  $t = 0$  принимаем  $x = x_0$  и  $\dot{x} = \dot{x}_0$ . На частицу пивной дробины будут действовать силы (рис. 1):

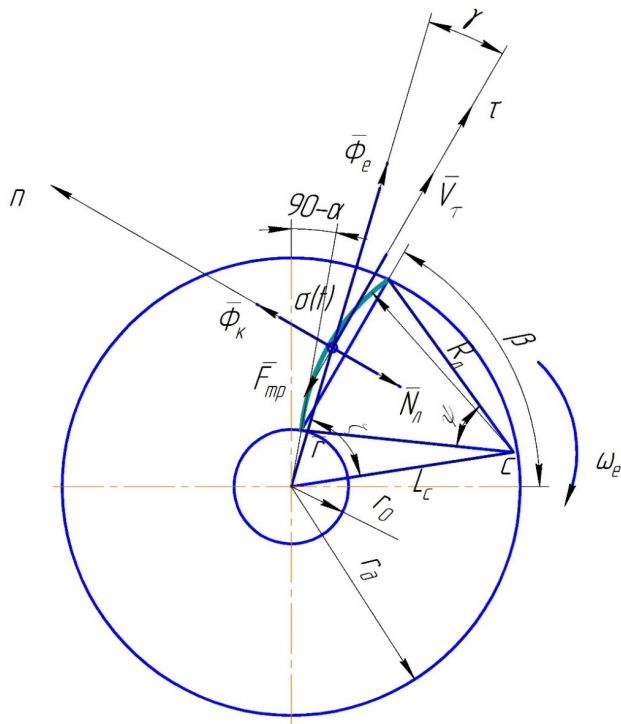


Рис. 1. Схема сил, действующих на частицу пивной дробины, движущуюся вдоль криволинейной лопасти вращающегося ротора вибрационно-центробежной центрифуги (вид сверху)

- сила тяжести  $\vec{G} = m\vec{g}$  (за чертеж), где  $m$  – масса частицы пивной дробины;
- нормальная реакция  $\vec{N}_D$  (на наблюдателя);

- переносная сила инерции  $\vec{\Phi}_e = -mr\omega_e^2$ , направленная вдоль радиуса от оси вращения;
- кориолисова сила инерции  $\vec{\Phi}_k = -2m(\vec{\omega}_e \times \vec{V}_r)$ , направленная перпендикулярно лопатке в сторону, противоположную направлению скорости  $\vec{V}_e$ ;

- нормальная реакция лопасти  $\vec{N}_L$ , направленная перпендикулярно лопасти в сторону скорости  $\vec{V}_e$ ;

- сила трения частицы о диск  $\vec{F}_{трD} = fN_D$ ;

- сила трения частицы о лопатку  $\vec{F}_{трL} = fN_L$ ,

так что суммарная сила трения  $\vec{F}_{тр} = \vec{F}_{трL} + \vec{F}_{трD}$ .

Запишем дифференциальное уравнение относительного движения частицы пивной дробины вдоль криволинейной лопасти в векторной форме:

$$m\vec{a}_r = \vec{G} + \vec{N}_D + \vec{N}_L + \vec{\Phi}_e + \vec{\Phi}_k. \quad (3)$$

Спроектируем силы уравнения (3) на естественные оси координат  $\tau$ ,  $n$  и  $b$ :

ось  $\tau$ :

$$m \frac{dV_\tau}{dt} = \Phi_e \cos(\gamma) - F_{тр}; \quad (4)$$

ось  $n$ :

$$m \frac{dV_\tau^2}{R_n} = 0 = N_n - \Phi_k - \Phi_e \sin(\gamma); \quad (5)$$

ось  $b$ :

$$0 = N_D - G. \quad (6)$$

Уравнения (4–6) позволяют определить нормальные реакции лопасти и получить дифференциальное уравнение относительного движения частицы пивной дробины по криволинейной траектории:

$$m\ddot{\sigma} = m\omega_e^2 r \cos(\gamma) - f(2m\omega_e \dot{\sigma} + m\omega_e^2 r \sin(\gamma)). \quad (7)$$

Учитывая, что

$$\cos(\gamma) = \frac{\dot{r}}{\dot{\sigma}}; \quad (8)$$

$$\sin(\gamma) = \frac{r\dot{\phi}}{\dot{\sigma}}, \quad (9)$$

после деления обеих частей уравнения (7) на  $m$  перепишем его в виде

$$\ddot{\sigma} = \frac{\omega_e^2 r \dot{r}}{\dot{\sigma}} - 2f\omega_e \dot{\sigma} - \frac{f\omega_e^2 r^2 \dot{\phi}}{\dot{\sigma}}. \quad (10)$$

**Результаты исследований**

Уравнение траектории записывается следующим образом:

$$\sigma(t) = R_n \cdot \psi(t), \quad (11)$$

где  $\psi(t)$  – угол траектории движения частицы пивной дробины.

Угол траектории движения частицы пивной дробины:

$$\psi(t) = a \cos\left(\frac{R_n^2 + l_c^2 - r(t)^2}{2R_n l_c}\right) - a \sin\left(\frac{r_0 \sin \theta_1}{l_c}\right), \quad (12)$$

где  $l_c$  – расстояние от центра ротора до центра радиуса криволинейной лопасти, м;

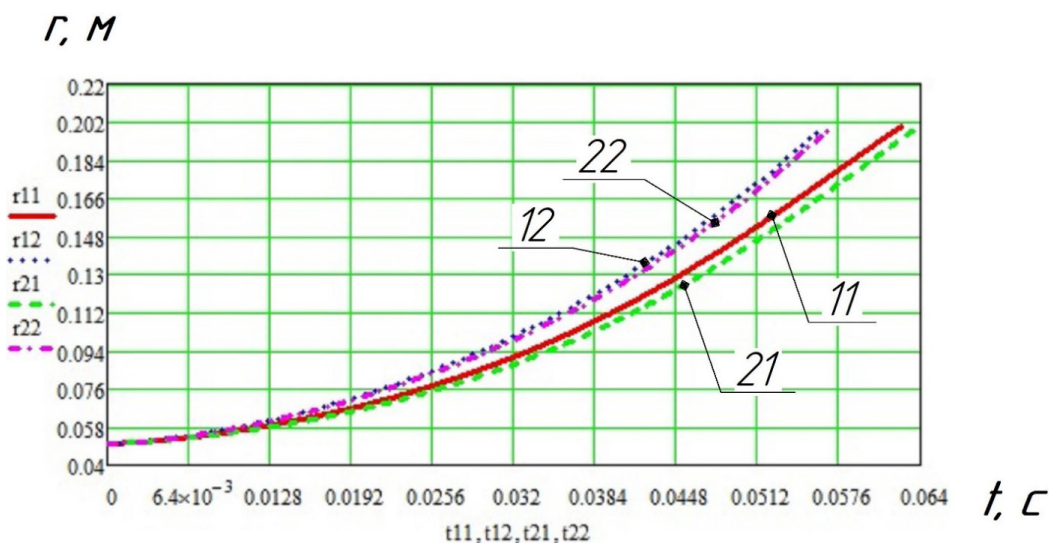
$r(t)$  – радиус-вектор частицы пивной дробины на криволинейной лопасти.

Угол радиус-вектора:

$$\phi(t) = \phi_k - a \cos\left(\frac{r(t)^2 + l_c^2 - R_n^2}{2r(t)l_c}\right). \quad (13)$$

Численное решение дифференциального уравнения (10) с учетом кинематических параметров вибрационно-центробежной центрифуги выполнено методом Рунге-Кутты в программном продукте MathCAD [17, 18, 19].

Анализ полученных зависимостей на рисунках 2–4 показывает, что процесс разделения исходной пивной дробины на фракции на криволинейной лопасти вращающегося ротора происходит очень быстро и во многом зависит от конструктивно-кинематических параметров лопасти. Так, с увеличением угла атаки прямолинейной лопасти от 50° до 55° и радиусом лопасти от 110 мм до 190 мм повышается фактор разделения, что позволяет увеличить время взаимодействия частицы пивной дробины с лопастью, а это положительно отражается на увеличении производительности центрифуги и должно обеспечивать высокое качество разделения на фракции. Следовательно, можно сделать вывод, что рациональным будет угол атаки: для криволинейной лопасти 55°. Радиус кривизны лопасти составит 190 мм.



11 – угол атаки 50°, радиус лопасти 110 мм; 12 – угол атаки 50°, радиус лопасти 190 мм; 21 – угол атаки 55°, радиус лопасти 110 мм; 22 – угол атаки 55°, радиус лопасти 190 мм

Рис. 2. Траектория движения частицы пивной дробины по криволинейной лопасти

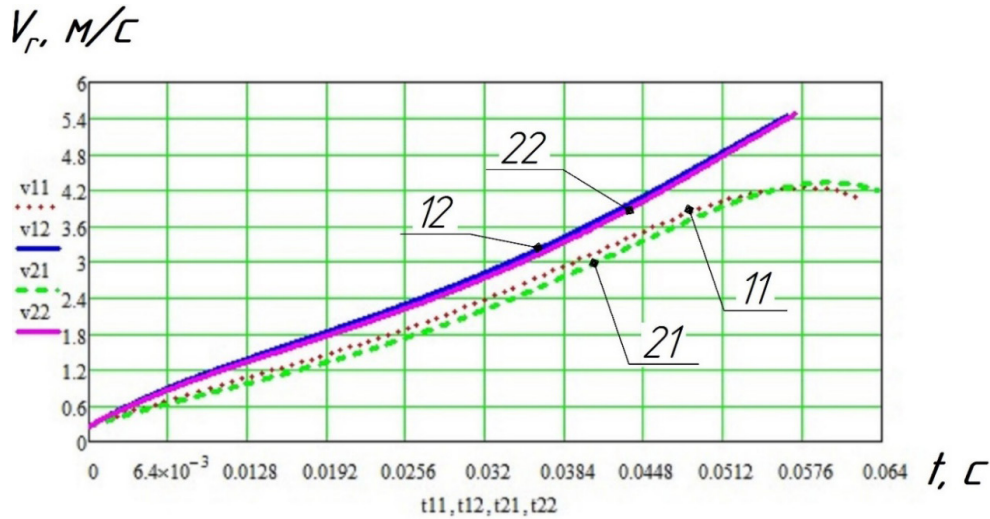




### Выводы

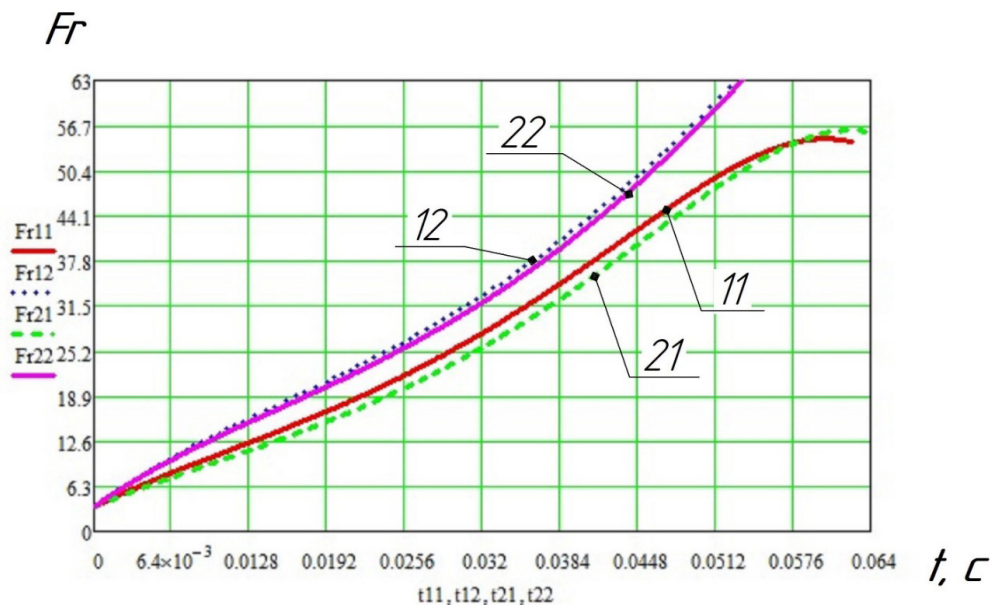
Рассмотрено движение частицы пивной дробины по перфорированной криволинейной лопасти, закрепленной на горизонтальном роторе, вращающейся около вертикальной оси вибрационно-центробежной центрифуги. Получено дифферен-

циальное уравнение относительного движения частицы пивной дробины по криволинейной траектории, решением которого определены рациональные параметры лопасти вибрационно-центробежной центрифуги для эффективного разделения пивной дробины на густую и жидкую фракции.



11 – угол атаки 50°, радиус лопасти 110 мм; 12 – угол атаки 50°, радиус лопасти 190 мм;  
 21 – угол атаки 55°, радиус лопасти 110 мм; 22 – угол атаки 55°, радиус лопасти 190 мм

Рис. 3. Зависимость скорости движения частицы пивной дробины по криволинейной лопасти



11 – угол атаки 50°, радиус лопасти 110 мм; 12 – угол атаки 50°, радиус лопасти 190 мм;  
 21 – угол атаки 55°, радиус лопасти 110 мм; 22 – угол атаки 55°, радиус лопасти 190 мм

Рис. 4. Зависимость фактора разделения пивной дробины по криволинейной лопасти

### Список литературы

1. Батищева Н. В. Инновационные способы утилизации пивной дробины // Научное обозрение. Технические науки. 2016. № 6. С. 10–14.
2. Рекомендации по производству и использованию углеводно-белкового корма, полученного путем биоферментации пивной дробины / Н. А. Табаков [и др.]; Красноярск : Красноярский ГАУ, 2013. 54 с.
3. Рециклинг отходов в АПК : справочник / И. Г. Голубев [и др.]. М. : ФГБНУ «Росинформ-агротех», 2011. 296 с.
4. Балашов О. Ю., Утолин В. В., Лузгин Н. Е. Особенности получения прессованных кормов из побочных продуктов пивоваренного производства // Аграрный вестник Верхневолжья. 2018. № 1 (22). С. 50–54.
5. Дарханов А. И. Разработка и обоснование основных параметров вибрационно-центробежной установки для разделения пивной дробины на жидкую и густую фракции : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1994. 167 с.
6. Николаев В. Н., Ахметвалиев М. С., Литаш А. В. Устройство для обезвоживания пивной дробины // Материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. «Стратегии развития мировой науки» (Северный Чарльстон, США, 16–17 октября 2015 г.). North Charleston : CreateSpace, 2015. С. 41–45.
7. Ахметвалиев М. С. Анализ процесса разделения суспензий и совершенствование вибрационно-центробежной центрифуги // АПК России. 2016. Т. 74. С. 9–14.
8. Федоренко И. Я., Садов В. В. Ресурсосберегающие технологии и оборудование в животноводстве : учеб. пособие. СПб. : Лань, 2012. 304 с.
9. Sparks T. Solid-Liquid Filtration. A users guide to minimizing costs and environmental impact; maximizing quality and productivity. United Kingdom : Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, 2012. 185 p.
10. Tarleton S. Progress in filtration and separation. Department of Chemical Engineering Loughborough University Loughborough. United Kingdom : Academic Press is an imprint of Elsevier, 2015. 684 p.
11. Пат. 157095 Рос. Федерация. Устройство для обезвоживания пивной дробины. № 2015129920/05 ; заявл. 20.07.2015 ; опубл. 20.11.2015, Бюл. № 32. 9 с.
12. Николаев В. Н., Ахметвалиев М. С., Литаш А. В. Результаты экспериментальных исследований вибрационно-центробежной установки для разделения пивной дробины // Аграрный вестник Урала. 2017. № 04 (158). С. 57–61.
13. Николаев В. Н., Ахметвалиев М. С., Литаш А. В. Установка для разделения пивной дробины на жидкую и густую фракции // Актуальные вопросы аграрной науки. 2018. № 28. С. 14–22.
14. Движение частицы пивной дробины по прямолинейной лопасти ротора в вибрационно-центробежной центрифуге / В. Н. Николаев, М. С. Ахметвалиев, А. В. Литаш, В. В. Первушин // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. Вып. 43. С. 36–40.
15. Условия эффективного разделения пивной дробины в вибрационно-центробежной центрифуге / В. Н. Николаев, М. С. Ахметвалиев, А. В. Литаш, В. В. Первушин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (75). С. 88–92.
16. Аналитическое описание движения пивной дробины по ротору вибрационно-центробежной центрифуги / В. Н. Николаев, М. С. Ахметвалиев, А. В. Литаш, В. В. Первушин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2019. № 1 (41). С. 124–129.
17. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. Численные методы : учеб. пособие. М. : Наука, 1987. 600 с.
18. Жилкин В. А. Динамика материальной точки : учеб. пособие. Челябинск : ЧГАУ, 1998. 331 с.
19. Жилкин В. А. Применение системы MathCAD при решении задач прикладной механики. Теоретическая механика. Часть 2. Динамика точки : учеб. пособие. Челябинск, 2002. 331 с.

**Николаев Владислав Николаевич**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: [tmgnikolaev@mail.ru](mailto:tmgnikolaev@mail.ru).



**Ахметвалиев Марат Саматович**, соискатель кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: [tmg.csaa@inbox.ru](mailto:tmg.csaa@inbox.ru).

**Литаш Александр Витальевич**, соискатель кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: [plastun86@mail.ru](mailto:plastun86@mail.ru).

**Первушин Владислав Владимирович**, магистрант кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: [dkflgthdeiby@mail.ru](mailto:dkflgthdeiby@mail.ru).

\* \* \*

УДК 621.3.036.001.573

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛЕНОЧНОГО ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ВЫСОКООМНОЙ ПРОВОЛОКИ

**В. М. Попов, Е. Н. Епишков, В. А. Афонькина, Е. И. Кривошеева**

В настоящее время широкое распространение получили пленочные электронагреватели [4, 5, 6, 7]. Они имеют самый широкий спектр конструкций и отраслей применения [1, 2, 3, 10, 11], среди них имеют место нагреватели, резистивный элемент которых выполнен из проволоки. Они зарекомендовали себя надежностью в системах отопления и обогрева теплиц. Однако в таких областях, как сушка древесины, сельскохозяйственной продукции и лакокрасочных изделий [8, 9], требуется повышенная плотность потока излучения, а следовательно, повышенная температура поверхности нагревательного элемента. Целью данной статьи является создание математической модели, описывающей распределение тепла по поверхности нагревателя для последующего определения предельной плотности мощности нагрева, допустимой для безаварийного режима работы нагревателя на основе проволочного резистивного элемента.

*Ключевые слова:* пленочный электронагреватель, плотность теплового потока, распределение температуры.

Одномерный макет данного нагревателя представляет собой чередование цилиндрических теплогенерирующих поверхностей (резистивный элемент в виде проволоки) и плоских участков, распределяющих тепло по поверхности нагревателя (пленка и металлическая подложка) (рис. 1).

Для цилиндрической теплогенерирующей поверхности справедлив закон сохранения энергии:

$$\int_S \vec{q}(x) d\vec{s} = \int_V \delta dV,$$

где  $q$  – плотность теплового потока;

$\delta$  – объемная плотность мощности, выделяемая в проволочном резистивном элементе;

$S$  – площадь боковой поверхности проволочного резистивного элемента;

$V$  – объем проволочного резистивного элемента.

Применяя теорему Гаусса-Остроградского, можно записать данное выражение в дифференциальной форме:

$$\operatorname{div} \vec{q} = \delta.$$

Следует учесть, что поток тепла через замкнутую цилиндрическую поверхность, построенную вокруг теплогенерирующей области,



можно представить как поток через основание и боковую поверхность цилиндра:

$$\int_S \vec{q}(x) d\vec{S} = \int_{S_{\text{осн}}} \vec{q} d\vec{S} + \int_{S_{\text{бок}}} \vec{q} d\vec{S}.$$

Так как создаваемая нами модель является одномерной, нагреватель представляем бесконечно длинной поверхностью. Поэтому поток тепла через основание цилиндрической поверхности считаем равным 0.

$$\int_{S_{\text{осн}}} \vec{q} d\vec{S} = 0.$$

Таким образом, все тепло, генерируемое элементом длины проволоки, рассеивается через боковую поверхность:

$$\int_{S_{\text{бок}}} \vec{q} d\vec{S} = \int \delta dV.$$

Причем часть тепла рассеивается в окружающую среду, другая – в теплопроводящую подложку (рис. 2).

$$q_1 \cdot (\pi - \varphi) R l + q_2 \cdot \varphi R l = \delta \pi R^2 l;$$

$$\left[ \alpha_1 (T - T_0) (\pi - \varphi) + \alpha_2 \varphi (T - T_{\text{нагр}}(0)) \right] = \delta \pi R,$$

где  $\alpha_1$  – коэффициент теплоотдачи в окружающую среду;

$\alpha_2$  – коэффициент теплоотдачи в подложку;

$T$  – температура поверхности нагревателя в точке, прилегающей к поверхности проволочного резистивного элемента.

Распределение температуры в теплопроводящей подложке описывается дифференциальным уравнением [8]:

$$\frac{\partial^2 T_{\text{нагр}}}{\alpha x^2} - \frac{\alpha_1}{\lambda h} (T_{\text{нагр}} - T_0) = -\varepsilon \frac{\delta}{h} T_{\text{нагр}}^4,$$

где  $T_{\text{нагр}}$  – температура поверхности нагревателя;

$T_0$  – температура окружающей среды;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности подложки;

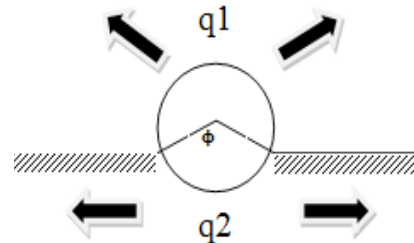
$h$  – толщина подложки;

$\varepsilon$  – степень черноты поверхности нагревателя;

$\delta$  – объемная плотность мощности, выделяемой в резистивном элементе.

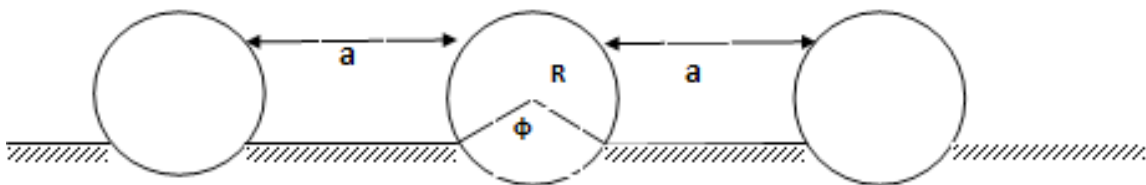
Производя замену  $\frac{\varepsilon \delta}{h} = \beta_1$ ;  $\frac{\alpha_1}{\lambda h} = \beta_2$ , получаем

$$\frac{\partial^2 T_{\text{нагр}}}{\alpha x^2} - (\beta_2 T_{\text{нагр}} - \beta_1 T_{\text{нагр}}^4 - \beta_2 T_0) = 0;$$



$q_1$  – поток теплоты, рассеиваемый в окружающую среду;  $q_2$  – поток теплоты, распределяемый в подложку нагревателя

Рис. 2. Поперечный разрез проволочного электронагревателя



$R$  – радиус проволоки;  $a$  – расстояние между токоведущими проводниками;  $\varphi$  – угол раствора сектора, опирающегося на подложку нагревателя

Рис. 1. Поперечный разрез проволочного электронагревателя

$$\frac{\partial^2 T_{\text{нагр}}}{\partial x_2^2} - \beta_2 T_{\text{нагр}} = \beta_1 T_{\text{нагр}}^4 - \beta_2 T_0.$$

Решение однородного уравнения имеет вид:

$$T_{\text{нагр}0} = A_1 e^{-\sqrt{\beta_2} x} + A_2 e^{\sqrt{\beta_2} x}.$$

Частное решение данного уравнения представим в виде полинома.

$$\tilde{T}_{\text{нагр}} = \sum_{n=0}^4 B_n x^n,$$

где  $A_1, A_2, B_n$  – некоторые постоянные интегрирования, определяемые из начальных и граничных условий;

$x$  – координата;

$n$  – степень полинома, представляющая собой целое натуральное число.

Первая и вторая производная от этого выражения имеют вид:

$$\frac{\partial^2 \tilde{T}_{\text{нагр}}}{\partial x^2} = \sum_{n=0}^4 n(n-1) B_n x^{n-2},$$

$$\frac{\partial^2 \tilde{T}_{\text{нагр}}}{\partial x^2} = \sum_{n=0}^4 n(n-1) B_n x^{n-2}.$$

Подстановка данных выражений в уравнение распределения температуры позволяет составить систему уравнений для нахождения коэффициентов полинома, приравняв коэффициенты левой и правой частей равенства, умноженные на  $x$  в одной и той же степени:

$$\begin{aligned} \sum_{n=0}^4 n(n-1) B_n x^{n-2} - \beta_2 \sum_{n=0}^4 B_n x^n &= \beta_1 \left( \sum_{n=0}^4 B_n x^n \right)^4 - \beta_2 T_0; \\ 12 \cdot B_4 x^2 + 6 \cdot B_3 x + 2B_2 - \\ - \beta_2 (B_4 x^4 + B_3 x^3 + B_2 x^2 + B_1 \cdot x + B_0) &= \\ = \beta_1 (B_4 x^4 + B_3 x^3 + B_2 x^2 + B_1 \cdot x + B_0)^4 - \beta_2 T_0. \end{aligned}$$

В ходе решения системы уравнений все коэффициенты  $B$  оказываются равными 0, кроме коэффициента  $B_0$ . Величина этого коэффициента находится в ходе решения уравнения:

$$-\beta_2 \cdot B_0 = \beta_1 \cdot B_0^4 - \beta_2 \cdot T_0.$$

Переносим в левую часть равенства все слагаемые, получаем:

$$\beta_1 \cdot B_0^4 + \beta_2 \cdot B_0 - \beta_2 \cdot T_0 = 0.$$

Данное уравнение не имеет аналитического решения, но может быть решено численно. Предположим неотрицательный корень этого уравнения  $B_0$ .

С учетом того, что

$$T_{\text{нагр}} = T_{\text{нагр}0} + \tilde{T}_{\text{нагр}},$$

общий вид решения уравнения имеет вид:

$$T_{\text{нагр}} = A_1 e^{\sqrt{\beta_2} x} + A_2 e^{-\sqrt{\beta_2} x} + B_0.$$

Для поиска неизвестных коэффициентов  $A_1, A_2$  воспользуемся граничными условиями:

$$T = T_{\text{нагр}}(0) = A_1 + A_2 + B_0;$$

$$\alpha_1 (T - T_0)(\pi - \varphi) + \alpha_2 (T - T_{\text{нагр}}(0))\varphi = \delta \pi R;$$

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = \alpha_2 (T - T_{\text{нагр}}(0));$$

$$\lambda \left[ -\sqrt{\beta_2} A_1 e^{-\sqrt{\beta_2} \cdot 0} + \sqrt{\beta_2} A_2 e^{\sqrt{\beta_2} \cdot 0} \right] = \alpha_2 (T - T_{\text{нагр}}(0));$$

$$\lambda \left[ -\sqrt{\beta_2} A_1 + \sqrt{\beta_2} A_2 \right] = \alpha_2 (T - T_{\text{нагр}}(0));$$

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=l} = \alpha_2 (T - T_{\text{нагр}}(0));$$

$$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=\frac{a}{2}} = \frac{a}{2} = -\sqrt{\beta_2} A_1 e^{-\sqrt{\beta_2} \frac{a}{2}} + \sqrt{\beta_2} A_2 e^{\sqrt{\beta_2} \frac{a}{2}} = 0.$$

Данные граничные условия можно объединить в систему уравнений:

$$\begin{cases} \alpha_1 (T - T_0)(\pi - \varphi) + \lambda \varphi \left[ -\sqrt{\beta_2} A_1 + \sqrt{\beta_2} A_2 \right] = \delta \pi R; \\ T = A_1 + A_2 + B_0; \\ \lambda \left[ -\sqrt{\beta_2} A_1 e^{-\sqrt{\beta_2} \cdot 0} + \sqrt{\beta_2} A_2 e^{\sqrt{\beta_2} \cdot 0} \right] = \alpha_2 (T - T_{\text{нагр}}(0)); \\ \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=\frac{a}{2}} = \frac{a}{2} = -\sqrt{\beta_2} A_1 e^{-\sqrt{\beta_2} \frac{a}{2}} + \sqrt{\beta_2} A_2 e^{\sqrt{\beta_2} \frac{a}{2}} = 0. \end{cases}$$



Неизвестными в данном уравнении выступают параметры:

$A_1, A_2, B_0, T, T_{\text{нагр}}(0)$ . В данной системе количество неизвестных равно количеству уравнений, поэтому она имеет единственное решение.

Решение системы уравнений имеет вид:

$$A_1 = \frac{\delta\pi R + \alpha_1(T_0 - B_0)(\pi - \varphi)}{\alpha_1(\pi - \varphi)(1 + e^{-\sqrt{\beta_2}a}) + \lambda\varphi\sqrt{\beta_2}(e^{-\sqrt{\beta_2}a} - 1)};$$

$$A_2 = \frac{e^{-\sqrt{\beta_2}a}(\delta\pi R + \alpha_1(T_0 - B_0)(\pi - \varphi))}{\alpha_1(\pi - \varphi)(1 + e^{-\sqrt{\beta_2}a}) + \lambda\varphi\sqrt{\beta_2}(e^{-\sqrt{\beta_2}a} - 1)};$$

$$T_{\text{нагр}}(0) = B_0 + \frac{(\delta\pi R + \alpha_1(T_0 - B_0)(\pi - \varphi))(1 + e^{-\sqrt{\beta_2}a})}{\alpha_1(\pi - \varphi)(1 + e^{-\sqrt{\beta_2}a}) + \lambda\varphi\sqrt{\beta_2}(e^{-\sqrt{\beta_2}a} - 1)};$$

$$T = \frac{\delta\pi R + \alpha_1 T_0(\pi - \varphi)}{\alpha_1(\pi - \varphi) + \alpha_2} + \frac{\alpha_2(\delta\pi R + \alpha_1(T_0 - B_0)(\pi - \varphi))(1 + e^{-\sqrt{\beta_2}a})}{\alpha_1(\pi - \varphi)(1 + e^{-\sqrt{\beta_2}a}) + \lambda\varphi\sqrt{\beta_2}(e^{-\sqrt{\beta_2}a} - 1)}.$$

Для выполнения расчета по полученным формулам необходимо знать величины пара-

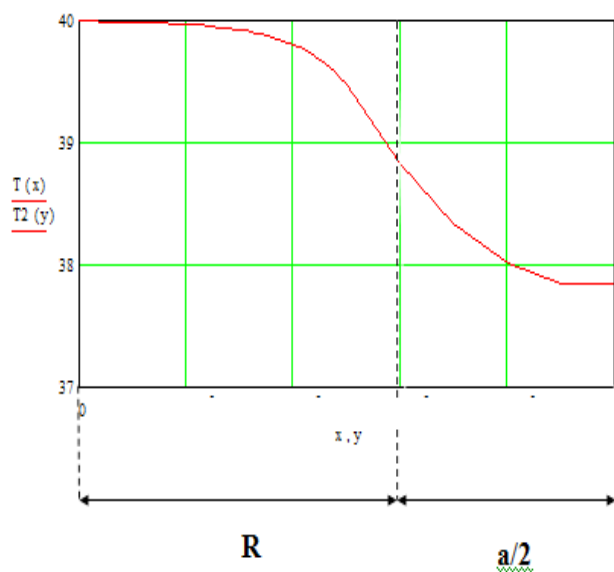


Рис. 3. Примерный вид графика распределения температуры поверхности нагревателя

метров  $\alpha_1, \alpha_2, \lambda$ . Они могут быть определены опытным путем. Методика расчета данных параметров находится в стадии разработки. Экспериментальному определению  $\varepsilon$  посвящена работа [9]. Величины  $T_0, \varphi, a, R, \delta$  могут быть определены непосредственным измерением.

Распределение температуры по поверхности нагревателя, представленное с помощью данных формул, может быть представлено в виде графика (рис. 3).

Как видно, максимум температуры наблюдается в середине резистивного элемента, а минимум – на середине расстояния между резистивными элементами. Температура любой точки поверхности нагревательного элемента прямо пропорциональна плотности мощности нагревательного элемента.

### Выводы

1. Анализируя график зависимости  $T(x)$ , приходим к выводу об адекватности полученной математической модели.
2. Целью дальнейших исследований является определение постоянных коэффициентов данной зависимости.
3. Созданная модель позволит рассчитать критические значения плотности мощности проволочных нагревателей различной конструкции.

### Список литературы

1. Епишков Е. Н. Электрифицированная система теплового комфорта поросят-сосунов в условиях неотапливаемого свинарника-маточника : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Челябинск : ЧГАА, 2013.
2. Епишков Е. Н., Загидулин Р. Р. Расчет размеров зоны гарантированного комфорта СТК поросят-отъемышей // Энергетика – агропромышленному комплексу России : матер. Междунар. науч.-практ. конф. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2017. С. 67–74.
3. Епишков Е. Н., Знаев А. С. Потенциал энергосбережения системы теплового комфорта для поросят-сосунов // Вестник ЧГАУ. 2009. Т. 55. С. 85–90.
4. Пат. на полезн. модель 76764 Российская Федерация. Пленочный электронагреватель / Е. Н. Епишков, Н. Е. Епишков, С. В. Глухов ; заявитель и патентообладатель Н. Е. Епишков. № 2006110752 ; заявл. 03.04.2006 ; опубл. 27.09.2006.

5. Пат. на изобр. 2321188 Российская Федерация. Пленочный электронагреватель / Н. Е. Епишков, Е. Н. Епишков, С. В. Глухов ; заявитель и патентообладатель Н. Е. Епишков. № 200614292/09 ; заявл. 04.12.2006.

6. Пат. на полез. модель 84660 Российская Федерация. Пленочный электронагреватель / Н. Е. Епишков, С. В. Глухов, Е. Н. Епишков ; заявитель и патентообладатель Н. Е. Епишков. № 2009106508 ; заявл. 24.02.2009.

7. Афонькина В. А. Инфракрасная сушка термомобильного растительного сырья на примере зеленых культур. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2015.

8. Попов В. М., Афонькина В. А., Шукшина Е. И. Сушка термолабильных культур

в ИК-диапазоне с учетом оптических свойств продукта // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. : Энергетика. 2012. № 37 (296). С. 90–92.

9. Калинина Т. О., Полякова В. Ю., Кичин К. В. Создание оптимальных тепловых условий в теплицах в зимний период // Молодой ученый. 2016. № 29 (133). С. 81–86.

10. Бледных В. В. Высокоэффективная технология обогрева жилых и производственных помещений // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (28). С. 81–83.

---

**Попов Виталий Матвеевич**, д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: ntc-es@mail.ru.

**Епишков Егор Николаевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: een\_1978@mail.ru.

**Афонькина Валентина Александровна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: AfVa82@mail.ru.

**Кривошеева Елена Ивановна**, старший преподаватель кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: KuvshinkaLenchik@mail.ru.

\* \* \*



УДК 631.354.022

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СЕГМЕНТОВ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА «SCHUMACHER»

**А. В. Старунов, Ш. С. Иксанов, Г. О. Жуков, А. М. Шестаков**

Статья посвящена исследованию состояния сегментов режущего аппарата «Schumacher», устанавливаемого на широком спектре современных уборочных машин отечественного и зарубежного исполнения. Рассматриваются устройство и принцип действия режущего аппарата, достоинства и недостатки применяющегося метода среза стеблей растений. Анализируется актуальность вопроса восстановления и упрочнения поверхности режущих сегментов. Приведены методика измерения степени износа режущих сегментов и результаты измерений. Установлено, что износ поверхности сегментов режущего аппарата носит линейный и пропорционально возрастающий характер, максимальный износ режущих сегментов при наработке 90 часов составляет 0,5 мм, при этом область максимального износа приходится на носок сегмента, твердость поверхности сегмента в процессе эксплуатации не изменяется и остается в пределах 56–57 HRC. Изменение среднего значения массы режущих сегментов за наработку в 90 часов составило 13 грамм. Скорость изнашивания режущих сегментов составила 0,005 мм/ч или 0,15 г/ч.

*Ключевые слова:* режущий аппарат «Schumacher», зазор, режущий сегмент, сдвоенный палец, срез стеблей, характер износа.

Наиболее напряженным технологическим процессом в сельскохозяйственном производстве является уборка урожая, так как примерно в одни и те же агротехнические сроки осуществляются вспашка зяби, уборка овощей, заготовка кормов и обмолот зерновых культур. При выполнении последних видов работ используют технику как отечественного, так и импортного производства. По данным [1], годовая нагрузка зерноуборочной техники находится в интервале 100...250 часов, фактическая наработка на отказ составляет 3...70 часов, при этом 43 % от общего числа отказов приходится на отказы жатвенной части. Установлено [2], что устранение последствий отказов в основном связано

с заменой и ремонтом режущих элементов системы среза. На отказы пальцев, режущих сегментов и противорежущих пластин приходится около 13 % от всех отказов, возникающих при работе комбайна.

В последнее время все большее распространение получают системы среза «Schumacher». Режущие аппараты данной конструкции могут быть установлены на жатвенные части зерноуборочных комбайнов и косилок на штатном пальцевом бруске, что позволяет внедрять режущий аппарат «Schumacher» как на новой технике, так и при модернизации старой.

В отличие от распространенных отечественных конструкций режущих аппаратов

с одноподпорным срезом, режущий аппарат «Schumacher» работает по принципу двухподпорного среза растений. Особенностью конструкции такого аппарата (рис. 1) является то, что режущий сегмент перемещается в зазоре штампованно-сварного сдвоенного пальца [3].

В системе двухподпорного среза установлен минимальный зазор (рис. 2) как между нижней поверхностью режущего сегмента и противорежущим сдвоенным пальцем ( $l$ ), так и его верхней частью пальца ( $l^*$ ). Такая система позволяет осуществлять качественный срез тонкостебельных растений, имеющих малую жесткость стебля и большой угол отгиба при воздействии подвижного режущего сегмента. Для обеспечения оптимального качества и эффективности среза растений режущим аппаратом значение зазоров должно находиться в пределах 0,3...0,5 мм [3].

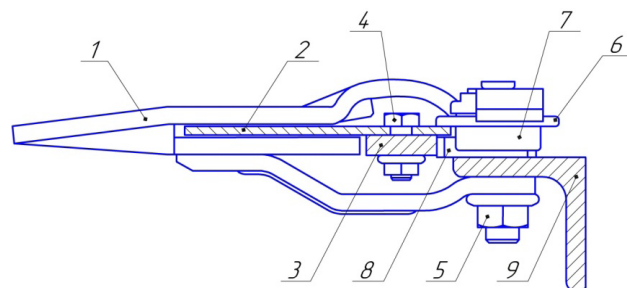
Одним из факторов, существенно влияющих на эффективность использования режущей системы, является износ рабочих поверхностей противорежущих пальцев и режущих сегментов.

В результате износа наблюдается увеличение рассмотренных зазоров между режущими сегментами как с верхней, так и с нижней поверхностями противорежущих сдвоенных пальцев, изменение угла заточки режущего сегмента. Это приводит к повышению сопротивления резанию, вызывает заламывание стеблей и приводит к увеличению потерь урожая и поломке деталей режущего аппарата. Поэтому величину зазоров между режущими сегментами и поверхностями противорежущих сдвоенных пальцев необходимо регулярно контролировать [4].

В зависимости от размера зазора в сдвоенном противорежущем пальце, по данным [4], предельный износ сегмента лежит в пределах 0,4–0,5 мм. При достижении такого значения режущий сегмент не срезает, а лишь накалывает стебель и затягивает в противорежущий палец, что приводит к повышению потребляемой мощности и вибрации. Поэтому такие режущие сегменты должны быть заменены, а их ремонт и восстановление не предусмотрены.

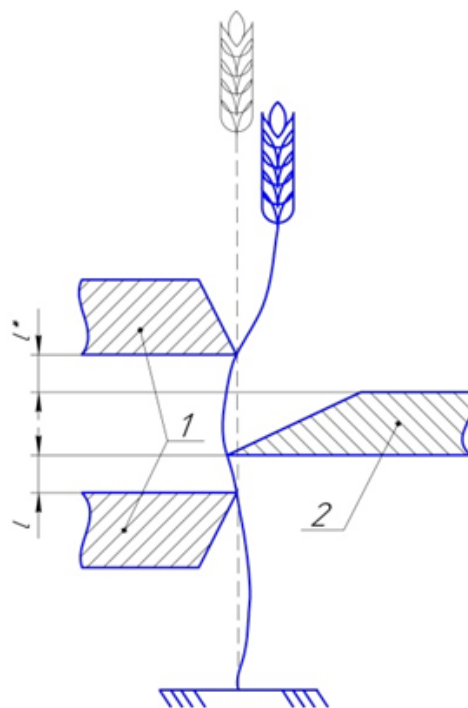
В настоящее время рыночная цена одного режущего сегмента составляет 72...86 рублей без учета доставки, тогда как цена комплекта режущих сегментов, например, для косилки КС-2,1 Шумахер, содержащей 28 режущих сегментов, составляет в среднем около 2350 рублей. При сдаче на переработку изношенных

сегментов возвратная сумма (при стоимости 1 кг металлолома – 16 рублей и средней массе изношенного сегмента 63 грамма) составит около 29 рублей без учета сопутствующих расходов. В связи с этим вопрос о возможности восстановления и упрочнения сегментов режущих аппаратов сельскохозяйственных машин принимает актуальный характер.



1 – сдвоенный палец; 2 – режущий сегмент; 3 – спинка ножа; 4 – элементы крепления сегментов (болт – гайка); 5 – элементы крепления пальца (болт – гайка); 6 – нажимной диск; 7 – ролик; 8 – направляющая планка; 9 – пальцевой брус

Рис. 1. Конструкция режущего аппарата «Schumacher»



1 – сдвоенный палец, 2 – режущий сегмент

Рис. 2. Схема двухподпорного среза



Для последующего теоретического и практического обоснования способа восстановления первоначальных размеров и физико-механических свойств режущих сегментов необходимо установить характер их износа.

**Цель исследования** – оценить характер износа режущих сегментов аппарата «Schumacher».

### Материалы, методика и результаты исследования

Исследовали режущие сегменты «Schumacher» Pro-Cut с грубой насечкой  $11t_{pi} = 11$  зубцов на дюйм или 19 зубцов на длину сегмента. Средняя толщина новых режущих сегментов составляет 3 мм при средней массе 76 грамм.

Проведенный в условиях центральной заводской лаборатории АО СКБ «Турбина» анализ химического состава сплава сегментов показал, что материал является аналогом отечественной стали 70 и содержит Fe – 97,8%, С – 0,72%, Si – 0,23%, Mn – 0,7%, остальное приходится на P, S, Cr, Ni. В ходе изготовления после окончательного формообразования сегмента выполняются сквозная закалка, обеспечивающая твердость поверхности 56–57 HRC и оцинковывание поверхности.

Для оценки характера износа сегментов по толщине сформировали три группы по 25 штук в каждой. Сегменты эксплуатировались в оди-

наковых условиях, и наработка по группам составила 30, 60 и 90 часов.

Измерение износа проводили устройством (рис. 3), установленным на суппорте токарно-винторезного станка, содержащем перемещаемый штатив с закрепленной индикаторной головкой (цена деления 0,01 мм), и магнитную плиту для фиксирования режущих сегментов.

Микрометраж проводили (рис. 4) по трем линиям (А-А, В-В и С-С) с отступом от краев сегмента в соответствии с требованиями

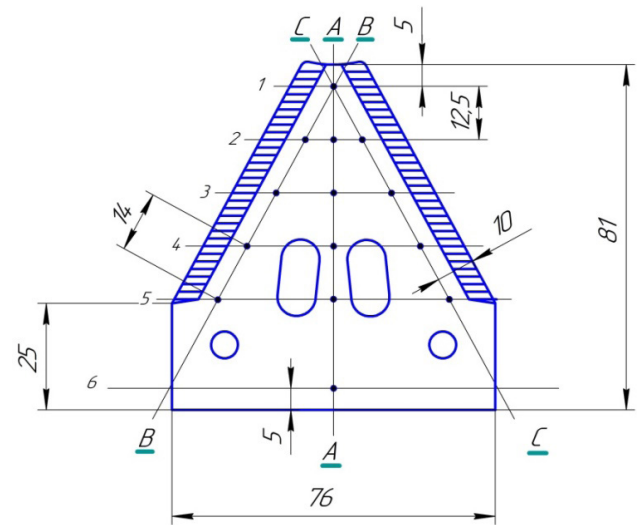


Рис. 4. Схема измерения износа режущего сегмента



Рис. 3. Устройство для измерения износа режущих сегментов

к измерению параметров режущих сегментов и равномерным шагом между точками 12,5 и 14,0 мм, в зависимости от линии измерения [5].

По результатам измерений толщины режущих сегментов для каждой линии (А-А, В-В и С-С) построены графики износа (рис. 5а, б, в).

Анализ построенных зависимостей позволил установить, что максимальный износ сегментов наблюдается в области носка (точка 1) и составил 0,5 мм (рис. 5а). При переходе от носка к основанию сегментов по точкам 2, 3 и 4, расположенным на линиях А-А, В-В и С-С, износ уменьшается. Наименьший износ режущего сегмента наблюдается в точках 5 и составляет 0,01...0,02 мм.

Большой износ в носовой части режущего сегмента обусловлен повышенными нагруз-

ками от сил резания от срезания на этом участке большей части массы стеблей растений, большим отклонением зазора под воздействием сил резания и затягиванию срезанных стеблей в верхний зазор между режущим сегментом и верхней противорежущей кромкой сдвоенного пальца вследствие эффекта двойного среза верхней тупой кромкой сегмента [3].

Изменение среднего значения массы режущих сегментов (рис. 5г) за наработку в 90 часов составило 13 грамм.

Сравнение внешнего вида нового и изношенного режущих сегментов (рис. 6) позволяет отметить, что на поверхности изношенных сегментов образуется сложный рельеф, копирующий насечку на лезвии сегмента. Появление рельефа обусловлено протеканием процесса на-

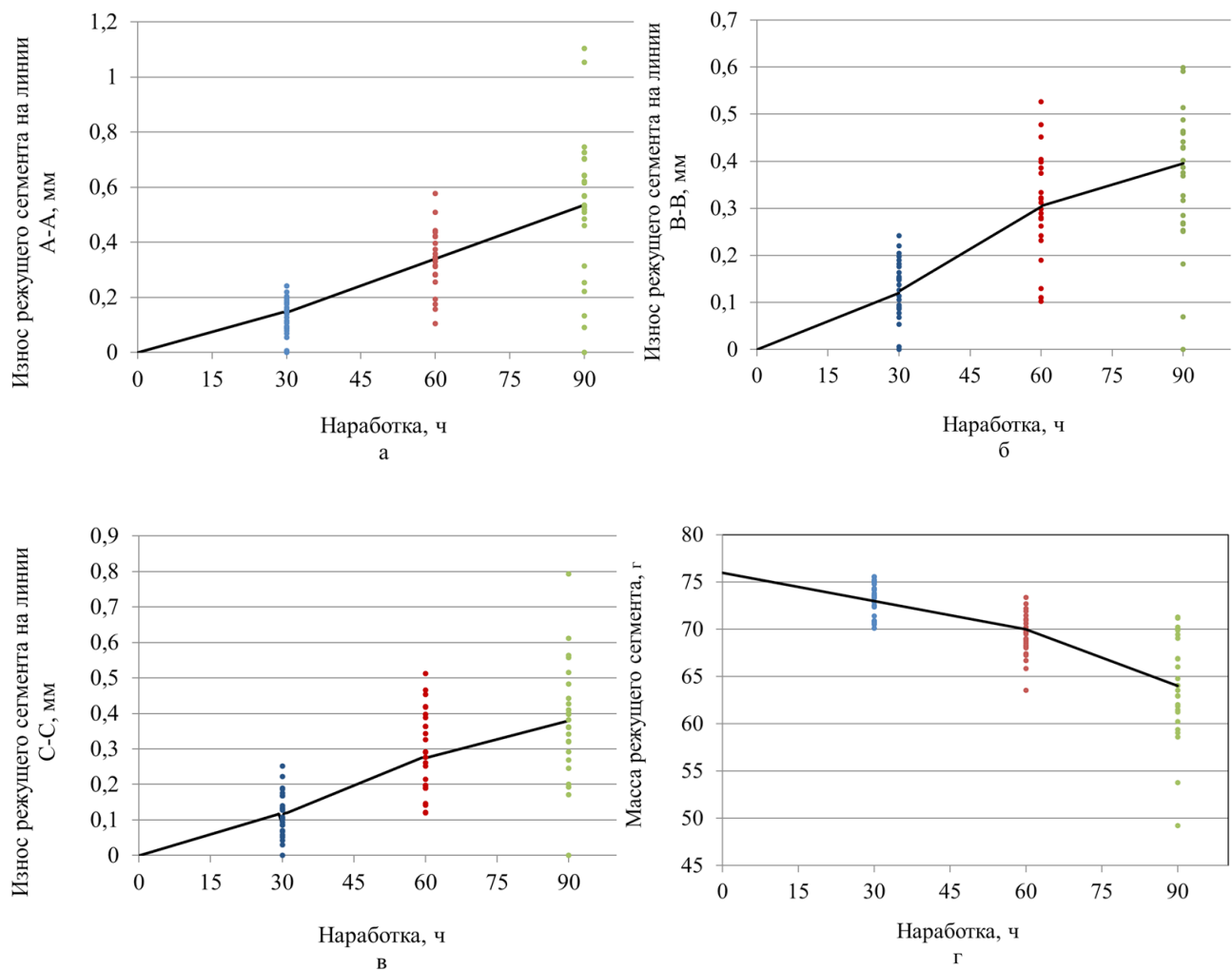


Рис. 5. Характер износа режущих сегментов «Schumacher»: а – износ сегментов по линии А-А; б – износ сегментов по линии В-В; в – износ сегментов по линии С-С; г – весовой износ сегмента



Рис. 6. Внешний вид нового и изношенного режущих сегментов

калывания стеблей растений и последующего их протаскивания при резании в увеличивающийся зазор изношенной режущей пары.

Полученные результаты позволяют определить скорость изнашивания  $V_{и}$  режущих сегментов. Используя формулу

$$V_{и} = \Delta И / \Delta t,$$

где  $\Delta И$  – отношение значения износа (линейного или весового), мм, г;

$\Delta t$  – интервал времени, за который он был наработан, ч, имеем, что скорость изнашивания составила 0,005 мм/ч или 0,15 г/ч.

### Выводы

1. Установлено, что износ поверхности сегментов режущего аппарата «Schumacher» носит линейный и пропорционально возрастающий характер, максимальная величина износа поверхности при наработке 90 часов составила 0,5 мм.

2. Установлено, что в процессе эксплуатации твердость поверхности режущих сегментов в результате износа не изменяется, оставаясь на уровне 56-57 HRC.

3. Выявлена экономическая целесообразность восстановления сегментов режущего аппарата «Schumacher».

4. Принятый в дальнейшем способ восстановления режущих сегментов должен обеспечивать по сравнению с новыми сегментами

более высокий коэффициент износостойкости, минимальную толщину наращиваемого слоя 0,4...0,5 мм и обладать меньшей себестоимостью восстановления по сравнению с себестоимостью изготовления.

### Список литературы

1. Лебедев А. Т., Павлюк Р. В. Повышение эффективности работы зерноуборочных комбайнов // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 1. С. 4–5.

2. Фаронов А. С. Повышение ремонтпригодности режущего аппарата для уборки сорго модернизацией его конструкции : дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2019. 161 с.

3. Алдошин Н. В., Золотов А. А., Лылин Н. А. Совершенствование конструкции сегментопальцевых режущих аппаратов // Вестник НГИЭИ. 2017. № 6 (73). С. 46–53.

4. Сайт компании Группа Шумахер. Режим доступа: [http://www.ooo-schumacher.ru/uploaded/foto-catalog/2019/Catalog\\_Schumacher\\_2019.pdf](http://www.ooo-schumacher.ru/uploaded/foto-catalog/2019/Catalog_Schumacher_2019.pdf) (дата обращения: 27.01.2020).

5. ГОСТ 158-74. Сегменты, пластины противорежущие и полосы ножевые режущих аппаратов сельскохозяйственных машин. Межгосударственный стандарт. Официальное издание. Введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 12 мая 1974 г. № 1112 Издание (октябрь 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, 3, 4, 5, 6, утвержденными в ноябре 1978 г., июне

1984 г., декабре 1986 г., июле 1987 г., июне 1988 г.,  
феврале 1999 г. (ИУС 1-79, 9-84, 2-87, 12-87,  
9-88, 5-99). М. : ИПК Изд-во стандартов, 2001.

---

**Старунов Александр Владимирович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: alex\_starunov68@mail.ru.

**Иксанов Шамиль Салихович**, канд. техн. наук, начальник отдела информационных технологий, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: snn.89@bk.ru.

**Жуков Георгий Олегович**, магистрант 2-го года обучения кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: geo\_r@bk.ru.

**Шестаков Андрей Михайлович**, старший лаборант кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: alex\_starunov68@mail.ru.

\* \* \*

УДК 619:616.33/.34:549.25/.28

**РОЛЬ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАЗВИТИИ БОЛЕЗНЕЙ  
ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА ЖИВОТНЫХ****А. М. Гертман, Т. С. Самсонова, Е. М. Манина, Н. Ф. Уфимцева**

В статье рассматриваются вопросы причины развития гастроэнтеритов у телят и птицы, находящихся в условиях природно-техногенной провинции. Экспериментальные исследования выполнены на территории Челябинской области, имеющей развитый промышленный сектор, выбросы которого содержат соли тяжелых металлов. Элементы кумулируются в почвенном и растительном покрове. При исследовании готовых кормов, используемых в кормлении подопытных, выявлено высокое содержание кадмия, никеля, свинца, в отдельных образцах – железа. Уровень биоэлементов был ниже МДУ. При гематологическом исследовании подопытных содержание кадмия, никеля и свинца было выше референсных значений. При клиническом исследовании подопытных установлены характерные симптомы гастроэнтерита и изменения копрограммы. Сформированы две группы больных телочек 5–5,5 месяцев и цыплят-бройлеров 7–9-суточного возраста: одна – контрольная, другая – опытная. В контрольной группе основу комплексного лечения составляла этиотропная терапия (антимикробный препарат). Телочкам применяли симптоматическое лечение (кофеина натрия бензоат, раствор глюкозы). В опытной группе схему лечения дополняли введением минеральных энтеросорбентов местного происхождения. Продолжительность терапии – 14 суток, в течение которых наблюдали за больными, регистрировали изменения клинико-гематологического статуса и сохранность. В течение опыта у животных/птицы установлено достоверное снижение уровня токсикоэлементов и повышение содержания эссенциальных микроэлементов, восстановился прием корма и воды, нормализовались дыхание, температура, акт дефекации и копрограмма. В опытной группе это улучшение отмечено в более ранние сроки. При этом сохранность была выше в группах, получавших минеральный энтеросорбент в схеме терапии.

*Ключевые слова:* экологические факторы, этиология, гастроэнтериты, схема терапии, птица, телята.

Сложная экологическая ситуация, сложившаяся на Южном Урале, является следствием активной деятельности предприятий, общая численность которых только в Челябинской области составляет около 87 тысяч. Наиболее развитые промышленные комплексы области – это металлургический, топливно-энергетический, машиностроительный и строительный, аграрно-промышленный [1]. В результате работы предприятий образуются различного рода отходы (жидкие, твердые, газообразные), которые зачастую попадают в окружающую среду – атмосферный воздух, открытые водоемы, грунтовые воды и почвы. «Сброс загрязненных сточных вод в 2018 году составил 647 млн м<sup>3</sup>,

выброс в атмосферу загрязняющих источников, отходящих от стационарных источников, 486,5 тыс. т» [1]. В составе этих выбросов/сбросов присутствует большое количество химических соединений, среди которых наиболее токсичными являются тяжелые металлы (никель, кобальт, цинк, свинец, кадмий, хром, ванадий и другие) [2]. В природе воздушными и водными потоками ксенобиотика распространяются на большие расстояния от источника, загрязняя огромные по площади территории, в том числе земельные угодья сельскохозяйственных предприятий. Этому способствует и рельеф отдельных участков региона – степные и лесостепные. Нельзя забывать и про аварию

на Производственном объединении «Маяк», в результате которой сформировался Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС). Это антропогенный элемент экологической ситуации. Необходимо отметить, что Челябинский регион является территорией с уникальным составом почвы и воды, который А.А. Кабышем был определен как биогеохимические провинции с высоким или низким содержанием отдельных химических элементов, в том числе с аномальным содержанием тяжелых металлов [3]. Таким образом, в регионе одновременно присутствуют и природные провинции, и техногенные. В совокупности эти два фактора приводят к кумуляции токсикоэлементов в организме продуктивных животных, птицы и их биотрансформации в животноводческую продукцию [4, 5].

Основной путь поступления солей ксенобиотиков – алиментарный, в связи с чем начальным этапом патологического процесса в организме млекопитающих и птицы является пищеварительный тракт. Механизм местного воздействия солей тяжелых металлов обусловлен их способностью реагировать с клеточными белками тканей, в том числе и слизистой оболочки с образованием альбуминатов. Вследствие этого происходит частичное свертывание белков только в самых поверхностных слоях тканей, наблюдается вяжущий или раздражающий эффект, имеющий обратимый характер. В случае свертывания белков, охватывающего значительную массу клеточных элементов и вызывающего их гибель, развивается прижигающий эффект с необратимыми изменениями в форме некроза. По силе местного действия тяжелые металлы расположены в следующем порядке: ртуть, серебро, железо, медь, цинк, свинец [6].

С.Г. Скугорева и соавт. [7], описывая токсическое действие токсикоэлементов, указывают, что «в основе мембранотоксического действия тяжелых металлов, наряду с изменением свойств и функциональной активности мембраносвязанных белковых молекул, лежат нарушения в работе ионных каналов, а также электродинамических характеристик возбудимых биомембран. Внешняя поверхность клеточной мембраны первой взаимодействует с металлом, под действием которого изменяется конформация мембранных белков и резко увеличивается проницаемость мембраны для ионов натрия, калия, хлора, кальция и магния, что приводит к быстрому набуханию клеток, распаду их цито-

скелета. Взаимодействие металлов с лигандами мембранных структур приводит к нарушению процессов трансмембранного транспорта. Токсикоэлементы относятся к группе митохондриальных ядов, повреждающих различные звенья процессов биоэнергетики, веществ, действующих на шероховатый (нарушение процессов синтеза белка) и гладкий эндоплазматический ретикулум (индукция или угнетение метаболизма ксенобиотиков), лизосомальные мембраны (провоцируют автолиз клеток) и др.». В результате всех изменений снижается местная резистентность тканей желудочно-кишечного тракта, ее способность к регенерации и развивается воспалительный процесс.

Таким образом, изучение степени распространения гастроэнтеритов у млекопитающих и птицы, поиск и апробация эффективной схемы терапии в условиях экологического прессинга является актуальным вопросом ветеринарной науки.

#### **Материал и методы исследований**

Для установления причин развития гастроэнтеритов в хозяйствах области были проведены комплексные исследования. Первоначально взяты средние пробы растительных кормов для органолептического и зоотехнического исследований. В кормовых средствах определяли показатели питательности и энергетической ценности. Результаты сравнивали с требованиями ГОСТ соответствующих кормов. Особое внимание уделяли минеральному составу, включая уровень эссенциальных микроэлементов и тяжелых металлов. Концентрацию всех металлов определяли на спектрофотометре [8] и сравнивали с нормативными показателями – максимально допустимым уровнем (МДУ). Оценены режим поения, условия содержания подопытных.

Диагноз «гастроэнтерит» устанавливали комплексно с учетом полученных результатов анамнеза и клинических признаков, включая исследование крови и фекалий. Клиническое обследование проводили по общепринятой схеме с особо тщательным исследованием органов желудочно-кишечного тракта. В крови больных определяли содержание токсикоэлементов [8] и сравнивали с нормативными показателями [9]. При лабораторном исследовании оценивали физико-химические (цвет, форма, запах, консистенция, водородный показатель, реакция





на белковую экссудацию и скрытую кровь) и микроскопические (микропримеси, капли жира и др.) показатели фекалий, полученных от больных общепринятыми в ветеринарной практике методами. До назначения лечения были исключены вирусные, бактериологические и паразитарные болезни путем исследования биологического материала от подозреваемых в заболевании гастроэнтеритом в условиях областной ветеринарной лаборатории.

По завершении диагностики были сформированы две группы больных: одна – контрольная, другая – опытная. Всем подопытным создавали оптимальные условия содержания, кормления и поения. Экспериментальные исследования выполнены на телочках 5–5,5 месяца (послемолочный период выращивания) и цыплятах-бройлерах 7–9-суточного возраста, больных гастроэнтеритом. В контрольной осуществляли комплексное лечение, основу которого составляла этиотропная терапия (антимикробный препарат: 10% байтрил – телятам, энрофлон – цыплятам). Телочкам применяли симптоматическое лечение (кофеина натрия бензоат, раствор глюкозы). Дозы всех препаратов рассчитывали согласно наставлениям по применению. В опытной группе схему лечения дополняли введением минеральных энтеросорбентов местного происхождения. Минеральные сорбенты имеют уникальное строение и богатый минеральный состав из макро- и микроэлементов, благодаря чему являются неселективными сорбентами и ионообменными добавками [10]. Телятам вермикулит смешивали с концентрированным кормом, цыплятам – вспученный витартил с полнорационным комбикормом. Молодняку крупного рогатого скота вермикулит скармливали один раз в сутки в дозе 11–13 г в расчете на голову, цыплятам – витартил в количестве 1% к массе комбикорма. Продолжительность терапии – 14 суток, в течение которых наблюдали за больными, регистрировали изменения клинико-гематологического статуса и сохранность.

Цифровой материал подвергали биометрической обработке с определением степени достоверности по Стьюденту. Статистически достоверной считали показатели при  $P < 0,05$ .

### **Результаты исследований и их обсуждение**

При анализе результатов зоотехнического исследования кормовых средств для крупного

рогатого скота было установлено, что во всех образцах содержание токсикоэлементов превышало значения МДУ. Так, концентрация кадмия в кормах была выше нормативной величины на 21,2–34,8%, никеля – на 14,0–18,2%, свинца – на 1,5–3,4% при низком содержании основных биоэлементов (медь, марганец, кобальт, кобальт). Отметим высокое содержание железа во всех пробах кормовых средств. Органолептические показатели (цвет, запах, структурность, ботанический состав и др.) указали на доброкачественность всех кормов, используемых в кормлении телочек. При анализе рациона установлено, что он обеспечивает потребность растущего молодняка в основных питательных веществах и энергии. Однако в рационе выявлен дисбаланс элементного состава: наличие токсикоэлементов (в среднем 12–13 мг никеля, 18–18,4 мг свинца, 1,16–1,18 мг кадмия), повышенное содержание железа и сниженное поступление биоэлементов.

Комбикорм, используемый в кормлении растущих цыплят, является полнорационным. Согласно результатам исследования, его органолептические показатели (цвет, запах, сыпучесть, характер гранул и др.) являются удовлетворительными. Все показатели питательности, включая энергетическую, полностью обеспечивали потребность молодняка птицы в нутриентах. Особую настороженность вызывает дисбаланс минеральных веществ в комбикорме. Так, содержание кадмия в средних образцах было выше МДУ на 9,5%, никеля – на 15,9%, свинца – на 21,2%. При этом содержание всех эссенциальных микроэлементов соответствовало рекомендуемым нормативам.

При гематологическом исследовании установлено присутствие в крови телочек и цыплят-бройлеров токсикоэлементов в концентрациях, превышающих средние нормативные данные. Концентрация кадмия в крови молодняка крупного рогатого скота была выше референсных значений на 25,8%, свинца – на 12,3%, никеля – на 85,9%, молодняка птицы, соответственно, на 12,7%, 24,8 и 64,8%.

Таким образом, с кормами в организм растущего молодняка поступают соли тяжелых металлов, которые при постоянной контаминации и высокой концентрации в химусе вызывают изменение состояния слизистой оболочки, всасываются в кровь, способствуют снижению местной и общей резистентности и развитию

воспалительных процессов в пищеварительном канале.

При клиническом обследовании телят были выявлены следующие симптомы: лихорадка, тахикардия, тахипноэ, вынужденное лежачее положение тела в пространстве, слабость, снижение упитанности; сухость и снижение эластичности кожи, бледность и/или иктеричность слизистых оболочек. У всех больных были анорексия, угнетение после кормления, серый налет на спинке языка, галитоз, напряжение и болезненность брюшной стенки (более выраженная с правой стороны). Частое выделение фекалий.

В копрограмме телят: кал жидкий, неоформленный, зловонный, темно-коричневый с содержанием непереваренных частиц зернового корма, сгустков слизи и крови.

При клиническом обследовании птицы выявлено общее угнетение, слабость, анорексия, гиподинамия, тусклость пуха, сухость и анемичность кожи конечностей и слизистых оболочек ротовой полости, напряжение живота, болезненность брюшной стенки. Пометные массы водянистые, пенистые, желто-зеленого цвета, зловонного запаха, содержащие кормовые частицы и кровяные сгустки.

По завершении диагностики было проведено комплексное лечение. В течение экспериментального периода – 14 суток – получен положительный терапевтический эффект в подопытных группах. Он проявлялся в улучшении клинического статуса животных/птицы: восстановился прием корма и воды, нормализовались дыхание, температура, акт дефекации и копрограмма. В опытной группе это улучшение отмечено на 9–11-е сутки, в контрольной – на 16–19-е сутки.

Выраженные различия между подопытными группами были выявлены при гематологическом исследовании на 14-е сутки эксперимента. Так, в крови телочек опытной группы содержание кадмия было достоверно ниже показателей контроля на 22,1% ( $P < 0,01$ ), свинца – на 15,8% ( $P < 0,05$ ), никеля – на 90,1% ( $P < 0,001$ ). Выявленные изменения были установлены в крови цыплят-бройлеров. Так, уровень кадмия был ниже контрольных величин на 26,0% ( $P < 0,01$ ), свинца – на 18,9% ( $P < 0,01$ ), никеля – на 94,7% ( $P < 0,001$ ). При этом в крови всех опытных установлено повышение концентрации биоэлементов. Указанные закономер-

ности подтверждают сорбционные и ионообменные свойства вермикулита и витартила в отношении химических соединений, что снизило токсические нагрузки на слизистую оболочку пищеварительного тракта и жизненно важные органы (в частности, центральный орган обмена – печень) растущего молодняка.

Важным этапом оценки эффективности проведенного комплексного лечения является показатель сохранности из числа заболевших. В опытной группе телят сохранность подопытных была 100%, контрольной – 94%, птицы, соответственно, 100% и 96,5%.

### Заключение

Таким образом, в развитии гастроэнтеритов на техногенно загрязненных территориях ведущим этиологическим фактором является присутствие солей тяжелых металлов в кормах, вызывающих повреждение и окислительный стресс клеток слизистых оболочек пищеварительного канала. В результате снижается местная и общая сопротивляемость тканей. Включение в схему комплексной терапии минеральных энтеросорбентов позволяет достичь высокой сохранности, выздоровления в более короткие сроки и получение продукции более высокого качества.

### Список литературы

1. Челябинская область в цифрах. Режим доступа : [https://chelstat.gks.ru/publication\\_collection/document/42480](https://chelstat.gks.ru/publication_collection/document/42480).
2. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А. П. Авцын, А. А. Жаворонков, М. А. Риш, Л. С. Строчкова. М. : Медицина, 1991. 496 с.
3. Эндемические болезни сельскохозяйственных животных / Н. А. Уразаев [и др.]. М. : Агропромиздат, 1990. 271 с.
4. Роль экологических факторов в развитии незаразной патологии в условиях технологической провинции Южного Урала / А. М. Геррман [и др.] // Современные подходы развития АПК : матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 135-летию академии. Казань, 2008. Т. 194. С. 37–41.
5. Самсонова Т. С. Распространение и особенности лечения незаразной патологии крупного рогатого скота в условиях экологического неблагополучия // Ветеринарный врач. 2017. № 3. С. 57–60.



6. Ершов Ю. А., Плетнева Т. В. Механизмы токсического действия неорганических соединений. М. : Медицина, 1989. 272 с.

7. Химические основы токсического действия тяжелых металлов (обзор) / С. Г. Скугорева, Т. Я. Ашихмина, А. И. Фокина, Е. И. Лялина // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 1. С. 4–13.

8. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики : справочник / под ред. проф. И. П. Кондрахина. М. : КолосС, 2004. 520 с.

9. Грибовский Г. П. Ветеринарно-санитарная оценка основных загрязнителей окружающей среды на Южном Урале. Челябинск, 1996. 224 с.

10. Ахтямов Р. Я. Экологические аспекты применения вермикулита в сельском хозяйстве // Экол. пробл. сельск. хоз-ва и производства качественной продукции : тез. докл. Всерос. конф., посв. 20-летию Уральского ф-ла ВНИИВСГЭ. 1999. С. 15–18.

---

**Гертман Александр Михайлович**, д-р ветеринар. наук, профессор, заведующий кафедрой, кафедра незаразных болезней, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: [kdiagugavm@inbox.ru](mailto:kdiagugavm@inbox.ru).

**Самсонова Татьяна Сергеевна**, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры незаразных болезней, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: [tsamsonova01@mail.ru](mailto:tsamsonova01@mail.ru).

**Манина Екатерина Михайловна**, канд. ветеринар. наук, преподаватель, кафедра незаразных болезней, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: [sunnykatya2006@mail.ru](mailto:sunnykatya2006@mail.ru).

**Уфимцева Наталья Федоровна**, общество с ограниченной ответственностью «Равис – Птицефабрика Сосновская».

E-mail: [Unf66@mail.ru](mailto:Unf66@mail.ru).

\* \* \*

УДК 619:616.995.121.56:636.2(470.55)

## **МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ И БИОХИМИЧЕСКИЙ СТАТУС КРОВИ КОРОВ ПРИ ЭХИНОКОККОЗЕ В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ ПРОВИНЦИИ ЮЖНОГО УРАЛА**

**Ф.Г. Гизатуллина, М. А. Дерхо, С. В. Стрижикова, В. К. Стрижиков**

В работе представлены результаты изучения морфологических и биохимических показателей крови коров, больных эхинококкозом, в условиях природно-техногенной провинции Южного Урала. Диагноз у животных был поставлен прижизненно внутрикожной аллергической пробой. В природно-кормовых условиях территории биогеохимической провинции определены различные стороны патологического воздействия инвазии и повышенного содержания некоторых тяжелых металлов на организм коров, на морфологические и биохимические показатели крови. Установлена возможность применения аллергического метода для прижизненной диагностики эхинококкоза при проявлении гепатоза у животных в условиях природно-техногенной зоны, определены патофизиологические особенности инвазии у животных.

*Ключевые слова:* коровы, эхинококкоз, природно-техногенная биогеохимическая провинция, внутрикожная аллергическая проба, морфологические показатели крови, биохимические показатели сыворотки крови.

Эхинококкоз ларвальный (гидатидозный) вызывается личиночной стадией цестоды *Echinococcus granulosus*, локализующейся чаще в печени, легких, реже в других тканях и органах промежуточных хозяев – овец, коз, крупного рогатого скота, свиней, лошадей, оленей и других млекопитающих. Воздействие возбудителя *E. granulosus* larva происходит как на пораженный орган (печень, легкие), так и на весь организм промежуточного хозяина паразита [13]. Т.А. Инюкина [15] отмечает, что личинки эхинококка оказывают механическое действие на пораженные ткани (вызывают их атрофию), а также токсическое и аллергическое воздействие на организм животных в целом. Про-

дукты жизнедеятельности паразита вызывают глубокие деструктивные изменения в органах и тканях и оказывают непосредственное влияние на качество продуктов убоя инвазированных животных.

По данным исследователей, при эхинококкозе отмечается снижение продуктивности животных, нарушение обменных процессов, дистрофические и дегенеративные процессы в различных органах и тканях при локальной патологии [1, 13, 15]. В научной литературе отмечается, что мясная продукция, полученная от животных, зараженных эхинококками, является биологически менее полноценной, чем от здоровых животных [1, 2, 9, 15, 23].



Заболевание относится к антропоознозам, так как болеет и человек. Болезнь распространена повсеместно, является до сих пор серьезной медицинской и ветеринарной проблемой. Болезнь наносит огромный экономический ущерб животноводству и представляет серьезную опасность для человека. Об этом напомнило заражение эхинококкозом воспитанников Ульяновского суворовского военного училища, которое выявили в 2019 г.

Эхинококкоз, несмотря на успехи ветеринарной медицины, до сих пор продолжает наносить значительный ущерб животноводству Южного Урала. В Челябинской области постоянно регистрируются животные, инвазированные эхинококками. По данным ветеринарной службы Челябинской области, в 2018 г. процент зараженности эхинококкозом мяса крупного рогатого скота составил 0,2% (выявлено 145 туш), овец – 0,07% (выявлено 40 туш), свиней – 0,002% (20 туш) [11].

Диагностика эхинококкоза ларвального затруднена, в основном используют аллергические и иммунологические методы. Однако в случаях вторичного иммунодефицита и при заболевании печени возможны затруднения при применении указанных методов диагностики. Южный Урал является одним из наиболее сложных и проблемных в экологическом отношении регионов России [3–8, 12, 17, 24–27]. Известно, что на загрязненных токсикантами территориях у животных наблюдаются различные изменения физиологического состояния организма, развитие вторичной иммунологической недостаточности, снижение защитных сил, нарушения обменных процессов из-за изменений функций внутренних органов, в частности печени [4–8, 17, 24, 26–28]. На фоне снижения естественной резистентности организма у животных часто отмечают развитие патологий различной этиологии [24, 27, 29], в том числе и паразитарной.

Данные научной литературы и практика показывают, что специалисты при проведении диагностических и лечебно-профилактических мероприятий при патологиях животных не всегда учитывают факторы, связанные с экологической обстановкой региона. В случаях применения аллергических методов диагностики большое значение имеет функциональное состояние печени, других органов и систем, в частности иммунной системы. В экологически неблагоприятных зонах у крупного рогатого

скота на фоне скармливания кормов с высоким содержанием токсикантов часто развивается гепатоз. В связи с этим определение особенностей гематологического и биохимического статуса коров при спонтанном эхинококкозе в условиях природно-техногенной провинции представляет научный и практический интерес.

**Цель исследования** – изучение особенностей гематологического и биохимического статуса коров, больных эхинококкозом, и выявление патофизиологических изменений при этой инвазии в условиях природно-техногенной биогеохимической провинции Южного Урала.

### Материалы и методы

Экспериментальная часть работы выполнена в 2016–2018 гг. на базе сельскохозяйственного предприятия Верхнеуральского района Челябинской области на коровах чернопестрой породы. По данным, имеющимся в литературе [5, 24], установлено, что территория Верхнеуральского района Челябинской области относится к биогеохимической провинции естественного и антропогенного происхождения. На территории района идет интенсивная добыча железосамородных и медно-цинковых руд, промышленного золота, разведаны запасы никелевых руд. Землепользование хозяйства расположено в зоне выбросов гиганта черной металлургии ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

В начале исследования в хозяйстве был проведен мониторинг объектов окружающей среды (пробы почвы с полей, воды из водоемов и кормов) на содержание в них солей тяжелых металлов (кадмий, никель, свинец) и эссенциальных микроэлементов (железо, медь, кобальт, марганец, цинк). Далее был изучен анализ кормового рациона коров на содержание в нем энергии, питательных веществ, макро-, микроэлементов и тяжелых металлов. Потом было определено ветеринарно-санитарное и эпизоотическое состояние хозяйства. В связи с выявлением в хозяйстве при послеубойной диагностике случаев ларвального эхинококкоза у крупного рогатого скота для прижизненной диагностики эхинококкоза у коров использовали внутрикожную аллергическую пробу. Для получения антигена после убоя больной коровы из эхинококковых пузырей, расположенных в легких, брали стерильно жидкость. Антиген вводили внутрикожно животным в дозе 0,4 мл

на голову в область шеи, которую предварительно выстригали, обрабатывали спиртом. После введения антигена были изучены местная реакция кожи и физиологическое состояние животных, реагирующих положительно на аллерген и не реагирующих, а также с сомнительной реакцией на аллергическую пробу. Согласно методике, считали реакцию положительной, если в месте введения антигена образовывалась припухлость (папула) темно-багрового цвета с выраженной отечностью в диаметре 4,6 см и более; сомнительной реакцию считали при припухлости в диаметре 3,6–4,5 см и отрицательной при припухлости 3,5 см и ниже. Физиологический статус коров определяли путем исследования морфологических и биохимических показателей их крови.

Объект исследования – коровы черно-пестрой породы массой 450–550 кг, в возрасте от 4 до 5 лет. Материалом исследований служила кровь коров, анализ которой выполнен в лаборатории инновационного исследовательского центра (ИНИЦ) ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ. Гематологические и биохимические показатели сыворотки крови определяли с использованием общепринятых в ветеринарии методик. Кроме исследования крови было проведено изучение состава молока и биохимических показателей говядины, полученной при убое больных эхинококкозом и здоровых коров.

При проведении мониторинга объектов внешней среды изучали пробы почвы с полей хозяйства, пробы воды водоисточника, пробы кормов. Взятие проб почвы осуществляли по методу, предложенному Д.С. Орловым [30]. Отбор проб кормов проводили по методике Е.А. Петуховой и др. [14]. Для определения содержания тяжелых металлов в пробах почвы и воды использовали метод, предложенный В.Н. Майстренко и др. [18]. Уровень содержания тяжелых металлов в кормах, образцах почвы, воды, молока и крови коров определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре с микропроцессорным измерителем «Микон» (ААС-3). Исследования выполнены по методике, описанной в ГОСТ 26929-94 «Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов» и ГОСТ 30178-96 «Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов». Полученные данные сравнивались с нормативами, за основу которых были приняты: временные МДУ некоторых

химических элементов в кормах сельскохозяйственных животных; ПДК в почве и воде; СанПиН 2.3.2.566-96; СанПиН 2.3.21078-01.

Зоотехнический анализ кормов хозяйства проводили также в лаборатории ИНИЦ. В пробах кормов определяли содержание сухого вещества, воды, сырого и переваримого протеина, сырого жира, сырой клетчатки, безазотистых экстрактивных веществ, кальция, фосфора и каротина [14]. При расчете кормового рациона для лактирующих коров пользовались данными потребности животных в питательных веществах и макро-, микроэлементах, каротине. Анализ кормового рациона проводили по методике, предложенной А.П. Калашниковым и др. [22].

Комплексная диспансеризация животных была проведена в зимне-стойловый период по методике, описанной И.Г. Шарабриным [28]. Кровь для исследований брали из яремной вены коров в утренние часы до кормления. Морфологическое исследование проб крови проводили по общепринятым в ветеринарной лабораторной практике методикам [21]. Биохимическое исследование сыворотки крови включало в себя определение показателей белкового, углеводного, пигментного, минерального обменов. Состояние белкового обмена у животных оценивали по содержанию в сыворотке крови общего белка и белковых фракций. Общий белок определяли рефрактометрическим методом на рефрактометре «RL-2» [21]. Белковые фракции определяли турбидиметрическим экспресс-методом [19]. Активность АсАТ и АлАТ определяли унифицированным динитрофенилгидразиновым методом Райтмана-Френкеля при помощи набора «Би-ла-тест» [16]. Концентрацию мочевины в сыворотке крови определяли по унифицированной цветной реакции с диацетилмонооксимом [19]. Концентрацию креатинина определяли унифицированным методом, основанным на цветной реакции Яффе в модификации Поппера [19]. Определение уровня глюкозы в крови проводили энзиматическим методом (с ортотолуидином) [19]. Уровень общего холестерина определяли унифицированным методом Илька. Для изучения содержания общего билирубина в сыворотке крови применяли диазометод Йендрашика-Клеггорна-Грофа [19]. Для исследования показателей молока использовали прибор «Лактан». При изучении биохимических показателей говядины определяли содержание летучих жирных кислот (ЛЖК), реакцию с сер-



нокислой медью на продукты распада белков в бульоне, водородный показатель (рН), реакцию на пероксидазу, формоловую реакцию [10].

Для диагностики эхинококкоза было отобрано по принципу аналогов 35 коров. Из них положительную реакцию отметили у 7 коров, таким животным поставили диагноз эхинококкоз. Сомнительную реакцию (реакция на введение аллергена не была выраженной) наблюдали у 5 животных. Такая картина на введение аллергена, на наш взгляд, была связана с реакцией гиперчувствительности замедленного типа (ГЗТ), что обусловлено сенсibilизацией. Реакция на введение аллергена у остальных 23 животных отсутствовала, их посчитали условно здоровыми.

По результатам опыта было сформировано 3 группы животных, по 5 голов в каждой. В первой группе были условно здоровые животные, во второй – реагирующие на аллерген и в третьей – с сомнительной реакцией. От подопытных коров были взяты пробы крови для изучения основных морфологических и биохимических показателей. Также от животных исследовали пробы молока. В убойном цехе от туш трех больных эхинококкозом и от трех здоровых коров были взяты пробы мяса для ветеринарно-санитарной экспертизы.

Полученные цифровые данные подвергали биометрической обработке с использованием таблиц Р.Б. Стрелкова [20] на персональном

компьютере. Уровень достоверности вычисляли с использованием стандартного значения критерия достоверности по Стьюденту. Доверительную вероятность ( $P$ ) считали статистически достоверной при  $P < 0,05$ .

### Результаты исследований

Исследование средних проб почвы с полей территории хозяйства показало, что содержание железа в почве превышало предельно допустимую концентрацию (ПДК) в 4,6 раза, содержание других тяжелых металлов было значительно ниже ПДК. При изучении содержания химических элементов в пробах воды из водоемника хозяйства было установлено, что уровень тяжелых металлов также был ниже предельно допустимых концентраций. Исследование содержания химических элементов в образцах кормов выявило высокую концентрацию железа в сенаже и жмыхе – соответственно на 15% и 52% больше максимально допустимого уровня (МДУ). Уровень меди, цинка, кобальта в пробах кормов не превышал МДУ.

Анализ гематологических показателей опытных коров показал (табл. 1), что содержание эритроцитов у условно здоровых и реагирующих на аллерген было на одном уровне. Уровень гемоглобина в крови подопытных животных был в среднем меньше нижней границы физиологической нормы на 10%. Однако содержание гемоглобина в крови коров второй группы

Таблица 1 – Морфологические показатели крови коров ( $X \pm S_x$ ,  $n = 5$ )

Показатель	Норма	Группа		
		Первая	Вторая	Третья
Эритроциты, $10^{12}/л$	5,0±7,5	5,44±0,03	5,42±0,07	5,35±0,07
Лейкоциты, $10^9/л$	4,5±12,0	17,10±0,31	24,94±1,17***	18,18±0,38*
Гемоглобин, г/л	90–120	80,80±2,16	82,80±1,64*	79,20±2,48
Цветовой показатель (ЦП)	0,7–1,1	0,44±0,01	0,46±0,01	0,45±0,01
Среднее содержание гемоглобина в одном эритроците (СГЭ), пг	16,5–18,5	14,85±0,62	15,28±0,68	14,80±0,57
СОЭ, мм/ч	0,5–1,5	4,00±0,30	3,0±0,15*	2,80±0,18*
Базофилы, %	0,0–2,0	0,0	0,4±0,01	0,6±0,02
Эозинофилы, %	3,0–8,0	3,0±0,45	4,8±0,69	3,0±0,65
Палочкоядерные нейтрофилы, %	2,0–5,0	10,20±0,82	2,0±0,37***	1,2±0,09***
Сегментоядерные нейтрофилы, %	20,0±35,0	41,0±2,83	22,6±4,27**	34,2±3,24
Лимфоциты, %	40,0–65,0	41,80±1,27	66,20±4,71*	56,0±2,78**
Моноциты, %	2,0–7,0	4,0±0,30	4,0±0,30	5,0±0,15*
Тромбоциты, $10^9/л$	260–700	217,0±0,01	242,2±1,1***	237,0±2,5***

Примечание: здесь и далее \* значение достоверно при  $P < 0,05$ ; \*\* при  $P < 0,01$ ; \*\*\* при  $P < 0,001$ .

было достоверно больше на 3% ( $P < 0,05$ ) по сравнению с показателем первой группы. Изучение цветового показателя (ЦП) выявило, что его величина у коров хозяйства была ниже физиологических значений в среднем на 35%, вместе с тем у коров второй группы ЦП отличался на 5% от значения показателя в первой группе. Среднее содержание гемоглобина в одном эритроците (СГЭ) у коров второй группы было на 3% больше, чем у животных первой группы.

Количество лейкоцитов в крови у коров второй группы оказалось повышено значительно – на 45,8% ( $P < 0,001$ ), у животных третьей группы число лейкоцитов увеличилось незначительно – на 6,3% ( $P < 0,05$ ) по сравнению с показателем первой группы. Анализ лейкоцитарной формулы показал, что у коров второй группы концентрация эозинофилов была повышена на 1,8% ( $P < 0,05$ ) по сравнению с показателем первой группы. У больных коров отмечено также изменение содержания нейтрофилов: уровень палочкоядерных был снижен на 8,8% ( $P < 0,001$ ), а сегментоядерных – на 18,4% ( $P < 0,01$ ), по сравнению с показателями у здоровых коров. Однако если сравнить со значениями в норме, то эти величины были в пределах физиологических значений. Содержание лимфоцитов у коров второй группы было повышено на 24,4% ( $P < 0,05$ ) и находилось на уровне верхней границы нормы, у коров третьей группы также отмечено повышение количества этих клеток – на 14,2% ( $P < 0,01$ ). Содержание моноцитов было в пределах диапа-

зона референтных значений. Число тромбоцитов в крови исследуемых коров оказалось ниже физиологических значений (тромбоцитопения), причем если в первой группе тромбоцитов было меньше на 17%, то во второй группе – на 7% по сравнению с нижним значением нормы. Содержание тромбоцитов в основном зависит от функционального состояния симпатико-адреналовой системы, в нашем случае тромбоцитопения, вероятно, связана с патологией печени.

При анализе полученных данных биохимических исследований сыворотки крови коров было установлено (табл. 2), что у животных второй группы отмечены достоверные отличия показателей белкового обмена от значений первой группы. У животных, реагирующих на аллерген, количество общего белка было увеличено на 14% ( $P < 0,001$ ), а у коров, давших сомнительную реакцию, отмечено снижение общего белка на 6% ( $P < 0,001$ ). В протеинограмме коров второй группы отмечено повышение концентрации важной в диагностическом отношении фракции альбуминов на 4% ( $P < 0,001$ ). У этих животных, кроме того, отмечено снижение в сыворотке крови содержание альфа-1- и альфа-2-глобулинов. Так, содержание альфа-1-глобулинов было меньше на 12 процентных пунктов ( $P < 0,05$ ), а альфа-2-глобулинов – на 65 процентных пунктов ( $P < 0,001$ ). Концентрация бета-глобулинов у животных второй группы была ниже на 0,62% ( $P < 0,01$ ) по сравнению со здоровыми коровами. Уровень гамма-глобулинов был повышен у больных коров на 8,1% ( $P < 0,001$ ), что свидетельствует о хроническом

Таблица 2 – Показатели белкового обмена сыворотки крови коров ( $X \pm S_x$ ,  $n = 5$ )

Показатель	Норма*	Группа		
		Первая	Вторая	Третья
Общий белок, г/л	72,0–86,0	67,0±0,60	76,0±1,51***	63,0±0,65**
Альбумины, %	30,0–50,0	33,10±0,49	37,08±0,28***	37,58±0,22
α-1-глобулины, %	12,0–20,0	12,18±0,56	10,66±0,12*	11,0±0,03
α-2-глобулины, %	10,0–16,0	15,28±1,39	5,22 ±0,16***	5,62 ±0,13
β-глобулины, %	6,2–19,8	22,38±0,11	21,76±0,14**	22,10±0,17
γ-глобулины, %	14,0–40,0	17,18±1,57	25,28±0,22***	23,70±0,35
Коэффициент альбумины-глобулины	0,9–1,4	0,49 ±0,01	0,78 ±0,09***	0,59 ±0,01
С-реактивный белок (СРБ), мг/л	0–5	1,47 ±0,09	0,91 ±0,09**	1,33 ±0,08
Тимоловая проба, ед.	0–4	1,28 ±0,04	1,60 ±0,06*	0,82 ±0,04**
Мочевина, ммоль/л	3,3–6,7	4,70 ±0,03	3,12 ±0,14***	4,32 ±0,39
Креатинин, мкмоль/л	39,6–57,2	100,0±1,34	95,60±1,22*	96,80±1,29

\* Примечание: И.П. Кондрахин и соавт. (2004).





воспалительном процессе, о высокой нагрузке на факторы неспецифической резистентности, которые обусловили увеличение концентрации этой белковой фракции. Этот показатель у животных третьей группы составил величину  $23,70 \pm 0,35\%$ , что больше на  $6,52\%$  ( $P < 0,01$ ) по сравнению с содержанием гамма-глобулинов в крови коров первой группы. Основное количество гамма-глобулинов, как известно, составляют иммуноглобулины классов А, G и М, обладающие свойствами антител, которые играют большую роль в гуморальном иммунитете. Снижение соотношения альбумины/глобулины по сравнению с нормой указывает на снижение синтеза альбуминов, что может быть связано с нарушением функции печени.

Изучение содержания С-реактивного белка показало снижение показателя у коров второй группы на  $38,0\%$  ( $P < 0,01$ ); у животных, реагировавших сомнительно, содержание этого маркера снизилось недостоверно на  $9,1\%$  по сравнению с первой группой. Изучение диагностического теста – тимоловой пробы свидетельствует о повышении его величины по сравнению с клинически здоровыми коровами у положительно реагирующих животных на  $25\%$  ( $P < 0,05$ ), что говорит о поражении печени. Вместе с тем у коров, реагировавших сомнительно, показатель тимоловой пробы составил величину  $0,82 \pm 0,04$  ед. SH (на  $36\%$  меньше,  $P < 0,01$ ). Основным конечным продуктом рас-

пада белка в организме является мочевины. Исследование мочевины показало снижение его концентрации у коров второй группы на  $33\%$  ( $P < 0,001$ ), что указывает на поражение печени. К продуктам распада белков, кроме мочевины, относят также креатинин, его изучение выявило достоверное снижение величины показателя на  $4\%$  ( $P < 0,05$ ). Креатининемия отмечается при нарушении функции почек.

Для оценки биохимического статуса подопытных животных кроме показателей белкового обмена исследовали другие биохимические маркеры, характеризующие метаболизм (табл. 3). У коров второй группы, реагирующих на аллерген, биохимические показатели (глюкоза, холестерол, билирубин), характеризующие углеводный, липидный и пигментный обмены, имели достоверные отличия от коров первой группы – условно здоровых животных. Так, у этих коров содержание глюкозы было выше на  $7\%$  ( $P < 0,05$ ), холестерола – на  $30\%$  по сравнению со здоровыми животными. Вместе с тем содержание глюкозы у животных первой группы было выше на  $4\%$  верхней границы физиологической нормы. Глюкоза – основной компонент энергетического обмена в организме, небольшое повышение его уровня указывает на усиление энергетического обмена. Холестерол – важнейший компонент клеточной мембраны, участвует в образовании комплексов с белком внутренней митохондриальной мембраны. Он

Таблица 3 – Биохимические показатели сыворотки крови коров ( $X \pm S_x$ ,  $n = 5$ )

Показатель	Норма*	Группа		
		Первая	Вторая	Третья
Глюкоза, ммоль/л	2,22–3,33	$3,45 \pm 0,07$	$3,68 \pm 0,08^*$	$3,38 \pm 0,07$
Холестерин, ммоль/л	1,3–4,42	$3,41 \pm 0,19$	$4,43 \pm 0,13^{***}$	$4,02 \pm 0,25$
Общий билирубин, ммоль/л	1,88–8,21	$9,78 \pm 0,34$	$7,20 \pm 0,57^{**}$	$5,18 \pm 0,30^{***}$
Билирубин прямой, ммоль/л	0–7,5	$3,78 \pm 0,19$	$2,60 \pm 0,17^{***}$	$1,82 \pm 0,09^{***}$
Билирубин не прямой, ммоль/л	5–15	$6,00 \pm 0,15$	$4,60 \pm 0,48^*$	$3,32 \pm 0,22^{***}$
Щелочная фосфатаза (ЩФ), мг %	45,0–55,0	$74,0 \pm 0,75$	$70,4 \pm 1,73^*$	$73,0 \pm 2,84$
Аспаратаминотрансфераза (АсАТ), ИЕ/л	0–40	$74,80 \pm 0,38$	$69,2 \pm 1,83^*$	$91,80 \pm 6,91^*$
Аланинаминотрансфераза (АлАТ), ИЕ/л	0–45	$26,80 \pm 1,57$	$36,80 \pm 1,91^{**}$	$32,80 \pm 0,85^{**}$
Коэффициент де Ритиса	1,33–2,5	2,8	1,9	2,8
Кальций общий, ммоль/л	2,5–3,13	$3,61 \pm 0,03$	$4,49 \pm 0,27^*$	$4,11 \pm 0,14^{**}$
Фосфор неорганический, ммоль/л	1,45–1,94	$3,21 \pm 0,06$	$1,98 \pm 0,11^{***}$	$2,50 \pm 0,18^{**}$
Соотношение кальция/фосфор	1,3–2,2	1,12	2,27	1,64
Калий, ммоль/л	4,10–4,86	$4,64 \pm 0,05$	$5,71 \pm 0,12^{***}$	$5,24 \pm 0,07^{***}$
Магний, ммоль/л	0,82–1,23	$0,62 \pm 0,01$	$1,38 \pm 0,03^{***}$	$1,19 \pm 0,02^{***}$

\* Примечание: И.П. Кондрахин и соавт. (2004).

используется организмом для синтеза биологически важных стероидов, основным местом образования холестерина является печень. Повышение величины холестерина указывает на компенсаторную реакцию организма, связанную с нарушением функции печени у больных животных. У животных второй группы содержание общего, прямого и непрямого билирубина было понижено по сравнению с животными первой группы соответственно на 26% ( $P < 0,01$ ), 31% ( $P < 0,001$ ) и 23% ( $P < 0,05$ ), однако находилось в основном в пределах физиологических значений.

Изучение щелочной фосфатазы (ЩФ) показало (табл. 3), что у коров хозяйства значения показателя оказались выше нормы, что может говорить о проблемах в печени, почках и костной ткани. У животных второй группы активность фермента была снижена на 4% ( $P < 0,05$ ) по сравнению с первой группой. Изменение активности ЩФ указывает на патологические процессы, протекающие в организме под воздействием факторов внешней среды. Также у коров второй группы наблюдалось статистически достоверное снижение на 7% ( $P < 0,05$ ) активности АсАТ по сравнению с первой группой, причем активность АлАТ была достоверно выше на 38% ( $P < 0,01$ ). В третьей группе отмечена аналогичная тенденция. Преобладающий подъем активности АлАТ отражает поражение печени и связан с выходом энзима из поврежденных тканей печени в кровь. Величина коэффициента де Ритиса у животных первой группы была 2,8, а у коров второй группы, реагирующих на аллерген, – 1,9.

Показатели минерального обмена у коров второй группы имели достоверные отличия от животных первой группы (табл. 3). Сравнительная оценка показателей животных подопытных групп свидетельствует, что во второй группе содержание кальция общего было повышено на 25% ( $P < 0,05$ ), а концентрация фосфора неорганического снижена на 38% ( $P < 0,001$ ) по сравнению с животными первой группы. Соотношение кальция к фосфору (Са : Р) в первой группе оказалось ниже нормы, а во второй выше. Изучение содержания калия в крови животных показало, что его уровень в первой группе был в пределах физиологических значений, вместе с тем концентрация калия в крови коров второй группы была повышена на 23% ( $P < 0,001$ ). Поскольку калий содержится внутри клеток, его

повышение (гиперкалемия) указывает на патологию, связанную с распадом клеточных элементов. Изучение содержания магния показало, что у коров второй группы его уровень повышен в 2,2 раза ( $P < 0,001$ ). Повышение уровня магния в сыворотке крови наблюдается при почечной недостаточности, болезнях печени. Аналогичные тенденции были отмечены и в крови коров третьей группы.

При изучении проб молока от коров хозяйства было установлено, что содержание цинка в молоке коров в 3,1 раза было выше допустимого уровня по СанПиН 2.3.2.560-96. Концентрация других тяжелых металлов в пробах молока не превышала максимальных значений, предусмотренных СанПиН 2.3.2.560-96. Несмотря на невысокий уровень других тяжелых металлов в молоке коров, можно отметить, что прослеживается тенденция накопления этих элементов в организме животных. Исследование цельного молока показало, что жирность его достаточно низкая –  $3,26 \pm 0,40\%$  (при норме 3,7%), а содержание белка –  $3,2 \pm 0,21$  (норма 3,3).

При определении биохимических показателей говядины было установлено, что содержание ЛЖК в мясе больных эхинококкозом животных составляло  $3,27 \pm 0,18$  мг/100 г мяса (на 2% больше, чем от здоровых коров), рН был  $6,14 \pm 0,18$ , что на 5% выше ( $P < 0,01$ ), чем от животных первой группы. В говядине от коров второй группы реакция на пероксидазу оказалась сомнительной, а формоловая реакция – положительная, тогда как от здоровых животных эти реакции были соответственно положительной и отрицательной. Реакция с серноокислой медью на продукты распада белков в бульоне во всех пробах мяса была отрицательной.

### Обсуждение

Анализ рациона кормления показал, что все корма хозяйства имеют достаточно высокий уровень солей тяжелых металлов и низкое содержание жизненно необходимых элементов. Применяемый в хозяйстве рацион для лактирующих коров не был сбалансирован по комплексу нутриентов, что обуславливает негативное влияние на течение всех обменных процессов в организме животных. Нарушение течения метаболизма у животных способствует развитию самой разнообразной незаразной патологии. По данным исследователей [5, 24], гепатоз молочных коров имеет широкое распростра-



нение среди хозяйств Челябинской области, в том числе в СХП Верхнеуральского района. Результаты исследования позволяют заключить, что территория хозяйства Верхнеуральского района находится в природно-техногенной провинции, в почвах которой содержится высокий уровень железа (превышение ПДК в 4,6 раза). Одновременно с этим выявлено снижение содержания в почве меди, кобальта, цинка и марганца. Наше исследование подтверждает данные работы Е.М. Руликовой [24]. Среди продуктивных коров имеет место нарушение метаболизма, которое проявляется специфическими клиническими признаками и характеризуется глубокими функциональными изменениями центрального органа обмена – печени.

Показатели гематологических исследований (лейкоцитоз, лимфоцитоз) свидетельствуют о хроническом воспалительном процессе в организме коров с положительной реакцией на аллерген. Снижение ЦП (гипохромия) и снижение насыщенности гемоглобином у условно здоровых животных свидетельствуют о признаках анемии у коров хозяйства. Полученные данные свидетельствуют, что в организме коров хозяйства происходят адаптационно-компенсаторные процессы, связанные с условиями техногенного загрязнения окружающей среды, избыточным содержанием в кормах ряда микроэлементов. Вместе с тем, инвазия обуславливает более глубокие изменения величин морфологических (увеличение количества лейкоцитов и лимфоцитов, снижение СОЭ и концентрации нейтрофилов) и биохимических показателей (увеличение общего белка, альбуминов, гамма-глобулинов, глюкозы, холестерина, активности АлАТ, снижение мочевины, креатинина, билирубина, активности ЩФ, АсАТ) крови, характеризующих окислительно-восстановительные, дыхательные и метаболические процессы, происходящие в организме.

Несбалансированное кормление и нарушение обменных процессов у коров, а также инвазия у больных животных, по нашему мнению, обуславливают изменение состава и снижение качества молока, получаемого в хозяйстве. Определение биохимических показателей говядины от коров, больных эхинококкозом, выявило изменение рН, сомнительную реакцию на пероксидазу и положительную формоловую реакцию, что говорит о снижении биологической полноценности продуктов убоя.

## Выводы

В условиях природно-техногенной провинции патологическое воздействие тяжелых металлов и инвазии на организм коров обуславливает изменение гематологических и биохимических показателей крови, что свидетельствует о нарушении обменных процессов и снижении резистентности животных. Характерными сдвигами в белковом обмене являются гиперпротеинемия, гиперальбуминемия и гипергаммаглобинемия. Наблюдаются изменения в углеводном, липидном и минеральном обмене, это отражается на иммунобиохимическом статусе животных и получаемой от них продукции. Нарушения в функционировании печени и других органов животных не влияют на эффективность метода прижизненной диагностики эхинококкоза с помощью аллергического метода. При разработке мероприятий по борьбе с ларвальным эхинококкозом крупного рогатого скота следует учитывать экологические условия природно-техногенных провинций, вызывающих снижение естественной резистентности животных. Выявление случаев ларвального эхинококкоза в регионе указывает на необходимость правильной организации и планомерного проведения комплекса профилактических мероприятий по предохранению заражения промежуточных хозяев (жвачных, свиней) личиночными стадиями и окончательных хозяев (собак и других плотоядных) – ленточными стадиями цестоды *E. granulosus*.

## Список литературы

1. Васильев А. А., Воскобойник Л. В. Химический состав мяса овец и свиней при экспериментальном эхинококкозе // Бюл. Всесоюзного ордена Трудового Красного Знамени института гельминтологии им. К. И. Скрябина. М., 1975. № 16. 37 с.
2. Ветеринарно-санитарная экспертиза, стандартизация и сертификация продуктов / под ред. К. Е. Елемесова, Н. Ф. Шуклина. СПб. : ООО «КомСнаб», 2005. Т. 2. С. 179–183.
3. Гертман А. М. Ветеринарно-санитарные показатели мяса и молока в зоне аномального содержания тяжелых металлов // Экологические проблемы патологии, фармакологии и терапии животных : матер. Междунар. коорд. совещания. Воронеж : ВНИВИПФиТ, 1997. С. 194.
4. Гертман А. М., Самсонова Т. С., Ишменев В. И. Лечение коров при остео дистрофии

в условиях Южного Урала // Ветеринария. 2012. № 1. С. 43–46.

5. Гертман А. М., Руликова Е. М. Коррекция показателей белковых соединений при гепатозе молочных коров в условиях природно-техногенной провинции // Инновационные решения актуальных проблем в АПК : сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. Екатеринбург, 2013. С. 37–42.

6. Гизатуллина Ф. Г. Коррекция естественной резистентности животных при патологиях в экологически неблагоприятных условиях Южного Урала. Троицк : Изд-во УГАВМ, 2006. 196 с.

7. Гизатуллин И. А., Гизатуллина Ф. Г. Особенности иммунобиохимического статуса животных в условиях техногенного загрязнения окружающей среды // Аграрный вестник Урала. 2008. № 6. С. 75–77.

8. Грибовский Г. П. Ветеринарно-санитарная оценка основных загрязнителей окружающей среды на Южном Урале. Челябинск, 1996. 225 с.

9. Глебачев С. Н. Ветеринарно-санитарная оценка качества мяса при дистрофических процессах на разных стадиях развития // Ветеринарная патология. 2008. № 1. С. 130–131.

10. ГОСТ 23392-78 Мясо. Методы химического и микроскопического анализа свежести. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 20.12.78 г. № 3386. Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200021651> (дата обращения 09.12.2019).

11. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Челябинской области в 2018 году» / под ред. А. И. Семенова, Н. Н. Валеуллиной. Челябинск : Управление Роспотребнадзора по Челябинской области, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области», 2019. 283 с.

12. Дерхо М. А., Концевая С. Ю., Соцкий П. А. Регуляция адаптационных возможностей организма бычков лигфолом в условиях техногенной провинции // Ветеринария. 2013. № 2. С. 33–35.

13. Журавец А. К. Цистный эхинококкоз – гидатидная болезнь животных и человека. Новочеркасск, 2004. 507 с.

14. Зоотехнический анализ кормов / Е. А. Петухова [и др.]. 2-е изд., доп. и перераб. М. : Агропромиздат, 1989. 239 с.

15. Инюкина Т. А. Качество и безопасность продуктов убоя крупного рогатого скота и свиней при эхинококкозе : дис. ... д-ра биол. наук. Краснодар : КубГАУ, 2019. 452 с.

16. Лабораторные методы исследования в клинике / под ред. В. В. Меньшикова. М. : Медицина, 1987. 368 с.

17. Лыкасова И. А. Научно-экспериментальное обоснование применения корня солодки для снижения отрицательного действия хлорорганических пестицидов и тяжелых металлов на организм животных : дис. ... д-ра ветеринар. наук. Троицк : УГАВМ, 2000. 310 с.

18. Майстренко В. Н., Хамитов Р. З., Будников Г. К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. М. : Химия, 1996. 319 с.

19. Медицинские лабораторные технологии: руководство по клинической лабораторной диагностике : в 2 т. / В.В. Алексеев [и др.] ; под ред. А. И. Карпищенко. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012. Т. 1. 472 с.

20. Меркурьева Е. К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных. М. : Колос, 1970. 423 с.

21. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики : справочник / под ред. И. П. Кондрахина. М. : КолосС, 2004. 520 с.

22. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : справ. пособие / под ред. А. П. Калашникова [и др.]. 3-е изд., перераб. и доп. М., 2003. 456 с.

23. Повод А. В. Результаты биохимического исследования мяса при эхинококкозе крупного рогатого скота // Вестник ФГБОУ ВПО РГАУ. 2012. № 4 (16). С. 57–59.

24. Руликова Е. М. Лечение гепатоза молочных коров в условиях природно-техногенной провинции Южного Урала // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана, 2014. Т. 220. С. 195–197.

25. Рыбьянова Ж. С., Дерхо М. А. Особенности морфологии эритроцитов в организме телят в условиях техногенной провинции // АПК России. 2017. Т. 24. № 3. С. 687–692.

26. Сафина Э. Ф., Гизатуллин И. А., Гизатуллина Ф. Г. Регуляция процессов метаболизма в организме коров в условиях биогеохимической провинции при использовании кормовой добавки «Гувитан-С» // Разработка и внедрение новых технологий получения и переработки продукции животноводства : матер.



Междунар. науч.-практ. конф. Троицк, 2014. С. 103–108.

27. Таирова А. Р. Состояние здоровья крупного рогатого скота на загрязненных тяжелыми металлами территориях. Троицк : УГАВМ, 2006. 156 с.

28. Шарабрин И. Г. Профилактика нарушений обмена веществ у молочных коров. М. : Колос, 1975. 304 с.

29. Шкуратова И. А., Папуниди К. Х. Техногенное загрязнение окружающей среды как фактор заболеваемости животных // Ветеринарный врач. 2000. № 2. С. 56–61.

30. Химическое загрязнение почв и их охрана : словарь-справочник / Д. С. Орлов [и др.]. М. : Агропромиздат, 1991. 303 с.

---

**Гизатуллина Фирдаус Габдрахмановна**, д-р биол. наук, профессор кафедры инфекционных болезней, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: [gizatullina-f@mail.ru](mailto:gizatullina-f@mail.ru).

**Дерхо Марина Аркадьевна**, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой естественнонаучных дисциплин, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: [derkho2010@yandex.ru](mailto:derkho2010@yandex.ru).

**Стрижикова Светлана Васильевна**, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры морфологии, физиологии и фармакологии, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: [strvict@ya.ru](mailto:strvict@ya.ru).

**Стрижиков Виктор Константинович**, д-р ветеринар. наук, профессор, профессор кафедры морфологии, физиологии и фармакологии, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: [strvict@ya.ru](mailto:strvict@ya.ru).

\* \* \*

---

---

# ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

## STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCE

---

---

УДК 633.854.54:664

### ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ

**Н. В. Московенко, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова**

В качестве функционального ингредиента для обогащенных продуктов можно использовать семена льна или продукты его переработки, что обусловлено его уникальным химическим составом. В работе представлено исследование химического состава новых селекционных линий льна масличного «Уральский» и «Уральский желтый», которые были выращены на почвах Свердловской области. В семенах указанных культур содержится значительное количество белка (17,08–17,6%), лимитирующими аминокислотами являются метионин и цистеин. Отмечено высокое содержание следующих незаменимых аминокислот: лейцин, валин, изолейцин, фенилаланин + тирозин. Жирные кислоты в семенах льна присутствуют в количестве 44,8–46,2% и представлены полиненасыщенными жирными и насыщенными жирными кислотами (пальмитиновая, стеариновая, олеиновая и др.). В семенах льна отмечается высокое содержание макроэлементов (натрий, калий, фосфор) и микроэлементов (железо, селен, цинк и др.), витаминов группы В и витамина К и Е. Углеводный состав слизи показывает, что содержание галактозы в семени льна сорта «Уральский желтый» меньше на 15%, рамнозы на 30% по сравнению с льняным семенем сорта «Уральский». Глюкозы и ксилозы в сорте «Уральский желтый» больше на 15% и 30%, соответственно, по сравнению с сортом «Уральский». Мука из семян льна из сортов «Уральский» и «Уральский желтый», соответственно, отличается от муки пшеничной высоким содержанием макро- (белок, жир, углеводы) и микронутриентов (минеральные вещества, витамины К и Е).

*Ключевые слова:* лен масличный, химический состав, аминокислоты, жирнокислотный состав, углеводный состав слизи.

Обеспечение высокого качества жизни человека путем рационализации питания и сокращения дефицита микронутриентов в рационе является приоритетным направлением государственной политики, что нашло отражение в распоряжении Правительства Российской Федерации «Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030». Для улучшения фактического питания населения Российской Федерации необходимо разрабатывать и внедрять продукты с высоким содержанием биологически активных пищевых веществ [3, 4, 6]. В качестве сырья для таких продуктов можно использовать семена льна или продукты его переработки,

что обусловлено его уникальным химическим составом.

В семенах льна масличного превалирует жирная основа в виде высыхающего жирного масла, которая составляет 30–48% от сухого вещества, в него входят пальмитиновая жирная кислота в количестве 6,0–7,0%, стеариновая – 2,5–3,5%, линоленовая – 18,4–46,8%, линолевая – 21,5–70,0%, олеиновая – 2,1–17,8%. Содержание белка в семенах льна может изменяться в диапазоне от 17 до 35%, содержание углеводов – от 11 до 27%. Также в льняном семени имеются органические кислоты, витамины, минеральные вещества, ферменты, стеролы [2, 5, 10].



Семена льна являются источником оксофитоновых кислот, выделенных из  $\alpha$ -линоленовой кислоты. Путем биосинтеза из данных кислот можно получить простагландин A<sub>2</sub>-жасмон, кукурбовую и жасмоновую кислоты. В сортах льна с желтыми семенами были выделены подофилотоксиновые лигнаны, в том числе секоизоларицинол, который обладает противовоспалительными свойствами. Также в льняном семени имеется около 30% каротиноидов и 50% токоферолов. В стериновой фракции льняного масла содержится 41%  $\beta$ -ситостерина, 26% кампостерина, 13%  $\delta$ -авенастерина, 9% циклоартенола, 2% метилциклоартенола и 2% холестерина. В данной культуре содержатся линоцинамарин-гликозид метилового эфира гидроксамовой кислоты, а также метиловый эфир  $\beta$ -окси- $\beta$ -метилоглутаровой кислоты.

Но вместе с тем семена льна значительно отличаются своим химическим составом.

В связи с этим представляется целесообразным проведение исследований химического состава различных сортов льна.

**Целью работы** является оценка химического состава новых селекционных линий льна масличного «Уральский» и «Уральский желтый», которые были выращены в Свердловской области на темно-серых лесных почвах тяжелого гранулометрического состава.

#### Методы исследований

Исследования проводили в лабораториях Уральского государственного экономического университета и на предприятии ООО «БОБ». На современном оборудовании был изучен химический состав, в том числе жирнокислотный состав семян нескольких сортов образцов, выращенных в полевых условиях в ФГБНУ «Уральский НИИСХ» в 2018 г. по стандартным методикам (табл. 1).

#### Результаты исследований

Содержание белка в семенах льна составляет от 17,6 до 17,8%, углеводов – 28,7% у исследуемых сортов семян льна, пищевые волокна – 27,4–27,2%. Количество минеральных веществ преобладает у сорта «Уральский» по сравнению с сортом «Уральский желтый» в отношении натрия – на 2%, фосфора – на 1%. Обратная тенденция наблюдается в отношении железа и марганца. Так, у сорта «Уральский желтый» содержание железа выше на 11%, мар-

ганца – на 13% по сравнению с сортом «Уральский». Большую часть витаминов, которые содержатся практически в равнозначных количествах в представленных сортах семян льна, составляют витамины группы B, PP, E и K.

Таким образом, химический состав семян льна различных сортов характеризуется наличием необходимых микронутриентов, таких как: полиненасыщенные жирные кислоты, витамины, минеральные вещества, пищевые волокна, незаменимые аминокислоты, лигнаны. Они осуществляют регуляторные функции в организме человека, оказывают благотворное влияние на иммунномоделирующие процессы, стимулируют иммунопротекторные свойства метаболизма на клеточном уровне, способствуют компенсированию восстановительных процессов и снижению развития изменений воспалительного характера.

Семена льна содержат также незаменимые аминокислоты, доля которых в общей массе белка составляет 35–40% [7]. Отмечено высокое содержание следующих незаменимых аминокислот: лейцин, валин, изолейцин, фенилаланин + тирозин. В небольшом количестве содержится метионин + цистеин и триптофан (табл. 2).

Следует отметить, что аминокислотный скор не соответствует предполагаемому уровню белка по шкале FAO/WHO по содержанию лизина, метионина и цистина. Лимитирующими аминокислотами семян льна являются метионин и цистеин. Высоким скором обладают такие незаменимые аминокислоты, как валин, изолейцин, лейцин, гимтидин и треонин.

В семенах льна отмечается высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот, что делает семена льна продуктом, обладающим лечебно-профилактическими свойствами для людей, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями [1].

В таблице 3 представлено содержание масла в семенах различных сортов льна масличного и его жирнокислотный состав (табл. 3).

Семена льна сорта «Уральский желтый» отличаются низким содержанием линоленовой кислоты, которая составляет 14,68%, и очень высокой долей линолевой кислоты (58,21%). Линолевая кислота повышает устойчивость льняного масла к окислению при хранении. Сорт «Уральский» отличается пониженным содержанием линолевой кислоты (15,37%).

Таблица 1 – Химический состав различных сортов семян льна (2018 г.)

Наименование показателей	Содержание	
	Сорт «Уральский»	Сорт «Уральский желтый»
Белки, г	17,6	17,08
В т.ч. незаменимые аминокислоты, г		
Валин	1,07	1,06
Изолейцин	0,90	0,86
Лейцин	1,25	1,23
Гистидин	0,47	0,45
Лизин	0,81	0,87
Метионин + цистеин	0,35	0,40
Триптофан	0,30	0,32
Треонин	0,72	0,73
Фенилаланин + тирозин	0,97	1,02
Заменимые аминокислоты, г		
Аргинин	1,96	1,95
Аланин	0,6	0,36
Цистеин	0,12	0,24
Гидроксипролин	0,18	0,17
Глицин	1,25	1,28
Глутаминовая кислота	4,04	4,01
Пролин	0,81	0,82
Серин	0,97	1,01
Тирозин	0,49	0,42
Цистеин	0,34	0,30
Жиры, г	45,2	44,8
Углеводы, г	28,7	28,7
Моно- и дисахариды, г	1,3	1,5
Пищевые волокна, г	27,4	27,2
Зола, г	3,69	3,56
Минеральные вещества, мг:		
Натрий, Na	30,6	30
Калий, K	816	813
Кальций, Ca	255	256
Магний, Mg	394	393
Фосфор, P	647	642
Железо, Fe	5,1	5,7
Марганец, Mn	2,46	2,48
Селен, Se	25,6	25,4
Цинк, Zn	4,35	4,34
Витамины:		
B <sub>1</sub> , мг	1,65	1,64
B <sub>2</sub> , мг	0,16	0,13
B <sub>4</sub> , мг	78,2	78,6
B <sub>5</sub> , мг	1,01	0,99
B <sub>6</sub> , мг	0,48	0,49
B <sub>9</sub> , мг	87	86
PP, мг	3,04	3,08
Лютеин + Зеаксанти, мкг	655	651
E, мг	0,36	0,31
K, мкг	4,4	4,2





Содержание других исследуемых жирных кислот в исследуемых сортах льна достоверных отличий не имеет. Установлено, что большей масличностью обладает сорт «Уральский» (46,2%), однако устойчивостью к окислению характеризуется сорт «Уральский желтый», который содержит высокую долю линолевой кислоты [2].

Углеводы в льняном семени богаты некрахмальными полисахаридами и лигнином. Из некрахмальных полисахаридов можно выделить целлюлозу, пектиновые вещества, клетчатку. Большая часть геммицеллюлоз содержится в оболочке, в которой могут образовываться слизи при размокании. Слизь семени льна является ценным продуктом, который может использоваться в фармакопее.

Углеводный состав слизей в семенах различных сортов льна представлен на рисунке 1.

Углеводный состав слизей показывает, что содержание галактозы в семени льна сорта «Уральский желтый» меньше на 15%, тенденция уменьшения проявляется и в отношении

рамнозы на 30% по сравнению с льняным семенем сорта «Уральский». Глюкозы и ксилозы в сорте «Уральский желтый» больше на 15% и 30%, соответственно, по сравнению с сортом «Уральский».

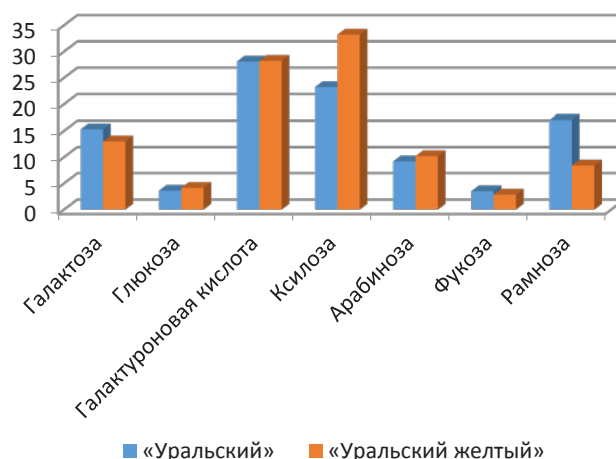


Рис. 1. Содержание углеводов в семенах различных сортов льна

Таблица 2 – Биологическая ценность белков семени льна различных сортов (2018 г.)

Незаменимые аминокислоты	Предлагаемый уровень по шкале FAO/WHO, мг/1 г белка	Содержание белка в семенах льна, мг/1 г белка		Скор аминокислот	
		Сорт «Уральский»	Сорт «Уральский желтый»	Сорт «Уральский»	Сорт «Уральский желтый»
Валин	5,0	6,08	6,21	1,22	1,24
Изолейцин	4,0	5,11	5,04	1,28	1,26
Лейцин	7,0	7,10	7,20	1,01	1,03
Гистидин	1,5	2,67	2,63	1,78	1,76
Лизин	5,5	4,60	5,09	0,84	0,93
Метионин + цистеин	3,5	1,99	2,34	0,57	0,67
Треонин	4,0	4,09	4,27	1,02	1,07
Фенилаланин + тирозин	6,0	5,51	5,97	0,92	1,00

Таблица 3 – Содержание масла в семенах различных сортов льна и его жирнокислотный состав (2018 г.)

Показатель	Сорта льна масличного	
	«Уральский»	«Уральский желтый»
Содержание масла, %	46,2	44,8
Состав жирных кислот, % от общего содержания:		
Пальмитиновая	4,68	5,13
Стеариновая	3,88	3,75
Олеиновая	17,41	17,02
Линолевая	15,37	59,00
Линоленовая	58,21	14,68

К водорастворимым волокнам относятся слизи, пектин, камеди и некоторые дериваты целлюлозы. К водонерастворимым относят лигнин и целлюлоза. Можно выделить процентное соотношение водорастворимых и водонерастворимых пищевых волокон семени льна – 15:35 [8, 9]. Данные вещества можно определить как сумму лигнинов и полисахаридов, которые не могут перевариваться секретами желудочно-кишечной системы. Семена льна также богаты лигнанами (0,3 г/100 г продукта), которые обладают противоонкологическими, антиоксидантными свойствами, способствует предотвращению развития атеросклероза и сахарного диабета.

Проведена сравнительная оценка химического состава льняной муки, выработанной из сортов «Уральский» и «Уральский желтый», и муки пшеничной хлебопекарной 1 сорта (табл. 4).

Установлено, что льняная мука обладает высоким содержанием белка, золы, пищевых волокон, минеральных веществ и витаминов по сравнению с мукой пшеничной 1-го сорта. Так, содержание натрия в муке льняной в 3,75 раза больше по сравнению с мукой пшеничной 1-го сорта; содержание калия в муке из семян льна в 2,4 раза превышает содержание данного микронутриента в пшеничной муке; кальция больше в 4,7 раза; магния – в 3,6 раза; меди – в 2,7 раза. Витамина В<sub>9</sub> в муке льня-

Таблица 4 – Химический состав льняной муки, выработанной из сортов «Уральский» и «Уральский желтый», и муки пшеничной 1-го сорта

Наименование показателей	Содержание		
	Мука из семян льна сорта «Уральский»	Мука из семян льна сорта «Уральский желтый»	Мука пшеничная 1-го сорта
Вода, г	10,0	10,2	14,0
Белки, г	17,6	17,08	10,6
Углеводы, г	28,7	28,7	73,4
Пищевые волокна, г	4,4	4,2	0,2
Зола, г	2,37	2,46	0,7
Минеральные вещества, мг:			
Na	15,00	15,30	4
K	424,59	426,16	176
Ca	113,78	113,33	24
Mg	160,11	160,52	44
P	199,54	201,09	115
Fe	2,22	1,98	2,1
Zn	1,57	1,57	1,01
Cu, мкг	467,23	490,21	180
Mn	0,74	0,73	1,12
Селен, Se, мкг	5,26	5,30	6
Витамины:			
В <sub>1</sub> , мг	0,93	0,94	0,25
В <sub>2</sub> , мг	0,07	0,09	0,08
В <sub>4</sub> , мг	31,44	31,28	76
В <sub>5</sub> , мг	0,58	0,59	0,5
В <sub>6</sub> , мг	0,29	0,28	0,22
В <sub>9</sub> , мг	74,46	75,33	35,5
PP, мг	1,70	1,68	4,3
Лютеин+Зеаксанти, мкг	455,7	458,5	–
E, мг	0,19	0,22	1,8
K, мкг	3,02	3,04	–



ной больше в 2,1 раза по сравнению с мукой пшеничной 1-го сорта. В муке из семян льна содержится в относительно высоких количествах лютеин и витамин К.

Химический состав муки из семян льна различных сортов можно охарактеризовать как обладающий высокой концентрацией эссенциальных компонентов и физиологически активных веществ, необходимых для полноценного функционирования организма.

### Выводы

В результате исследований химического состава новых селекционных линий льна масличного «Уральский» и «Уральский желтый», выращенных в Свердловской области на темно-серых лесных почвах тяжелого гранулометрического состава, доказано, что в семенах указанных культур содержится значительное количество белка (17,08–17,6%), представленного незаменимыми (валин, изолейцин, лейцин, гистидин и др.) и заменимыми (аргинин, аланин, глицин и др.) аминокислотами, лимитирующими аминокислотами семян льна являются метионин и цистеин. Высоким скором обладают валин, изолейцин, лейцин, гистидин и треонин.

Жирные кислоты в семенах льна присутствуют в количестве 44,8–46,2% и представлены полиненасыщенными жирными и насыщенными жирными кислотами (пальмитиновая, стеариновая, олеиновая и др.). В семенах льна отмечается высокое содержание макроэлементов (натрий, калий, фосфор) и микроэлементов (железо, селен, цинк и др.), витаминов группы В и витамина К и Е.

Углеводы семени льна представлены слизями, которые являются ценным продуктом с медицинской точки зрения. В желтых сортах семени льна содержится больше ксиллозы и глюकोзы по сравнению с коричневыми.

Мука из семян льна из сортов «Уральский» и «Уральский желтый», соответственно, отличается от муки пшеничной высоким содержанием макро- (белок, жир, углеводы) и микронутриентов (минеральные вещества, витамины К и Е) от муки пшеничной.

Полученные данные химического состава новых селекционных линий семян льна масличного «Уральский» и «Уральский желтый» позволяют рекомендовать использовать как семена, так и продукты его переработки для

производства пищевой продукции, в том числе функциональной направленности.

### Список литературы

1. Гореева В. Н., Корепапова Е. В., Кошкина К. В. Содержание жира и сбор масла коллекционными образцами льна масличного // Вестник Ижевской ГСХА. 2012. № 3. С. 6–7.
2. Колотов А. П. Качество основной продукции льна масличного в условиях Среднего Урала // Пермский аграрный вестник. 2017. № 2 (18). С. 23–28.
3. Московенко Н. В., Степанов В. В. Производство функциональных продуктов на основе микрочлонируемой клубники // Продовольственная безопасность : матер. Междунар. конф. науч.-исслед. проектов молодежи. Екатеринбург, 2014. С. 125–126.
4. Московенко Н. В., Тихонова Н. В. Исследование потребительских свойств обогащенных экструзионных пищевых продуктов // Потребительский рынок: качество и безопасность товаров и услуг : матер. VIII Междунар. науч.-практ. конференции. Орел, 2015. С. 352–356.
5. Лукомец В. М. Научное обеспечение производства масличных культур. Краснодар, 2006. 216 с.
6. Московенко Н. В., Тихонова Н. В., Тихонов С. Л. Пищевая ценность обогащенных плодово-ягодных полуфабрикатов в процессе хранения // Пища, экология, качество : тр. XIII Междунар. науч.-практ. конференции. Красноярск, 2016. С. 356–360.
7. Поляков А. В., Загоскина Н. В. Лен как источник пищевого белка и незаменимых аминокислот // Клиническая фитотерапия и фитохитодезтерапия, биологически активные пищевые добавки (БАД). Черноголовка, 2009. С. 128–132.
8. Пономарева М. Л., Краснова Д. А. Селекционно-генетические аспекты изучения льна масличного в условиях Республики Татарстан. Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2010. 144 с.
9. Углеводный состав слизи из семян льна и его связь с морфологическими признаками / Е. А. Пороховинова, А. В. Павлов, Н. Б. Брач, К. Морван // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. С. 161–171.
10. Особенности химического состава семян некоторых масличных культур / И. В. Шведов [и др.] // Научно-технические аспекты производства экологически чистых масел, белковых

продуктов с высокими потребительскими качествами : сб. докл. Междунар. науч.-производств. конф. «Технологические свойства новых гибри-

дов и сортов масличных и эфиромасличных культур. Краснодар, 2003. С. 80–87.

---

**Московенко Надежда Владимировна**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

E-mail: mik\_ml@mail.ru.

**Тихонов Сергей Леонидович**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

E-mail: tihonov75@bk.ru.

**Тихонова Наталья Валерьевна**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

E-mail: tihonov75@bk.ru.

\* \* \*



## AGRONOMIC SCIENCES

### Soil biota in the agricultural system

V. L. Astafiev

The soil-protective system of agriculture in the northern regions of Kazakhstan reduced wind erosion, but also revealed a number of significant problems associated with the re-compaction of arable and subsurface horizons as a result of intensively used chemical plant protection products. Biological processes in the soil were disrupted, field fertility and production stability in dry years were reduced. The paper deals with the issues concerning the development of biological processes in order to activate them to stabilize agriculture in dry steppes.

*Keywords:* grain monoculture, zero tillage technology, humus, soil fungi and bacteria, mycorrhiza, soil biota, fruit change, cover crops.

#### References

1. Okunev G. A., Shepelev S. D., Marini S. P. Proektirovanie i organizaciya mashinoispol'zovaniya v sel'skom khozyajstve. Chelyabinsk, 2015. S. 136.
2. Ekspluatacionno-tekhnologicheskie pokazateli traktorov / G. A. Okunev, S. D. Shepelev, N. A. Kuznecov, V. L. Astaf'ev. Chelyabinsk, 2014. S. 184.
3. Dvurechenskij V. I. Vozdelyvanie zernovykh kul'tur na osnove novej vlagosberegayushhej tekhnologii i sovremennoj tekhniki // Pravila vzdelyvaniya sel'skoxozyajstvennykh kul'tur. Kostanaj : TOO «Izdatel'skij dom», 2004. 62 s.
4. Okunev G. A., Kuznecov N. A., Raximov I. R. Tendencii razvitiya mexanizirovannykh processov v zemledelii // APK Rossii. 2004. T. 68. S. 53–59.
5. Filippov A. S., Nemchenko V. V. Tekhnologii primeneniya gerbicidov na zernovykh kul'turax v usloviyax minimal'noj obrabotki pochvy. Kurtamysh : OOO «Kurtamyshskaya tipografiya», 2016. 100 s.
6. Sulejmenov M. K. Zhelto-zelenaya revolyuciya v zemledelii Kanady. Almaty : OFPPI «Interpi-gal», 2008. 240 s.
7. Cavan G., Cussans J., Moss S. Managing the risks of herbicide resistance in wild oat. Weed Sci. 2001. № 49. P. 236–240.
8. Kuznecov A. I. Prirodnoe organicheskoe zemledelie. M. : ILKO, 2016. 39 s.
9. Pryanishnikov D. N. Sevooborot i ego znachenie v dele podnyatiya nashix urozhaev // Izbrannye trudy. M. : Nauka, 1976. S. 372–403.
10. Astaf'ev V. L. Sevooborot i zashhita rastenij v usloviyax zasushlivogo zemledeliya // APK Rossii. 2020. T. 27. № 1. S. 407–412.

**Astafiev Vladimir Leonidovich**, D. Sc. (Engineering), Professor, Director, Kostanay Branch, TOO “Scientific and Production Center for Agricultural Engineering”.

E-mail: vladast01@mail.ru.

### Studying experimentally the effect of treating wheat seeds with a magnetic field on their water absorption

A. T. Akhmetshin, D. T. Atnagulov, T. K. Mukhamedyanova

The paper presents the results of studying the effect of a gradient magnetic field on the activation of wheat grain water absorption. The dependences of water absorption of wheat grain on the magnitude of magnetic induction and the movement speed of seeds in a gradient magnetic field are established. The most effective treatment modes for wheat seeds of the variety “Bashkirskaya” were determined with the permanent magnets of the modernized installation “Cyclone-30”.

*Keywords:* presowing treatment, magnetic field, permanent magnet, wheat seeds, experiment, technological modes, moisture capacity of seeds.

### References

1. Vaxnina G. N. Soderzhatel'noe opisanie funkcional'noj modeli resursosberegayushhej texnologii s magnitnym polem postoyannyx magnitov // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyx i fundamental'nyx issledovanij*. 2017. № 5. Ch. 1. S. 17–22.
2. Savchenko V. V., Sinyavskij A. Yu. Vliyanie energeticheskoy dozy obrabotki v magnitnom pole na posevnye kachestva semyan sel'skoxozyajstvennyx kul'tur // *Innovacii v sel'skom xozyajstve*. 2016. № 3 (18). S. 96–102.
3. Staruxin R. S. Povyshenie effektivnosti predposevnoj obrabotki semyan yarovoj pshenicy s ispol'zovaniem nizkochastotnogo elektricheskogo polya : avtoref. dis. ... kand. texn. nauk. Barnaul, 2012. 23 s.
4. Mexanizm uvelicheniya vodopogloshheniya semyan pod vozdejstviem magnitnogo polya / K. X. Popandopulo, N. V. Ksenz, I. G. Sidorcov, B. N. Sorokin // *Vestnik agrarnoj nauki Dona*. 2010. № 1. S. 10–15.
5. Verxov D. G. Vliyanie peremennogo magnitnogo polya na fizicheskie xarakteristiki slozhnyx mnogokomponentnyx sistem v vodnoj srede : dis. ... kand. fiz.-mat. nauk. Saratov, 2016. 116 s.
6. Bogatina N. I., Shejkina N. V. Vliyanie magnitnyx polej na rasteniya // *Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Ser. : Biologiya, ximiya*. 2010. T. 23 (62). № 4. S. 45–55.
7. Lednev V. V. Bioeffekty slabyx kombinirovannyx, postoyannyx i peremennyx magnitnyx polej // *Biofizika*. 1996. T. 41. № 1. S. 224–232.
8. Xolodov Yu. A. Vliyanie magnitnyx polej na biologicheskie ob'ekty / pod red. Yu. A. Xolodova. M. : Nauka, 1971. 215 s.

**Akhmetshin Arthur Talgatovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department “Power Supply and Automation of Technological Processes”, Bashkir State Agrarian University.  
E-mail: artur-2506@mail.ru.

**Atnagulov Dinar Talgatovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department “Power Supply and Automation of Technological Processes”, Bashkir State Agrarian University.  
E-mail: dinar-atnagulov@yandex.ru.

**Mukhamedyanova Tansulpan Kamilovna**, 2<sup>nd</sup>-year undergraduate student, Bashkir State Agrarian University.  
E-mail: t.mukhamedyanova@mail.ru.

### Ecological and geographical testing of Chelyabinsk potato varieties in Kyrgyzstan

**A. A. Vasiliev, O. V. Gordeev, A. Zh. Asanaliev, V. A. Sultanbaeva,  
T. T. Dergileva, T. A. Aydaraliev, N. D. Duyshembiev**

An assessment of the adaptive potential of potato varieties of the Chelyabinsk selection was made in Chelyabinsk Oblast in 2015-2019, with the ecologically plastic and stable Kavalier variety (43.6 t/ha;  $b_i = 1.22$ ;  $S_i^2 = 49.9$ ) and the plastic, but not stable Kashtak variety (45.8 t/ha;  $b_i = 1.16$ ;  $S_i^2 = 72.9$ ) being singled out. Itsil (47.0 t/ha;  $b_i = 1.80$ ) and Bracelet ( $b_i = 1.64$ ) as the varieties of the intensive type had high productivity. Among the neutral varieties, the mid-ripening Kuzovok variety (40.3 t/ha) was singled out due to its high productivity. The varieties Itsil (18.0%), Kashtak (17.7%) and Kavalier (17.2%) were distinguished due to their high starchiness of tubers as they provide the starch at the amount of 7.50-8.47 t/ha from a unit area. The potato variety Gubernator is suitable for dietary nutrition, the starch



content in its tubers being 13.4%. The ecological and geographical tests of Chelyabinsk potato varieties in the Republic of Kyrgyzstan made it possible to single out the varieties promising for this region. In 2019 Gubernator variety formed a tuber yield of 39.8 t/ha, and the mid-season Kavalier variety 39.0 t/ha, which corresponded to the productivity level of Jelly variety (39.7 t/ha), zoned in Kyrgyzstan.

*Keywords:* potato, variety, plasticity, stability, ecological-geographical test, Kyrgyzstan, productivity, starchiness.

### References

1. Application of tissue culture techniques in potato / T. P. Morais [et al.] // *Bioscience Journal*. 2018. Vol. 34. № 4. P. 952–969.
2. Asanaliev A. Zh. Pishhevaya i semennaya cepochki v sel'skom xozyajstve Kyrgyzstana i trgovlya // *Doklady Tadzhijskoj akademii sel'skoxozyajstvennyx nauk*. 2015. № 3 (45). S. 17–26.
3. Karabaev N. A., Dujshembiev N. D., Karabaev N. N. Realii i perspektivy razvitiya kul'tury zemledeliya strany // *Izvestiya vuzov Kyrgyzstana*. 2016. № 11–1. S. 65–69.
4. Annenkov B. G., Glaz N. V., Pobedina I. A. Nauchno-metodicheskie osnovy sozdaniya, ispytaniya i vnedreniya virusoustojchivyx sortov kartofelya v rossijskom Priamur'e // *Sovremennye bioteknologicheskie i fitopatologicheskie issledovaniya v Rossijskom Priamur'e : sb. nauch. trudov*. Xabarovsk, 1998. S. 13–21.
5. Vasilev A. A., Gorbunov A. K. Problems of Obtaining Planned Potato Harvests in the Southern Urals // *Russian Agricultural Sciences*. 2018. Vol. 44. № 6. P. 510–515.
6. Ekologicheskaya plastichnost' i stabil'nost' sortov kartofelya selekcii Kostanajskogo NIISX / N. V. Glaz [i dr.] // *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2019. № 2 (50). S. 13–22.
7. Dergilev V. P., Dergileva T. T. Selekcija kartofelya s ispol'zovaniem ekologicheskogo ispytaniya // *Selekcija, semenovodstvo i texnologiya plodovo-yagodnyx kul'tur i kartofelya : sb. nauch. tr. Chelyabinsk*, 2007. T. IX. S. 78–85.
8. Dergileva T. T. Rezul'taty ekologicheskogo ispytaniya sortov i gibridov kartofelya v usloviyax Yuzhnogo Urala // *Sorta i texnologii vozdeljvaniya kartofelya v sovremennyx usloviyax : mater. XIX Innovacionnogo sojeta NIU Urala, Zapadnoj Sibiri, Povolzh'ya i Severnogo Kazaxstana po kartofel'evodstvu*. Kazan', 2013. S. 53–57.
9. Dergileva T. T., Udovickij A. S. Ekologicheskoe ispytanie inostrannyx sortov kartofelya na Yuzhnom Urale // *Selekcija, semenovodstvo i texnologiya plodovo-yagodnyx kul'tur i kartofelya : sb. nauch. tr. Chelyabinsk*, 2015. T. XVII. S. 273–280.
10. Metodika issledovanij po kul'ture kartofelya. M., 1967. 262 s.
11. Mezhdunarodnyj klassifikator SEV vidov kartofelya sekcii Tuberosum (DUM), BUK roda Solanum L. / *Vsesoyuznyj NII rastenievodstva im. N. I. Vavilova*. L., 1984. 44 s.
12. Dospexov B. A. Metodika polevogo opyta. M. : Agropromizdat, 1985. 351 s.
13. Metodika fiziologo-bioximicheskix issledovanij kartofelya. M., 1989. 142 s.
14. Zykin V. A., Meshkov V. V., Sapega V. A. Parametry ekologicheskoy plastichnosti sel'skoxozyajstvennyx rastenij, ix raschet i analiz: metodicheskie rekomendacii. Novosibirsk, 1984. 23 s.
15. Hammer O. D., Harper A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // *Palaeontologia Electronica*. 2001. № 1. P. 1–9.
16. Osborne J. W. Improving your data transformations: Applying the Box-Cox transformation // *Practical Assessment, Research & Evaluation*. 2010. V. 15. № 12. P. 1–9.

**Vasiliev Aleksandr Anatolyevich**, D. Sc. (Agriculture), leading researcher of the Potato Department, Ural Federal Agrarian Research Centre, UB RAS.

E-mail: kartofel\_chel@mail.ru.

**Gordeev Oleg Vlasovich**, D. Sc. (Agriculture), Head of the Potato Department, senior researcher, Ural Federal Agrarian Research Centre, UB RAS.

E-mail: kartofel\_chel@mail.ru.

**Asanaliyev Abdybek Zheksheevich**, D. Sc. (Agriculture), Associate Professor, Scientific Secretary, the Kyrgyz National Agrarian University named after K.I.Skryabin.

E-mail: knau-info@mail.ru.

**Sultanbaeva Victoria Asanovna**, Head of the Department of Plant Production and Plant Protection, the Kyrgyz National Agrarian University named after K.I.Skryabin.

E-mail: knau-info@mail.ru.

**Dergileva Tamara Tikhonovna**, senior researcher of the Potato Department, Ural Federal Agrarian Research Centre, UB RAS.

E-mail: kartofel\_chel@mail.ru.

**Aydaraliyev Taalaibek Alimbekovich**, Cand. Sc. (Agriculture), Director of the Department for the Examination of Crops, the Ministry of Agriculture, Food Industry and Land Reclamation of the Kyrgyz Republic.

E-mail: knau-info@mail.ru.

**Duyshebiev Nurdin Duishembievich**, D. Sc. (Agriculture), Associate Professor, the Kyrgyz National Agrarian University named after K.I.Skryabin.

E-mail: knau-info@mail.ru.

### **Assessing the adaptive potential of the potato collection of South Ural Research Institute of Horticulture and Potato**

**A. A. Vasiliev, T. T. Dergileva, V. P. Dergilev**

Evaluation of 217 varieties of the potato collection according to environmental plasticity and stability parameters made it possible to single out 114 varieties highly adaptive to the conditions of the Southern Urals. Under the conditions of global climate changes, 24 varieties of potatoes that combine ecological plasticity and crop stability (including the Chelyabinsk varieties Kavalier, 06.547.11 and 08.17.1) are the most interesting for further selection. In the selection process 21 plastic varieties with high or increased productivity, but insufficiently stable (including Kashtak and 05.62.13 local selection) will be used. 45 varieties of the intensive type with high responsiveness to improving growing conditions are of particular importance for science and practice. Among them there are 8 varieties of the Chelyabinsk selection (Itsil, Spiridon, Tarasov, 94.14.6, 2097/16, 05.60.24, 04.2.13, 06.18.7). To increase the stability of potato growing highly productive neutral-type varieties that are not responsive to the deterioration of growing conditions are of interest. There are 20 such varieties in the Chelyabinsk collection, four of which are the samples of local selection (98.1.29, 04.1.97, 05.22.57 and 09.23.30).

*Keywords:* potato, variety, productivity, ecological plasticity, stability, adaptability.

#### **References**

1. Annenkov B. G., Glaz N. V., Pobedina I. A. Nauchno-metodicheskie osnovy sozdaniya, ispytaniya i vnedreniya virusoustojchivykh sortov kartofelya v rossijskom Priamur'e // *Sovremennye bioteknologicheskie i fitopatologicheskie issledovaniya v Rossijskom Priamur'e* : sb. nauch. tr. Xabarovsk, 1998. S. 13–21.
2. Bukasov S. M., Kameraz A. Ya. Osnovy selekcii kartofelya. M., 1959. 528 s.
3. Glaz N. V., Vasil'ev A. A. Izmenenie klimata // *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2018. № 4. S. 32–39.
4. Dergacheva N. V. Ocenka plastichnosti sortov kartofelya v usloviyax lesostepnoj zony Zapadnoj Sibiri // *Selekciya, semenovodstvo i texnologiya plodovo-yagodnyx kul'tur i kartofelya sbornik nauchnyx trudov* : sb. nauch. tr. Chelyabinsk, 2012. T. XIV. S. 141–146.





5. Dospexov B. A. Metodika polevogo opyta. M. : Agropromizdat, 1985. 351 s.
6. Zykin V. A., Meshkova V. V., Sapega V. A. Parametry ekologicheskoy plastichnosti sel'skoxozyajstvennyx rastenij, ix raschet i analiz : metod. rekomendacii. Novosibirsk, 1984. 23 s.
7. Kiselev E. P., Novoselov A. K. Selekcija i semenovodstvo kartofelya na Dal'nem Vostoke : monografiya. Xabarovsk, 2001. Ch. 1. 162 s.
8. Loginov Yu. P., Kazak A. A. Ekologicheskaya plastichnost' v usloviyax Tyumenskoj oblasti // Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № 1. S. 24–28.
9. Metodika issledovanij po kul'ture kartofelya. M., 1967. 262 s.
10. Muxametshin I. G. Ekologicheskaya plastichnost' i stabil'nost' sortov kartofelya v usloviyax Udmurtskoj Respubliki // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 6. S. 245–249.
11. Fedotova L. S., Kravchenko A. V. V izmenyayushhixsya klimaticheskix usloviyax nuzhny novye podxody k vozdeleyvaniyu kartofelya // Kartofel' i ovoshhi. 2011. № 2. S. 20–22.
12. Shanina E. P., Klyukina E. M. Prioritetnye napravleniya v selekcii kartofelya na Srednem Urале i puti ix resheniya // Kartofelevodstvo Rossii: aktual'nye problemy nauki i praktiki : mater. Mezhdunar. kongressa «Kartofel'. Rossiya-2007». M., 2007. S. 56–58.

**Vasiliev Aleksandr Anatolyevich**, D. Sc. (Agriculture), leading researcher of the Potato Department, Ural Federal Agrarian Research Centre, UB RAS.  
E-mail: kartofel\_chel@mail.ru.

**Dergileva Tamara Tikhonovna**, senior researcher of the Potato Department, Ural Federal Agrarian Research Centre, UB RAS.  
E-mail: kartofel\_chel@mail.ru.

**Dergilev Vasily Petrovich**, Cand. Sc. (Agriculture), senior researcher of the Potato Department, Ural Federal Agrarian Research Centre, UB RAS.  
E-mail: kartofel\_chel@mail.ru.

### **Studying the smooth brome collection under the extreme Oymyakon conditions**

**A. Z. Platonova, N. E. Pavlov**

The article presents the research materials by the honored agronomist of the Republic of Sakha (Yakutia) Z.G. Efimova and A.Z. Platonova during 1997-2001 in the Oymyakon conditions of the Republic of Sakha (Yakutia). The collection of smooth brome, Irkutsk brome, Karavaev's brome and meadow brome from the VIR world collection was taken as an object of research. The subject of the study is the agrobiological features of different brome types in the very extreme conditions of Oymyakon. The purpose of the work is extensive assessing of the collection of different brome types with selecting the most promising forms for further selection in the Republic of Sakha (Yakutia). The research results showed that to create promising source material in the Far North the local wild-growing forms (Karavaev's brome, Irkutsk brome and smooth brome) are more suitable, since other samples from other regions in the VIR world collection do not survive in the harsh Oymyakon wintering conditions. From the studied samples of the collection, ten best samples from Central Yakutia and Oymyakon (the Republic of Sakha (Yakutia)) were singled out according to their economically valuable traits. Four samples in the 4-5<sup>th</sup> year of plant life provided the yield of green mass of 640...2277 g/m<sup>2</sup>, seed productivity of 21...22.5 g/m<sup>2</sup>, six samples in the 3-4<sup>th</sup> year of life formed the yield of green mass 991.5...1433 g/m<sup>2</sup> (HCP<sub>05</sub> = 15.2 g/m<sup>2</sup>) with the seed yield of 17.5...28.5 g/m<sup>2</sup>, which exceeded the standard Kamalinsky 14 variety by 2.4...3 times (HCP<sub>05</sub> = 1.7 g/m<sup>2</sup>). At the same time, the assessment of resistance to winter grazing showed that the root mass on the arable horizon of the soil was 0.4 kg/m for the standard, and

four samples had the maximum increase of 1.2...1.32 kg/m<sup>2</sup>, two samples in the 4<sup>th</sup> year of life had 0.9...0.95 kg/m<sup>2</sup> (HCP<sub>05</sub> = 0.7 kg/m<sup>2</sup>).

*Keywords:* smooth brome, winter hardiness, productivity, sum of active temperatures, root system.

### References

1. Andreev N. G., Savickaya V. A. Koster bezostyj. M. : Kolos, 1982. 175 s. : il.
2. Goncharov N. P., Goncharov P. L. Metodicheskie osnovy selekcii rastenij / otv. red. V. K. Shumnyj. Izd. 2-e, pererab, i dop. Novosibirsk : Geo, 2009. S. 159–161.
3. Emel'yanova A. G., Platonova A. Z., Gabysheva N. N. Sorta kostreca bezostogo pri introdukcii na vtoroj nadpojmennoj terrase doliny srednej Leny // Kormoproizvodstvo. 2017. № 6. S. 28–32.
4. Efimova A. Z. Agroekologicheskoe obosnovanie vozdeleyvaniya kostreca bezostogo (BROMOPSIS INERMIS (LEYSS.) HOLUB) na semena v YAKUTII : avtoref. dis. ... kand. s.-x. nauk. Yakutsk, 2004. 24 s. : il.
5. Efimov Z. G., Efimova A. Z., Slepцова A. I. Osnovy vozdeleyvaniya kostreca bezostogo na semena v usloviyax Central'noj Yakutii / RASXN. Sib. otd-e Yakut. NIISX. Yakutsk, 2002. 56 s.
6. Zhrebina Z. N. Koster bezostyj // Rasteniyevodstvo SSSR. M., 1933. T. 1. Ch. 2. S. 507–518.
7. Kostrec bezostyj // Al'yans Samara. Semena mnogoletnix i odnoletnix trav. Rezhim dostupa : <http://www.samara-gost.narod.ru/kostrec.html> (data obrashheniya 22.01.2016).
8. Kashevarov N. I., Tyuryukov A. G., Osipova G. M. Urozhajnost' kostreca bezostogo v raznyx prirodno-klimaticheskij zonax Sibiri // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2015. T. 29. № 11. S. 81–83.
9. Osipova G. M. Kostrec bezostyj (Osobennosti biologii i selekcii v usloviyax Sibiri) / RASXN ; Sib. otd-nie ; Sib.NII kormov. Novosibirsk, 2006. 228 s.
10. Vliyanie vlagoobespechennosti i vozrasta travostoya kostreca bezostogo na urozhajnost' v raznyx prirodno-klimaticheskix zonax / G. M. Osipova, N. I. Filippova, V. G. Danilov, S. V. Serikpaeva // Sibirskij vestnik sel'skoxozyajstvennoj nauki. Novosibirsk, 2013. № 2. S. 48.
11. Platonova A. Z. Zimostojkost' kostreca bezostogo v Central'noj YAKUTII // Vestnik SVFU. Yakutsk, 2016. № 4 (54). S. 37–40.
12. Platonova A. Z., Petrova L. V. Adaptivnye selekcionnye processy u ovsa i kostreca bezostogo v usloviyax Xangalasskogo ulusa Respubliki Saxa (Yakutiya) // Zernovoe xozyajstvo Rossii. 2015. № 3. S. 96–108.
13. Pavlov N. E., Tomskaya F. G., Sofronova E. P. Introdukcija i selekcija kormovyx trav v Yakutii (pyrejnik sibirskij, kostrec bezostyj, lomkokolosnik sitnikovyy) / Rossijskaya akademiya sel'skoxozyajstvennyx nauk, Sibirskoe otdelenie, Yakutskij nauchno-issledovatel'skij institut sel'skogo xozyajstva im. M. G. Safronova. Novosibirsk, 2006. 237 s.

**Platonova Agafya Zakharovna**, Cand. Sc. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Agronomy, Chief Researcher, Oktyomskiy Branch, Yakut State Agricultural Academy.

E-mail: [agafya.platonova.2016@mail.ru](mailto:agafya.platonova.2016@mail.ru).

**Pavlov Nikolay Yermeyevich**, D. Sc. (Agriculture), Professor of the Department of Agronomy, Oktyomskiy Branch, Yakut State Agricultural Academy.

E-mail: [aga\\_brom@mail.ru](mailto:aga_brom@mail.ru).

### **Autumn tillage models for field crop rotation in the forest-steppe of Western Siberia**

**V. E. Sineshchekov**

The logical, agroecological models of autumn tillage and the model for controlling the production process of grain crops were developed on the basis of analysis and generalization of long-term experimental data (2001–2019) obtained due to different levels of chemicalization and conditions of wetting during



the growing season in the multi-factorial stationary field experiment of the Siberian Research Institute for Scientific and Technical Research of the Siberian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences on the territory of experimental production farm "Elitnoye" in the forest-steppe of Novosibirsk Ob Region.

*Keywords:* model, autumn tillage, chemicalization, extensive, intensive, agrophysical soil properties, soil protection, productivity, wheat, costs, weather conditions.

### References

1. Minimizaciya osnovnoj obrabotki chernozemov pod zernovye kul'tury v lesostepi Zapadnoj Sibiri : metod. posobie / V. E. Sineshhekov, V. N. Slesarev, N. V. Vasil'eva, G. I. Tkachenko ; SibNIIZiX SFNCA RAN. Novosibirsk, 2018. 90 s.
2. Sineshhekov V. E. Rol' lesopolos v formirovanii protivodeflyacionnoj ustojchivosti pochv agro-landshaftov yuga Zapadnoj Sibiri / RASXN. Sib. otd-nie. GNU SibNIIZXim. Novosibirsk, 2006. 144 s.
3. Nosonov A. M. Sovremennye metody modelirovaniya razvitiya sel'skogo khozyajstva // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Ser. : Estestvennye nauki. 2018. S. 62–71.
4. Kiryushin V. I., Frumin I. L. Matematicheskoe modelirovanie adaptivno-landshaftnyx sistem zemledeliya (na primere Zaural'ya) // Izvestiya TSXA. 2004. Vyp. 2. S. 27–35.
5. Kalichkin V. K., Zadkov A. P. Vybor i adaptaciya agrotexnologij // Sibirskij Vestnik s.-x. nauki. 2019. T. 1. S. 68–79.
6. Reestr dlitel'nyx stacionarnyx polevyx opytov gosudarstvennyx nauchnyx uchrezhdenij Sibirskogo otdeleniya Rossel'hozakademii / sost. : L. F. Ashmarina, A. I. Ermoxina, T. A. Galaktionova ; pod obshh. red. akad. Rossel'hozakademii N. I. Kashevarova. Rossel'hozakademija. Sib. otd-nie. Izd. 1-e. Novosibirsk, 2009. 285 s.
7. Sineshhekov V. E. Agrofizicheskie svoystva chernozemov vyshhelochennyx pri minimizacii osnovnoj obrabotki pochvy // Agroximiya. 2017. № 7. S. 19–25.
8. Sineshhekov V. E., Vasil'eva N. V., Dudkina E. A. Ekonomicheskaya effektivnost' proizvodstva zerna yarovoj pshenicy pri raznyx cenax realizacii // Kazanskij vestnik GAU. 2018. № 4 (051). S. 160–167.
9. Sineshhekov V. E., Vasil'eva N. V., Dudkina E. A. Rol' pogodnyx uslovij v formirovanii produktivnosti kolosovyx kul'tur pri minimizacii zyablevoj obrabotki // APK Rossii. 2018. T. 25. № 2. S. 228–233.

**Sineshchekov Victor Efimovich**, D. Sc. (Agriculture), Head of the Laboratory of Agrotechnology, Chief Researcher, Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology, Russian Academy of Sciences.

E-mail: sivi\_01@mail.ru.

## TECHNICAL SCIENCES

### Determining the average resource for assessing the reliability of a film electric heater with a wire resistive element

**V. A. Butorin, I. B. Tsarev, D. V. Butorin**

The article presents the design of a thermoelectric mat for soil heating which includes an improved film electric heater with a resistive element in the form of a high-resistance wire. An expression is obtained for estimating the average life of the film electric heater based on the probability of a decrease in the breakdown voltage of the insulation below the maximum permissible value. According to the results of the experimental studies some recommendations are given to obtain a numerical estimate of the average resource with the help of the obtained expression.

*Keywords:* mat for soil heating, film electric heater, wire resistive element, average resource.

### References

1. Kozlov V. A., Kulichkovich L. M. Prokladka, obsluzhivanie i remont kabel'nyx linij. L. : Energoizdat, 1984. 248 s.
2. Butorin V. A., Carev I. B., Tkachev A. N. Teoreticheskaya ocenka plotnosti raspredeleniya resursa plenochnyx elektronagrevatelej // Dostizheniya nauki i texniki APK. 2011. № 1. S. 79–80.
3. Kuznecov N. L. Nadezhnost' elektricheskix mashin. M. : Izd. dom MEI, 2006. 432 s.
4. Tkachev A. N. Metodika uskorennoj ocenki resursa plenochnyx elektronagrevatelej (na primere raboty PLEN v usloviyax zhivotnovodstva) : dis. ... kand. texn. nauk. Chelyabinsk, 2015. 162 s.

**Butorin Vladimir Andreyevich**, D. Sc. (Engineering), Professor of the Department “Electrical Equipment and Electrotechnologies”, South Ural State Agrarian University.  
E-mail: butorin\_chgau@list.ru.

**Tsarev Igor Borisovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department “Electrical Equipment and Electrotechnologies”, South Ural State Agrarian University.  
E-mail: tsarev@citydom.ru.

**Butorin Dmitry Vladimirovich**, Cand. Sc. (Engineering), engineer, PJSC «MOESK».  
E-mail: butorin\_chgau@list.ru.

### Thermoelectric effect used in a LED lamp

**A. G. Vozmilov, T. A. Shirobokova, M. A. Nabatchikova, T. V. Tsyorkina**

The article discusses how to use Peltier effect and Seebeck effect in heat-loaded elements. Therefore, the goal of research is to develop a mathematical model that connects the power of LEDs and the temperature of the lamp radiator. The mathematical model of the thermal regime is described by applying the equations of heat balance. The mathematical model of the LED light source allows a numerical estimate of the heat generated by a semiconductor crystal of installed power when using a fin radiator.

*Keywords:* thermoelectric generation, electric energy, heat, thermocouple, cooling system.

### References

1. Loshkarev I. Yu., Shirobokova T. A. Methods for assessing the parameters of LED-based lighting in livestock houses // ITBI. 2019. J. Phys.: Conf. Ser 1333 (2019) 062013. P. 1–4. Doi: 10.1088/1742-6596/1333/6/062013.
2. Implementation of the energy-saving lighting mode in the poultry-farming house due to the automated control system / I. Yu. Loshkarev, T. A. Shirobokova, I. A. Baranova, S. D. Batanov // ITBI. 2019, J. Phys.: Conf. Ser 1333 (2019) 042019. P. 1–5. Doi: 10.1088/1742-6596/1333/4/042019.
3. Loshkarev I. Yu., Shirobokova T. A., Shuvalova L. A. Automation of artificial lighting design for dairy herd cows // ITBI. 2019 J. Phys.: Conf. Ser 1333 (2019) 042018. P. 1–5. Doi: 10.1088/1742-6596/1333/4/042018.
4. Rezul'taty eksperimental'nyx issledovanij osvetitel'nogo pribora na osnove svetodiodov s uluchshennymi texnicheskimi xarakteristikami / A. G. Vozmilov, T. A. Shirobokova, R. Yu. Ilimbetov, L. A. Shuvalova // APK Rossii. 2019. T. 26. № 2. S. 189–192.
5. Chepkasova M. A., Shirobokova T. A. Sposoby primeneniya termoelektricheskogo effekta v teplonagruzhennyx elementax // Aktual'nye problemy energetiki APK : mater. IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / pod obshh. red. V. A. Trushkina. 2018. S. 235–236.
6. Pat. na polezn. model' RU 191976. Svetodiodnyj osvetitel'nyj pribor s ispol'zovaniem termopary / M. A. Chepkasova, T. A. Shirobokova, I. G. Pospelova. № 2019106261 ; zayavl. 05.03.2019 ; opubl. 29.08.2019.



7. Anatyuk L. I. Termoelementy i termoelektricheskie ustrojstva. Spravochnik. Kiev : Naukova dumka, 1979. 765 s.
8. Pozdnyakov B. S., Koptelov E. A. Termoelektricheskaya energetika. M. : Atomizdat, 1974. 264 s.
9. Analiticheskaya ocenka vliyaniya termoelektricheskix effektov na intensivnuyu teplootdachu ot oxlazhdaemoy orebrennoj poverxnosti / I. M. Ilyuxin, A. V. Kretinin, M. I. Kirpichev, V. G. Stognej // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2014. № 4. T. 10. S. 44–47.

**Vozmilov Aleksandr Grigoryevich**, D. Sc. (Engineering), Professor, the Department “Automobile Transport”, South Ural State University (NRU).  
E-mail: vozmiag44@rambler.ru.

**Shirobokova Tatyana Aleksandrovna**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, the Department of Electrical Engineering, Electrical Equipment and Power Supply, Izhevsk State Agricultural Academy.  
E-mail: 9048336842@mail.ru.

**Nabatchikova Maria Alekseyevna**, graduate student, Izhevsk State Agricultural Academy.  
E-mail: chepkasova\_m\_a@mail.ru.

**Tsyrkina Tatyana Vladimirovna**, senior lecturer, the Department of Electrical Engineering, Electrical Equipment and Power Supply, Izhevsk State Agricultural Academy.  
E-mail: 9128336842@mail.ru.

### **Technical and economic assessing for resonance limitation in transients of the asynchronous electric drive in a superresonance grain-cleaning vibration machine**

**A. G. Vozmilov, R. B. Yarullin, R. Yu. Ilimbetov, D. V. Astafiev**

The transient processes of start-ups and run-outs of a grain-cleaning vibration machine are considered, with the expediency of this machine braking with an asynchronous electric motor operating in the dynamic mode being shown. The main energy-saturated nodes of the electric drive of the vibration machine are the vibration of the working elements in the idle mode (friction of the vibrator bearings due to centrifugal forces of imbalances) and the V-belt speed variator. It is possible to limit resonance during start-up by using modern 5A series induction motors with the starting torque in the same order as critical as well as by using self-regulating vibrators starting under technological load. When starting a multi-lattice VZM with a conventional vibrator, the excess of resonant amplitudes relative to steady working is on average 4.22 times for vertical vibrations and 4.25 times for rotary ones. The technical and economic aspects due to controlling the kinematic parameters of a grain-cleaning vibration machine are considered. The use of a frequency-controlled asynchronous VZM electric drive with a self-regulating vibrator allows to reduce the electric motor power by 2–2.5 times and power losses by 4.3 times.

*Keywords:* grain-cleaning vibration machine, resonance, vibration amplitude, inertial self-regulating vibrator.

### **References**

1. Yarullin R. B. Dinamika vibracionnyx zernoochistitel'nyx mashin (problemy elektroprivoda). Ufa : Ufim. gos. akad. ekonomiki i servisa, 2007. 189 s.
2. Yarullin R. B. Dinamika vibracionnyx zernoochistshpel'nyx mashin (Problemy elektroprivoda). Ufa : Ufmsk gos akademiya ekonomiki i servisa, 2007. 189 s.
3. Kononenko V. O. Voprosy teorii dinamicheskogo vzaimodejstviya mashiny i istochnika energii // Izv. AN SSSR. MTT. 1975. № 5. S. 19–36.

4. Zaika P. M. *Dinamika vibracionnyx zernoochistitel'nyx mashin*. M. : Mashinostroenie, 1974. 278 s.
5. *Vibracii v texnike : spravochnik*. M. : Mashinostroenie, 1978. T. 1–4.
6. Agranovskaya E. A. *Issledovanie perexodnyx processov v inercionnyx vibromashinax s pomoshh'yu elektronnoj modeliruyushhej ustanovki // Vibracionnaya texnika : mater. nauch.-texn. konf. M., 1966. S. 311–314.*
7. Goncharevich I. F., Zemskov V. D., Koreshkov V. I. *Vibracionnye groxoty i konvejry*. M. : Gosgortexizdat, 1960. 216 s.
8. Blexman N. I., Lavrov B. P. *Sposob ustraneniya rezonansnyx kolebanij vibracionnyx mashin pri ix ostanovke // Obogashhenie rud. 1959. № 3.*
9. Kirpichnikova I. M., YArullin R. K. *Xarakteristika raspredeleniya moshhnosti vibrosemyaochistitel'nyx mashin s reguliruemymi parametrami // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Krasnoyarsk, 2004. № 6. S. 169–174.*
10. Vodyanikov V. T. *Ekonomicheskaya ocenka energetiki APK : ucheb. posobie*. M. : IKF Ekmos, 2002. 304 s.

**Vozmilov Aleksandr Grigoryevich**, D. Sc. (Engineering), Professor, the Department “Automobile Transport”, South Ural State University (NRU).

E-mail: [vozmiag44@rambler.ru](mailto:vozmiag44@rambler.ru).

**Yarullin Renat Bareevich**, D. Sc. (Engineering), Professor, the Department of Electrical Machines and Electrical Equipment, Bashkir State Agrarian University.

E-mail: [vozmiag44@rambler.ru](mailto:vozmiag44@rambler.ru).

**Ilimbetov Rafael Yurikovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, the Department “Automobile Transport”, South Ural State University (NRU).

E-mail: [ilimbay@yandex.ru](mailto:ilimbay@yandex.ru).

**Astafiev Dmitry Vladimirovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, the Department “Electrical Equipment and Electrotechnologies”, South Ural State Agrarian University; the Department “Automobile Transport”, South Ural State University (NRU).

E-mail: [dim-as82@yandex.ru](mailto:dim-as82@yandex.ru).

### **The relationship of the risk criterion of injuring the staff of agricultural enterprises and the indicators of a transport and technological system**

**K. V. Glemba, A. V. Gritsenko, A. M. Plaksin**

Due to theoretical studies some models for forming the risk criterion of a transport and technological system taking into account the means and objects of labor and the indicators of its elements have been developed. Due to analyzing the estimated indicators, a scheme for optimizing the transport and technological process in agricultural production is presented. Applying the systematic approach when studying the safety level of transport operations and analyzing the influence of the main factors on the risk level, it was found that it is necessary to study the nature of changes of input and internal factors, their influence on the security level of the “operator” subsystem, the quantitative assessment of which is determined by the indicator of professional suitability as the function from the speed and accuracy of actions. The theoretical dependences of changing the risk criterion of the technological system on the number of operations are constructed to indicate the need to increase operations ensuring safe control of the machine, taking into account staff qualifications and maintenance conditions and current repair necessary for safe control of the process, with the influence of the suitability indicator of the machine and environmental parameters being taken into account.



*Keywords:* risk, injury, human operator, mobile machine, transport work, qualification indicator, functionality.

### References

1. Ocenka potencial'noj texnologicheskoy bezopasnosti podsystemy «mashina» / Yu. G. Gorshkov [i dr.] // *Traktory i sel'skoxozyajstvennye mashiny*. 2003. № 12. S. 40–41.
2. Glemba K. V., Larin O. N., Aver'yanov YU. I. Aspekty povysheniya bezopasnosti podsystemy «operator» na kolesnom transporte // *APK Rossii*. 2014. T. 70. S. 34–42.
3. Faktory opasnosti mobil'nyx texnologicheskix processov / Yu. G. Gorshkov [i dr.] // *Mexanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo xozyajstva*. 2003. № 7. S. 4–6.
4. Glemba K. V., Larin O. N. Problemy upravleniya mobil'nymi mashinami i obosnovanie strukturnyx vzaimosvyazey cheloveko-mashinnyx sistem // *Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Transport Rossii: problemy i perspektivy-2013»*. SPb : In-t problem transporta RAN im. N. S. Solomenko, 2013. S. 152–159.
5. Pokazatel' urovnya kvalifikacii operatora mobil'noj sel'skoxozyajstvennoj mashiny / Yu. G. Gorshkov [i dr.] // *Traktory i sel'skoxozyajstvennye mashiny*. 2005. № 3. S. 32.
6. Glemba K. V., Aver'yanov Yu. I. Rezul'taty issledovaniya rezhimnyx parametrov trenazha operatorov mobil'nyx mashin // *Materialy konferencii*. Chelyabinsk : CHGAA, 2015. S. 134–140.
7. Opokazatelyax uslovij truda i utomlyaemosti operatorov mobil'nyx mashin sel'skoxozyajstvennogo naznacheniya / Yu. G. Gorshkov, Yu. I. Aver'yanov, K. V. Glemba, I. N. Starunova // *Nauka*. 2003. № 2. S. 11–17.
8. Glemba K. V. Uluchshenie uslovij truda i snizhenie travmatizma operatorov mobil'nyx kolesnyx mashin sel'skoxozyajstvennogo naznacheniya : dis. ... kand. texn. nauk. Chelyabinsk, 2004. 190 s.
9. Aver'yanov Yu. I., Glemba K. V., Kozhanov V. N. Integral'nyj kriterij ocenki komfortnosti uslovij mikroklimata v kabinax mobil'nyx sel'xozmashin // *Traktory i sel'skoxozyajstvennye mashiny*. 2005. № 4. S. 36–38.
10. Glemba K. V., Averianov Y. I. Substantiation of parameters and operation modes of device for thermal comfort of a mobile machine operator. *Procedia Engineering*, 2015. Vol. 129. R. 542–548.
11. Bezopasnost' texnicheskogo obsluzhivaniya mashin / Yu. G. Gorshkov [i dr.] // *Mexanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo xozyajstva*. 2003. № 11. S. 21–22.
12. Shaprov M. N., Martynov I. S. Abezin D. A. Proizvodstvennyj travmatizm pri remonte i texnicheskom obsluzhivanii sel'skoxozyajstvennoj texniki // *Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2009. № 4 (16). S. 98–103.
13. Sovremennye metody ocenki bezopasnosti i ergonomichnosti sistemy «operator-mashina-sreda» / Yu. I. Aver'yanov, K. V. Glemba, S. A. Spektoruk, V. N. Mel'nik // *Vestnik CHGAU*. 2005. T. 45. S. 12–17.
14. Glemba K. V. Mnogokriterial'nyj podxod k issledovaniyu ocenki bezopasnosti v sistemax prinyatiya reshenij pri upravlenii avtomobilem // *Mezhdunar. nauch.-praktich. konf. «Problemy i perspektivy razvitiya evroaziatskix transportnyx sistem»*. Chelyabinsk : YUUrGU, 2012. S. 45–55.
15. Glemba K. V., Larin O. N. Obzor metodov opredeleniya nadezhnosti operatora v dinamicheskix ergaticheskix sistemax // *Transport Urala*. 2012. № 1 (32). S. 17–22.
16. Glemba K. V., Aver'yanov Yu. I. Vyyavlenie i sovershenstvovanie problemnyx vzaimosvyazey strukturnyx elementov sistemy bezopasnosti dvizheniya mobil'nyx mashin // *Vestnik CHGAA*. 2013. T. 66. S. 25–34.
17. Glemba K. V., Aver'yanov Yu. I., Glemba V. K. Metody ocenki informacionnoj peregruzki operatora v processe upravleniya mashinoy // *Vestnik CHGAA*. 2010. T. 56. S. 5–10.
18. Gorbachev S. V., Glemba K. V. Vliyanie na bezopasnost' dvizheniya urovnya formalizacii informacionnogo potoka v ergaticheskix sistemax // *Vestnik OGU*. 2011. № 10 (129). S. 88–93.
19. Glemba K. V. Vliyanie pertinentnosti informacionnogo polya na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya // *APK Rossii*. 2014. T. 68. S. 7–13.
20. Glemba K. V. Vliyanie perceptivnyx processov prostranstvennogo vospriyatiya uchastnikov dorozhnogo dvizheniya na ix bezopasnost' // *Vestnik CHGAA*. 2012. T. 62. S. 26–31.

21. Larin O. N., Glemba K. V. Vliyanie uslovij organizacii dorozhnogo dvizheniya na process vospriyatiya voditelem informacii // *Ezhemesyachnyj nauchnyj informacionnyj sbornik «TRANSPORT: nauka, texnika, upravlenie»*. M. : VINITI RAN, 2012. № 11. S. 55–57.

22. Larin O. N., Glemba K. V., Majorov V. I. Voprosy primeneniya sistemnogo podxoda dlya povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // *Ezhemesyachnyj nauchnyj informacionnyj sbornik «TRANSPORT: nauka, texnika, upravlenie»*. M. : VINITI RAN, 2013. № 11. S. 52–55.

23. Glemba K. V., Larin O. N. Sistemnyj podxod k poisku rezerva povysheniya BDD v krupnyx gorodax Rossii // *Aktual'nye problemy avtotransportnogo kompleksa : mezhvuz. sb. nauch. statej*. Samara : SamGTU, 2013. S. 165–181.

**Glemba Konstantin Vyacheslavovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock”, South Ural State Agrarian University; Associate Professor of the Department of “Road Transport”, South Ural State University (National Research University).

E-mail: glemba77@mail.ru.

**Gritsenko Aleksandr Vladimirovich**, D. Sc. (Engineering), Professor of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock”, South Ural State Agrarian University; Associate Professor of the Department of “Road Transport”, South Ural State University (National Research University).

E-mail: alexgrits13@mail.ru.

**Plaksin Aleksey Mikhailovich**, D. Sc. (Engineering), Professor, Professor of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: plaksin-am@mail.ru.

### **Studying the information content and parameters of pedestrian traffic at unregulated pedestrian crossings**

**A. V. Gritsenko, K. V. Glemba**

The issues of improving pedestrian safety at regulated and unregulated pedestrian crossings are still relevant. Underestimating the human factor significantly reduces the safety of drivers, pedestrians, cars, roads and environment systems. As a result of theoretical studies, a functional model has been formed to inform drivers additionally about the presence of pedestrians at pedestrian crossings, about their number and direction of movement, with the situation diagram when the road before an unregulated pedestrian crossing is insufficiently observed being used. Some variants of operating modes for technical means to inform drivers additionally at pedestrian crossings with the aim of increasing the pertinence of the information field are proposed, with two conceptual models being proposed to indicate ways of improving the quality of informing drivers about the presence of pedestrians, firstly, by introducing additional information systems in the form of an electronic display with a pedestrian accompanying “running line” showing its direction of movement; secondly, with the help of a “pictogram” indicating the presence of pedestrians, their number and direction of movement. Thus, the factors taken as the basis for the experiment are identified, such as the speed of the pedestrian and car, the direction and vigor of the pedestrian. The experimental technique is described along with the mathematical model and the phased processing of the experimental parameters. It is experimentally established that situations where a pedestrian moves on the left with respect to the vehicle’s path are more dangerous, since the expected collision due to limited visibility occurs at lower speeds compared to similar parameters for the pedestrian on the right. It is determined that when a pedestrian appears on the left, collision is expected already at a vehicle speed of





12.04 m/s, and when it appears on the right - at a speed of 14.6 m/s. The difference in stopping distance is 5.5 m behind the collision point, subject to the car speed of 14.6 m/s in the case when a pedestrian appears on the left.

*Keywords:* unregulated pedestrian crossing, road conditions, visibility, road conditions, information field, hitting, pedestrian, car, speed.

### References

1. Sistemnyj podxod k poisku rezerva povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v krupnyx gorodax Rossii / O. Larin [i dr.] // *Mezhvuz. sb. nauch. statej.* Samara : Samarskij gosudarstvennyj texnicheskij universitet, 2013. S. 165–181.
2. Voprosy primeneniya sistemnogo podxoda dlya povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya / O. Larin [i dr.] // *Ezhemesyachnyj nauchnyj informacionnyj sbornik «TRANSPORT: nauka, texnika, upravlenie»*, 2013. T. 11. S. 52–55.
3. Issledovanie faktorov i parametrov bezopasnosti peshexodov na nereguliruemyx peshexodnyx perexodax / O. Larin [i dr.] // *Agropromyshlennyj kompleks Rossii.* 2015. T. 74. S. 97–104.
4. Metody i rezul'taty issledovanij bezopasnosti peshexodov na ulichno-dorozhnoj seti / O. Larin [i dr.] // *Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Tyumen'* : Tyumenskij industrial'nyj universitet, 2015. S. 7–14.
5. Eksperimental'noe issledovanie parametrov dvizheniya peshexodov na peshexodnom perexode / O. Larin [i dr.] // *Vserossijskaya nauch.-praktich. konf. Tyumen'* : Tyumenskij industrial'nyj universitet. 2016. S. 266–273.
6. Aspekty povysheniya bezopasnosti peshexodov na peshexodnyx perexodax / K. Fomin [i dr.] // *Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Chelyabinsk* : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2016. S. 263–270.
7. Gandhi T., Trivedi M. Pedestrian collision avoidance systems: A survey of computer vision based recent studies, in *Proc. IEEE Int. Transp. Syst. Conf.*, Sep. 2006. R. 976–981.
8. Gavril D. The visual analysis of human movement: A survey, *Comput. Vis. Image Understanding*. Jan. 1999. Vol. 73. № 1. R. 82–98.
9. Combination of feature extraction methods for SVM pedestrian detection / I. Parra [et. al.] // *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* Jun. 2007. Vol. 8. № 2. R. 292–307.
10. Glemba K. Nadezhnost' processa vospriyatiya voditelem dorozhnyx uslovij // *Vestnik CHGAU.* 2008. T. 52. S. 30–35.
11. Vliyanie na bezopasnost' dvizheniya urovnya formalizacii informacionnogo potoka v ergaticheskix sistemax / S. Gorbachev [i dr.] // *Vestnik OGU.* 2011. № 10 (129). S. 88–93.
12. Vliyanie uslovij organizacii dorozhnogo dvizheniya na process vospriyatiya voditelem informacii / O. Larin [i dr.] // *Ezhemesyachnyj nauchnyj informacionnyj sbornik «TRANSPORT: nauka, texnika, upravlenie»*. 2012. T. 11. S. 55–57.13. Enzweiler M., Gavril D. Monocular pedestrian detection: Survey and experiments // *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* Dec. 2009. Vol. 31. № 12. R. 2179–2195.
13. Gandhi T., Trivedi M. Pedestrian protection systems: Issues, survey, and challenges // *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* Sep. 2007. Vol. 8. № 3. R. 413–430.
14. Survey on pedestrian detection for advanced driver assistance systems / D. Geronimo [et. al.] // *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* Jul. 2010. Vol. 32. № 7. R. 1239–1258.
15. Glemba K. Vliyanie perceptivnyx processov prostranstvennogo vospriyatiya uchastnikov dorozhnogo dvizheniya na ix bezopasnost' // *Vestnik CHGAA.* 2012. T. 62. S. 26–31.
16. Glemba K. Vliyanie pertinentnosti informacionnogo polya na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya // *Vestnik CHGAA.* 2014. T. 68. S. 7–13.
17. Aspekty povysheniya bezopasnosti podsistemy «operator» na kolesnom transporte / K. Glemba [i dr.] // *Vestnik CHGAA.* 2014. T. 70. S. 34–42.
18. Avtomaticheskoe opredelenie tormoznogo puti i zamedleniya avtomobilya pri tormozhenii kak faktor obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya / Yu. Aver'yanov [i dr.] // *Vestnik CHGAU.* 2004. T. 43. S. 51–55.
19. Shiller Z., Sundar S. Emergency lane-change maneuvers of autonomous vehicles // *Trans. ASME, J. Dyn. Syst. Meas. Control.* 1998. Vol. 120. № 1. R. 37–44.

20. Swaroop D., Yoon S. The design of a controller for a following vehicle in an emergency lane change maneuver, Univ. Calif., Berkeley, CA, Calif PATH Working Paper UCB-ITS-PWP-99-3, 1999.
21. Varaiya P. Smart cars on smart roads: Problems of control // IEEE Trans. Autom. Control. Feb. 1993. Vol. 38. № 2. R. 195–207.
22. Metody ocenki informacionnoj peregruzki operatora v processe upravleniya mashinoy / Yu. Aver'yanov [i dr.] // Vestnik CHGAA, 2010. T. 56. S. 5–10.
23. Stereo-based freespace computation in complex traffic scenarios / H. Badino [et. al.] // IEEE Southwest Symp. Image Anal. Interpretation. 2008. R. 189–192.
24. Bebinov S., Kapralov S. Innovative Means for Enhancing of Vehicle Drivers' Reliability // Transportation Research Procedia. 2017. № 20. R. 41–46.
25. 3-D candidate selection method for pedestrian detection on nonplanar roads / D. Fernandez [et. al.] // IEEE Intell. Veh. Symp. 2007. R. 1162–1167.
26. Modeling as a Method to Improve Road Safety During Mass Events / I. Makarova [et. al.] // Transportation Research Procedia. 2017. № 20. R. 430–435.
27. Korjagin S., Klachek P. Innovative Development of Intelligent Transport Systems Based on Bio-cybernetical Vehicle Control Systems // Transportation Research Procedia. 2017. № 20. S. 326–333.
28. Traffic effects of driver assistance systems: The approach within invent / T. Benz [et. al.] // 10th World Congress Intell. Transp. Syst. Solutions for Today and Tomorrow. 2003. R. 1–11.
29. Realtime system for monitoring driver vigilance / L. Bergasa [et. al.] // IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. Mar. 2006. Vol. 7. № 1. R. 63–77.
30. Moeslund T. A survey of advances in vision-based human motion capture and analysis // Comput. Vis. Image Understanding. Nov./Dec. 2006. Vol. 103. № 2/3. R. 90–126.
31. Poppe R. Vision-based human motion analysis: An overview // Comput. Vis. Image Understanding. Oct./Nov. 2007. Vol. 108. № 1/2. R. 4–18.
32. Methods of Assessing the Influence of Operational Factors on Brake System Efficiency in Investigating Traffic Accidents / N. Podoprigrora [et. al.] // Transportation Research Procedia. 2017. № 20. R. 516–522.

**Gritsenko Aleksandr Vladimirovich**, D. Sc. (Engineering), Professor of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock”, South Ural State Agrarian University; Associate Professor of the Department of “Road Transport”, South Ural State University (National Research University).

E-mail: alexgrits13@mail.ru.

**Glemba Konstantin Vyacheslavovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock”, South Ural State Agrarian University; Associate Professor of the Department of “Road Transport”, South Ural State University (National Research University).

E-mail: glemba77@mail.ru.

### **Finding the endurance limit for machine parts and assemblies under shock loading**

**V. V. Erofeev, I. P. Troyanovskaya, D. V. Bazanova**

The article proposes a procedure for calculating the endurance limit of parts and components of technological equipment operating under cyclic loading and shock loading. The procedure allows assessing the resource of technological equipment on the basis of the “complete fatigue curve” of structural materials, with the complicated monitoring being eliminated.

*Keywords:* shock loading, low-cycle fatigue, components, parts, machines, calculation, working life.



## References

1. Troshhenko V. T., Sosnovskij L. A. Soprotivlenie ustalosti stalej i splavov : spravochnik. Kiev : Naukova dumka, 1987. Ch. 1, 2. 324 s.
2. Ciklicheskie deformacii i ustalost' metallov / pod red. V. T. Troshhenko. Kiev : Naukova dumka, 1985. 562 s.
3. Terent'ev V. F., Oksogoev A. A. Ciklicheskaya prochnost' metallicheskich materialov. Novosibirsk : NGTU, 2001. 62 s.
4. Kogaev V. P., Maxutov N. A., Gusenkov A. P. Raschety detalej mashin i konstrukcij na prochnost' i dolgovechnost' : spravochnik. M. : Mashinostroenie, 1985. 224 s.
5. Trufyakov V. I. Ustalost' svarnyx soedinenij. Kiev : Naukova dumka, 1973. 216 s.
6. Troshhenko V. T. Ustalost' i neuprugost' metallov. Kiev : Naukova dumka, 1971. 267 s.
7. Osobennostirazrusheniyamaterialovneftegazoprovodov/A.G.Gareev[idr.].Ufa:Gilem,2006.156s.
8. Nikolaev G. A., Vinokurov V. A. Svarnye konstrukcii. Raschet i proektirovanie : ucheb. dlya vuzov. M. : Vyssh. shk., 1990. 446 s.
9. Klykov N. A. Raschet karakteristik soprotivleniya ustalosti svarnyx soedinenij. M. : Mashinostroenie, 1984. 16.
10. Petersen R. Koefficienty koncentracii napryazhenij. M. : Mir, 1972. 302 s.
11. GOST 25.504-82 Metody rascheta karakteristik soprotivleniya ustalosti.
12. Savin G. N., Tul'chij V. I. Spravochnik po koncentracii napryazhenij. Kiev : Vyssh. shk., 1976. 412 s.
13. Turmov G. P. Opredelenie koefficientov koncentracii napryazhenij v svarnyx soedineniyax // Avtomaticheskaya svarka. 1976. № 10. S. 14–17.
14. K voprosu o raschetnom opredelenii koefficientov koncentracii napryazhenij v svarnyx soedineniyax obolochkovyx konstrukcij, vypolnennyx uglovymi shvami / V. V. Erofeev, S. E. Erofeev, R. G. Sharafiev, V. B. Kul'nevich // Sbornik nauchnyx trudov IPTER. Ufa, 2009. S. 13–16.
15. Zajnullin R. S., Sharafiev R. G. Sertifikaciya neftegazoximicheskogo oborudovaniya po parametram ispytaniy. M. : Nedra, 1998. 445 s.
16. Nejber G. Koncentraciya napryazhenij/per. snem. ; podred. A. I. Lur'e. M. : Gostexizdat, 1947. 204 s.
17. Xarris S. M., Krid CH. I. Spravochnik po udarnym nagruzkam. L. : Sudostroenie, 1980. 359 s.
18. Panovko YA. G. Osnovy prikladnoj teorii kolebanij i udara. Izd. 5. M. : Librokom, 2009. 272 s.

**Erofeev Valery Vladimirovich**, D. Sc. (Engineering), Professor, South Ural State Agrarian University.  
E-mail: ervv52@mail.ru.

**Troyanovskaya Irina Pavlovna**, D. Sc. (Engineering), Professor, South Ural State Agrarian University.  
E-mail: tripav63@mail.ru.

**Bazanova Daria Vasilyevna**, D. Sc. (Engineering), Associate Professor, South Ural State Agrarian University.  
E-mail: madam\_potemkina@mail.ru.

## Studying the engine oil of an internal combustion engine with the electrophysical control method

**R. Yu. Ilimbetov, D. V. Astafiev, T. V. Tinkina, E. M. Kokolev**

The statistical analysis of occurring malfunctions in automobiles proves the share of the internal combustion engine to account for an average of 30% of all malfunctions. Leading automobile concerns develop and implement systems for monitoring and controlling the technical condition of units and components of automobiles. One of the criteria for assessing the working condition of an internal combustion engine is the rate of "aging" of engine oil, the quality of which can be judged by changes

in its electrophysical properties, such as dielectric constant and viscosity. The paper presents the results of studying the viscosity of motor oils using the ultrasonic measurement method, which is distinguished by its compactness and speed compared to the known method (viscosity gage). The results of experimental studies allow us to make a qualitative assessment of the properties of motor oil in the process of operating internal combustion engines.

*Keywords:* lubricant, engine oil, engine oil viscosity, ultrasonic method.

### References

1. Muxametdinov E. M. Sovershenstvovanie sistemy firmennogo servisa s cel'yu povysheniya bezotkaznosti avtomobilej : avtoref. dis. ... d-ra techn. nauk. Orenburg, 2009. 19 s.
2. Ilimbetov R. Yu., Xaziev G. R., Cherepanov P. Yu. Diagnostika DVS po parametram masla // Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu : mater. LV Mezhdunar. nauch.-texn. konf. Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2016. S. 160–173.
3. Diagnostics of Engine oil of Internal Combustion Engine by Electrophysical Method of Control / A. G. Voymilov [i dr.] // 2018 Global Smart Industry Conference (GloSIC). 10.1109/GloSIC.2018.8570137. P. 1–5.
4. Datchiki Mercedes-Benz Sprinter. Rezhim dostupa : [http://mercedes-assist.ru/mercedessprinter/mercedes-benz-1587-10.m\\_id-252.m\\_id2-253.html](http://mercedes-assist.ru/mercedessprinter/mercedes-benz-1587-10.m_id-252.m_id2-253.html).
5. Sysoeva S. Novye tendencii i perspektivnye texnologii avtomobil'nyx datchikov sistem Powertrain i kontrolya emissii // Komponenty i texnologii. 2006. № 8.
6. Defektoskop ul'trazvukovoj A1214 EXPERT : rukovodstvo po ekspluatatsii APYAS.412231.012 RE / Akusticheskie kontrol'nye sistemy. M., 2015. 70 s.

**Ilimbetov Rafael Yurikovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, the Department “Automobile Transport”, South Ural State University (NRU).

E-mail: [ilimbay@yandex.ru](mailto:ilimbay@yandex.ru).

**Astafiev Dmitry Vladimirovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, the Department “Electrical Equipment and Electrotechnologies”, South Ural State Agrarian University; the Department “Automobile Transport”, South Ural State University (NRU).

E-mail: [dim-as82@yandex.ru](mailto:dim-as82@yandex.ru).

**Tinkina Tatyana Vladimirovna**, 1<sup>st</sup>-year undergraduate student, South Ural State University (NRU).

E-mail: [Tinkina\\_Tanya.97@mail.ru](mailto:Tinkina_Tanya.97@mail.ru).

**Kokolev Yegor Maksimovich**, 4<sup>th</sup>-year student, South Ural State University (NRU).

E-mail: [egor\\_kok@mail.ru](mailto:egor_kok@mail.ru).

### Effects of the technical condition of milking machines on raw milk quality

**A. N. Kozlov, V. I. Shatrukov, P. A. Pleskachev**

The enormous biological value of milk consists not only in the composition of mineral elements and vitamins, but also in its high digestibility (95–98%). The audit of the technical condition of 19 milking pipelines such as milk pipelines at dairy complexes of 6 agricultural enterprises revealed that the technical condition of most installations did not meet the normative indicators for stability (50%) and differential pressure (20%), pipeline tightness (42%) and gauge error readings (58%), an increase in rarefaction in the milk pipeline system (32%) and the spread in the pulsator measurements (50%). The studies proved that in installations that did not comply with the technical audit, raw milk was obtained no higher than the second grade in terms of the number of somatic cells, and the first or second grades according to its bacte-



rial load. The milking machines the operating conditions of which were in compliance with the standards, the milk quality was not of the highest grade indicating the existing violations in the technology of machine milking. Operating modes of installations with technical deviations exceeding the standard ones had a greater effect on the number of somatic cells in raw milk than on QMAFAnM.

*Keywords:* technical audit, milking units, quality, raw milk.

### References

1. Kozlov A. N., Chernickij A. V., Aleshin A. V. Adaptivnoe doil'noe oborudovanie : monografiya. Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2017. 208 s.
2. Kozlov A. N. Povyshenie rabotosposobnosti doil'nyx apparatov : monografiya. Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2016. 99 s.
3. Kozlov A. N., Akymbekov A. Zh. Vliyanie doil'nyx apparatov na zaboлеваemost' vymeni korov mastitom // Nauchnye dostizheniya i otkrytiya 2018 : sb. st. IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konkursa. Penza : MCNS «Nauka i prosveshhenie», 2018. S. 38–42.
4. Ob''ektivnaya ocenka zadannyx svoystv produkta / E. A. Yurova [i dr.] // Molochnaya promyshlennost'. 2019. № 10. S. 50–52.
5. Shhepetkina S. V. Antibiotiki v moloke: zapretit' nel'zya, normirovat' // Molochnaya promyshlennost'. 2019. № 11. S. 20–22.
6. Kozlov A. N., Pleskachev P. A. Neobxodimost' mexanicheskoy ochistki syrogo moloka // Sovremennye tendencii texnologicheskogo razvitiya APK : mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Instituta agroinzhenierii, posvyashh. 85-letiyu kafedry «Ekspluatatsiya mashinno-traktornogo parka im. prof. M. P. Sergeeva» (Chelyabinsk, 2019) / pod red. prof., d-ra s.-x. nauk M. F. Yudina. Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2019. S. 74–80.
7. Kozlov A. N., Pleskachev P. A. Razrabotka i issledovaniya vauumno-napornoj sistemy ochistki syrogo moloka // Luchshaya nauchnaya stat'ya 2019 : sb. st. XXVIII Mezhdunar. nauch.-issled. konkursa. Penza : MCNS «Nauka i Prosveshhenie», 2019. S. 10–15.
8. Kozlov A. N., Pleskachev P. A. Individual'nyj fil'tr dlya ochistki moloka dlya doil'nogo apparata // APK Rossii. 2019. T. 26. № 3. S. 406–410.
9. Kozlov A. N., Pleskachev P. A. Razrabotka standarta mashinnogo doeniya s uchetom zaboлеваemosti korov mastitom // Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovacii : sb. st. XXVIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. : v 2 ch. Penza : MCNS «Nauka i Prosveshhenie», 2019. CH. 1. S. 94–100.

**Kozlov Aleksandr Nikolayevich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, South Ural State Agrarian University.

E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

**Shatrukov Viktor Ivanovich**, senior lecturer, South Ural State Agrarian University.

E-mail: v\_shatr@mail.ru.

**Pleskachev Pavel Andreyevich**, undergraduate student, South Ural State Agrarian University.

E-mail: pleskachev\_@mail.ru.

### **Machine milking and aspects for preventing cows from mastitis**

**A. N. Kozlov, V. I. Shatrukov, P. A. Pleskachev, A. S. Romanov**

Around the world, one of the main problems concerning machine milking of animals is the incidence of subclinical form of udder mastitis. The modern and comprehensive program for preventing cows from mastitis has been developed and implemented in the farms of Chelyabinsk region. For these purposes,

a range of ANKAR products was used for udder hygiene (ANKAR Before Oxy and ANKAR Green Fito) and dairy equipment disinfection (acid-base detergents and disinfectants ANKAR-superacid hw and ANKAR-alkali hw). After 3 months of sanitary treatment and cleaning of the udder at every milking, the number of cows suffering from mastitis decreased by 43 %, and the use of drugs decreased the number of sick cows by 25 %. The proposed design of a mechanical individual mastitis detector made it possible to identify the subclinical form of mastitis in all cows during one milking. The daily detection of the subclinical form of mastitis in the entire milking herd with the help of the detector made it possible to reduce the number of sick cows to 1-2 %. The mechanical mastitis detector is similar in its technological purpose to the determination of the subclinical form of mastitis with the help of special liquid preparations. The quality of washing equipment at the dairy complex ООО "Zarya" in terms of washes at 20 sites and parts revealed the equipment disinfection at the level of 95–100 %.

*Keywords:* subclinical form of mastitis, udder hygiene, disinfection, dairy equipment, mastitis detector, mastitis ring.

### References

1. Yurova E. A., Fil'chakova S. A., Kozlovceva D. V. Effektivnye priemy obespecheniya kachestva moloka – syr'ya // *Molochnaya promyshlennost'*. 2019. № 9. S. 44–47.
2. Kozlov A. N., Chernickij A. V., Aleshin A. V. Adaptivnoe doil'noe oborudovanie : monografiya. Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2017. 208 s.
3. Kozlov A. N. Povyshenie rabotosposobnosti doil'nyx apparatov : monografiya. Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2016. 99 s.
4. Kozlov A. N., Akymbekov A. ZH. Vliyanie doil'nyx apparatov na zabolevaemost' vymeni korov mastitom // *Nauchnye dostizheniya i otkrytiya 2018 : sb. st. IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konkursa. Penza : MCNS «Nauka i prosveshhenie»*, 2018. S. 38–42.
5. Kozlov A. N., Pleskachev P. A. Neobxodimost' mexanicheskoy ochistki syrogo moloka // *Sovremennye tendencii texnologicheskogo razvitiya APK : mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Instituta agroinzhenerii, posvyashh. 85-letiyu kafedry «Ekspluatatsiya mashinno-traktornogo parka im. prof. M. P. Sergeeva» (Chelyabinsk, 2019) / pod red. prof., d-ra s.-x. nauk M. F. Yudina. Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2019. S. 74–80.*
6. Kozlov A. N., Pleskachev P. A. Razrabotka i issledovaniya vakuumno-napornoj sistemy ochistki syrogo moloka // *Luchshaya nauchnaya stat'ya 2019 : sb. st. XXVIII Mezhdunar. nauch.-issled. konkursa. Penza : MCNS «Nauka i Prosveshhenie»*, 2019. S. 10–15.
7. Kozlov A. N., Pleskachev P. A. Individual'nyj fil'tr dlya ochistki moloka dlya doil'nogo apparata // *APK Rossii. 2019. T. 26. № 3. S. 406–410.*
8. Kozlov A. N., Pleskachev P. A. Issledovanie detektora subklinicheskoy formy mastita zhivotnyx // *Sovremennaya nauka: aktual'nye voprosy, dostizheniya innovacii : sb. st. IX nauch.-prakt. konf. : v 2 ch. Penza : MCNS «Nauka i Prosveshhenie»*, 2019. CH. 1. S. 46–53.

**Kozlov Aleksandr Nikolayevich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, South Ural State Agrarian University.

E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

**Shatrukov Viktor Ivanovich**, senior lecturer, South Ural State Agrarian University.

E-mail: v\_shatr@mail.ru.

**Pleskachev Pavel Andreyevich**, undergraduate student, South Ural State Agrarian University.

E-mail: pleskachev\_@mail.ru.

**Romanov Alexey Sergeyeovich**, Deputy Director of Milk Production, ООО "Zarya", Chelyabinsk Oblast.

E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.



## Designing an unmanned aerial vehicle for using in agriculture

V. V. Mitrashchuk, M. P. Baranova

The theoretical analysis of applying an unmanned aerial vehicle (UAV) in agriculture is carried out, with alternative universal designs being compared. A mathematical model for the flight process of the unmanned aerial vehicle is developed as a universal design, which allows real-time predicting the movement pattern of the unmanned aerial vehicle and therefore determining the optimal parameters and operation modes of stabilization and control algorithms depending on the operating conditions, performed functions and tasks posed.

*Keywords:* mathematical model, unmanned aerial vehicle, agriculture, electrical equipment.

### References

1. Krishna K. R. *Agricultural Drones* // Waretown, NJ: Apple Academic Press, 2017. 413 s.
2. Mel'nikova Yu. V., Tkachev S. I. *Ekonomicheskie predposylki ispol'zovaniya bespilotnykh letatel'nykh apparatov v agropromyshlennom komplekse* // *Ekonomiko-matematicheskie metody analiza deyatel'nosti predpriyatij APK*. 2018. S. 287–291.
3. Ivanov S. A., Majdannikov N. A., Bondareva Yu. A. *Analiz primeneniya bespilotnykh letatel'nykh apparatov v sel'skom khozyajstve* // *Melioraciya i vodnoe khozyajstvo*. 2016. S. 210–214.
4. Hayward K. *Unmanned aerial vehicles: a new industrial system?* London : Royal aeronautical society, 2013. 18 c.
5. Austin R. *Unmanned aircraft systems. UAVS design, development and deployment* // UK: John Wiley & Sons Ltd, 2010. 332 c.
6. Egorova P. S., Pavlov A. M., Fetisova N. A. *Obzor samoletov, osnashhennykh elektricheskimi silovymi ustanovkami* // *Nauchnaya sessiya GUAP*. 2017. S. 84–90.
7. Koroteev A. Yu., Yalpaev A. A., Fimushin E. S. *Konstrukciya vintokrylogo vysokomanevrennogo letatel'nogo apparata* // *Novye tekhnologii, materialy i oborudovanie rossijskoj aviakosmicheskoy otrasli*. 2016. S. 80–85.
8. *Sintez parametrov elektroprivodov BPLA tipa «Konvertoplan-trikopter»* / O. V. Emel'yanova [i dr.] // *Nelinejnaya dinamika mashin – School-NDM 2017*. 2017. S. 239–249.
9. Mitrashchuk V. V. *Razrabotka bespilotnogo letatel'nogo apparata po tipu kvadrokoptera s obespecheniem peredvizheniya parallel'no zemle platformy so smennymi modulyami priborov* // *Aktual'nye problemy aviacii i kosmonavтики* : v 2 t. Krasnoyarsk : SibGAU, 2016. T. 1. S. 299–301.
10. Mitrashchuk V. V., Baranova M. P. *Vozmozhnost' ispol'zovaniya malyx elektricheskix bespilotnikov v agropromyshlennom i lesnom komplekse Sibiri* // *Rol' agrarnoj nauki v ustojchivom razvitii sel'skix territorij*. Novosibirsk : NGAU, 2018. S. 625–628.
11. Mitrashchuk V. V., Baranova M. P. *Analiz tekhnicheskix vozmozhnostej sel'skoxozyajstvennogo BPLA dlya povysheniya kachestva processa vyrashhivaniya rastenij* // *Innovacionnye tendencii razvitiya rossijskoj nauki*. Krasnoyarsk : KGAU, 2019. S. 171–173.
12. Rendal U., Biard U., MakLejn U. *Timoti Malye bespilotnye letatel'nye apparaty: teoriya i praktika*. M. : TEXNOSFERA, 2015. 312 c.

**Mitrashchuk Vladimir Vladimirovich**, graduate student, Krasnoyarsk State Agrarian University.

E-mail: rtimidalv@gmail.com.

**Baranova Marina Petrovna**, D. Sc. (Engineering), Professor, Krasnoyarsk State Agrarian University.

E-mail: marina60@mail.ru.

## Separating spent grains on the curved blade of a vibrational centrifuge rotor

V. N. Nikolaev, M. S. Akhmetvaliev, A. V. Litash, V. V. Pervushin

The purpose of the study is to analytically describe the process of separating spent grains on the curved blade of a vibrational centrifuge rotor with analytical research methods being used. As a result of analyzing the movement of a spent grain along the perforated curved blade mounted on the horizontal rotor working vertically, the rational parameters of this vibrational centrifuge blade for efficient separation of spent grains into the thick and liquid fraction were revealed: the angle of attack is to be  $55^\circ$  and the curvature radius of the blade is to be 190 mm.

*Keywords:* spent grain, separation, centrifuge, vibration, rotor, blade.

### References

1. Batishheva N. V. Innovacionnye sposoby utilizacii pivnoj drobinny // Nauchnoe obozrenie. *Texnicheskie nauki*. 2016. № 6. S. 10–14.
2. Rekomendacii po proizvodstvu i ispol'zovaniyu uglevodno-belkovogo korma poluchennogo putem biofermentacii pivnoj drobinny / N. A. Tabakov [i dr.] ; Krasnoyarsk : Krasnoyarskij GAU, 2013. 54 s.
3. Recikling otxodov v APK : spravochnik / I. G. Golubev [i dr.]. M. : FGBNU «Rosinformagrotex», 2011. 296 s.
4. Balashov O. Yu., Utolin V. V., Luzgin N. E. Osobennosti polucheniya pressovannyx kormov iz pobochnyx produktov pivovarennogo proizvodstva // *Agrarnyj vestnik Verxnevolzh'ya*. 2018. № 1 (22). S. 50–54.
5. Darxanov A. I. Razrabotka i obosnovanie osnovnyx parametrov vibracionno-centrovezhnoj ustanovki dlya razdeleniya pivnoj drobinny na zhidkuyu i gustuyu frakcii : dis. ... kand. texn. nauk. Chelyabinsk, 1994. 167 s.
6. Nikolaev V. N., Axmetvaliev M. S., Litash A. V. Ustrojstvo dlya obezvozhivaniya pivnoj drobinny // *Materialy IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Strategii razvitiya mirovoj nauki» (Severnyj Charl'ston, SSHA, 16–17 oktyabrya 2015 g.)*. North Charleston : CreateSpace, 2015. S. 41–45.
7. Axmetvaliev M. S. Analiz processa razdeleniya suspenzij i sovershenstvovanie vibracionno-centrovezhnoj centrifugi // *APK Rossii*. 2016. T. 74. S. 9–14.
8. Fedorenko I. Ya., Sadov V. V. Resursosberegayushhie tehnologii i oborudovanie v zhivotnovodstve : ucheb. posobie. SPb. : Lan', 2012. 304 s.
9. Sparks T. *Solid-Liquid Filtration. A users guide to minimizing costs and environmental impact; maximizing quality and productivity*. United Kingdom : Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, 2012. 185 p.
10. Tarleton S. *Progress in filtration and separation*. Department of Chemical Engineering Loughborough University Loughborough. United Kingdom : Academic Press is an imprint of Elsevier, 2015. 684 p.
11. Pat. 157095 Ros. Federaciya. Ustrojstvo dlya obezvozhivaniya pivnoj drobinny. № 2015129920/05 ; zayavl. 20.07.2015 ; opubl. 20.11.2015, Byul. № 32. 9 s.
12. Nikolaev V. N., Axmetvaliev M. S., Litash A. V. Rezul'taty eksperimental'nyx issledovanij vibracionno-centrovezhnoj ustanovki dlya razdeleniya pivnoj drobinny // *Agrarnyj vestnik Urala*. 2017. № 04 (158). S. 57–61.
13. Nikolaev V. N., Axmetvaliev M. S., Litash A. V. Ustanovka dlya razdeleniya pivnoj drobinny na zhidkuyu i gustuyu frakcii // *Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki*. 2018. № 28. S. 14–22.
14. Dvizhenie chasticy pivnoj drobinny po pryamolinejnoj lopasti rotora v vibracionno-centrovezhnoj centrifuge / V. N. Nikolaev, M. S. Axmetvaliev, A. V. Litash, V. V. Pervushin // *Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2018. Vyp. 43. S. 36–40.
15. Usloviya effektivnogo razdeleniya pivnoj drobinny v vibracionno-centrovezhnoj centrifuge / V. N. Nikolaev, M. S. Axmetvaliev, A. V. Litash, V. V. Pervushin // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. № 1 (75). S. 88–92.





16. Analiticheskoe opisanie dvizheniya pivnoj drobinny po rotoru vibracionno-centrovezhnoj centrifugi / V. N. Nikolaev, M. S. Axmetvaliev, A. V. Litash, V. V. Pervushin // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotexnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva. 2019. № 1 (41). S. 124–129.

17. Baxvalov N. S., ZHidkov N. P., Kobel'kov G.M. Chislennyye metody : ucheb. posobie. M. : Nauka, 1987. 600 s.

18. Zhilkin V. A. Dinamika material'noj tochki : ucheb. posobie. Chelyabinsk : CHGAU, 1998. 331 s.

19. Zhilkin V. A. Primenenie sistemy MathCAD pri reshenii zadach prikladnoj mexaniki. Teoreticheskaya mexanika. Chast' 2. Dinamika tochki : ucheb. posobie. Chelyabinsk, 2002. 331 s.

**Nikolaev Vladislav Nikolayevich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: [tmgnikolaev@mail.ru](mailto:tmgnikolaev@mail.ru).

**Akhmetvaliev Marat Samatovich**, applicant for the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: [tmg.csaa@inbox.ru](mailto:tmg.csaa@inbox.ru).

**Litash Alexandr Vitalyevich**, applicant for the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: [plastun86@mail.ru](mailto:plastun86@mail.ru).

**Pervushin Vladislav Vladimirovich**, undergraduate student, the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: [dkflgthdeiby@mail.ru](mailto:dkflgthdeiby@mail.ru).

### **Mathematical modeling for substantiating the parameters of a film electric heater based on high-resistance wire**

**V. M. Popov, E. N. Epishkov, V. A. Afonkina, E. I. Krivosheeva**

Currently, film electric heaters are widely used [4, 5, 6, 7]. They have the widest range of designs and applications [1, 2, 3, 10, 11], among them there are heaters, the resistive elements of which are made of wire. They have proven themselves to be reliable in heating systems and heating greenhouses. However, in areas such as drying wood, agricultural products and coatings [8, 9], an increased radiation flux density is required along with an elevated surface temperature of the heating element. The purpose of this article is to create a mathematical model that describes the distribution of heat on the surface of the heater for the subsequent determination of the maximum density of the heating power that is acceptable for the trouble-free operation of the heater based on the wire resistive element.

*Keywords:* film electric heater, heat flux density, temperature distribution.

#### **References**

1. Epishkov E. N. Elektrificirovannaya sistema teplovogo komforta porosyat-sosunov v usloviyax neotaplivaemogo svinarnika-matochnika : avtoref. dis. ... kand. texn. nauk. Chelyabinsk : CHGAA, 2013.

2. Epishkov E. N., Zagidulin R. R. Raschet razmerov zony garantirovannogo komforta STK Porosyat-ot'emyshej // Energetika – agropromyshlennomu kompleksu Rossii : mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2017. S. 67–74.

3. Epishkov E. N. Znaev A. S. Potencial energosberezheniya sistemy teplovogo komforta dlya porosyat-sosunov // Vestnik CHGAU. 2009. T. 55. S. 85–90.

4. Pat. na polezn. model' 76764 Rossijskaya Federaciya. Plenochnyj elektronagrevatel' / E. N. Epishkov, N. E. Epishkov, S. V. Gluxov ; zayavitel' i patentoobladatel' N. E. Epishkov. № 2006110752 ; zayavl. 03.04.2006 ; opubl. 27.09.2006.

5. Pat. na izobr. 2321188 Rossijskaya Federaciya Plenochnyj elektronagrevatel' / N. E. Epishkov, E. N. Epishkov, S. V. Gluxov ; zayavitel' i patentoobladatel' N. E. Epishkov. № 200614292/09 ; zayavl. 04.12.2006.

6. Pat. na polez. model' 84660 Rossijskaya Federaciya. Plenochnyj elektronagrevatel' / N. E. Epishkov, S. V. Gluxov, E. N. Epishkov ; zayavitel' i patentoobladatel' N. E. Epishkov. № 2009106508 ; zayavl. 24.02.2009.

7. Afon'kina V. A. Infkrasnaya sushka termomobil'nogo rastitel'nogo syr'ya na primere zelenyx kul'tur. Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2015.

8. Popov V. M., Afon'kina V. A., Shukshina E. I. Sushka termolabil'nyx kul'tur v ik-diapazone s uchedom opticheskix svojstv produkta // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. : Energetika. 2012. № 37 (296). S. 90–92.

9. Kalinina T. O., Polyakova V. Yu., Kichin K. V. Sozdanie optimal'nyx teplovyx uslovij v teplicax v zimnij period // Molodoj uchenyj. 2016. № 29 (133). S. 81–86.

10. Blednyx V. V. Vysokoeffektivnaya texnologiya obogreva zhilyx i proizvodstvennyx pomeshhenij // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 4 (28). S. 81–83.

**Popov Vitaly Matveyevich**, D. Sc. (Engineering), Associate Professor, Head of the Department “Power Supply and Automation of Technological Processes”, South Ural State Agrarian University.  
E-mail: ntc-es@mail.ru.

**Epishkov Egor Nikolayevich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department “Power Supply and Automation of Technological Processes”, South Ural State Agrarian University.  
E-mail: een\_1978@mail.ru.

**Afonkina Valentina Alexandrovna**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department “Power Supply and Automation of Technological Processes”, South Ural State Agrarian University.  
E-mail: AfVa82@mail.ru.

**Krivosheeva Elena Ivanovna**, senior lecturer of the Department “Power Supply and Automation of Technological Processes”, South Ural State Agrarian University.  
E-mail: KuvshinkaLenchik@mail.ru.

### **Assessing the condition of Schumacher cutting unit segments**

**A. V. Starunov, Sh. S. Iksanov, G. O. Zhukov, A. M. Shestakov**

The article is devoted to studying the state of the Schumacher cutting unit segments installed on a wide range of modern harvesting machines of domestic and foreign design. The design and the operation principle of the cutting unit, the advantages and disadvantages of the applied method of cutting stems of plants are considered, with possible restoration and hardening of the surface of the cutting segments being analyzed. The technique of measuring the degree of wear of the cutting segments is presented along with the measurement results. It has been established that the surface wear of the cutting unit segments is linear and proportionally increasing, the maximum wear of the cutting segments caused by 90 hours of operation is 0.5 mm, while the maximum wear being on the toe of the segment. The hardness of the segment surface does not change during operation and remains 56–57 HRC. The change in the average mass of the cutting segments for an operating time of 90 hours is 13 grams. The wear rate of the cutting segments is 0.005 mm/h or 0.15 g/h.

*Keywords:* Schumacher cutting unit, clearance, cutting segment, double finger, stalk cut, wear pattern.



## References

1. Lebedev A. T., Pavlyuk R. V. Povyshenie effektivnosti raboty zernouborochnykh kombajnov // *Texnika v sel'skom khozyajstve*. 2012. № 1. S. 4–5.
2. Faronov A. S. Povyshenie remontoprigodnosti rezhushhego apparata dlya uborki sorgo modernizatsiej ego konstrukcii : dis. ... kand. texn. nauk. Volgograd, 2019. 161 s.
3. Aldoshin N. V., Zolotov A. A., Lylin N. A. Sovershenstvovanie konstrukcii segmento-pal'cevyykh rezhushhix apparatov // *Vestnik NGIEI*. 2017. № 6 (73), 46–53 s.
4. Sajt kompanii Gruppy Shumaxer. Rezhim dostupa : [http://www.ooo-schumacher.ru/uploaded/foto-catalog/2019/Catalog\\_Schumacher\\_2019.pdf](http://www.ooo-schumacher.ru/uploaded/foto-catalog/2019/Catalog_Schumacher_2019.pdf) (data obrashheniya: 27.01.2020).
5. GOST 158-74. Segmenty, plastiny protivorezhushhie i polosy nozhevye rezhushhix apparatov sel'skoxozyajstvennykh mashin. Mezhdgosudarstvennyj standart. Oficial'noe izdanie. Vveden v dejstvie postanovleniem Gosudarstvennogo komiteta standartov Soveta Ministrov SSSR ot 12 maya 1974 g. № 1112 Izdanie (oktyabr' 2001 g.) s Izmeneniyami № 1, 2, 3, 4, 5, 6, utverzhdannymi v noyabre 1978 g., iyune 1984 g., dekabre 1986 g., iyule 1987 g., iyune 1988 g., fevrale 1999 g. (IUS 1-79, 9-84, 2-87, 12-87, 9-88, 5-99). M. : IPK Izd-vo standartov, 2001.

**Starunov Alexandr Vladimirovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department “Technical Service of Machines, Equipment and Life Safety”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: alex\_starunov68@mail.ru.

**Iksanov Shamil Salikhovich**, Cand. Sc. (Engineering), Head of the Department of Information Technologies, South Ural State Agrarian University.

E-mail: snn.89@bk.ru.

**Zhukov Georgy Olegovich**, 2<sup>nd</sup>-year undergraduate student of the Department “Technical Service of Machines, Equipment and Life Safety”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: geo\_r@bk.ru.

**Shestakov Andrey Mikhailovich**, senior laboratory assistant of the Department “Technical Service of Machines, Equipment and Life Safety”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: alex\_starunov68@mail.ru.

## VETERINARY SCIENCES

### The role of salts of heavy metals in the development of diseases of the digestive tract of animals

**A. M. Gertman, T. S. Samsonova, E. M. Manina, N. F. Ufimtseva**

The article discusses the reasons for the development of gastroenteritis in calves and poultry in the conditions of natural and technogenic provinces. The experimental studies are carried out on the territory of Chelyabinsk Oblast with a developed industrial sector. Thus, there are emissions containing salts of heavy metals and elements are cumulated in soil and vegetation. When studying the finished feeds used for feeding the experimental animals, high contents of cadmium, nickel, and lead were revealed as well as iron in some samples. The level of bioelements was below the maximum allowable limit. The hematological study of experimental animals proved the content of cadmium, nickel, and lead to be higher than the reference values. The clinical study of experimental animals established characteristic symptoms of gastroenteritis and changes in stool tests. Two groups of sick heifers of 5–5.5 months and broilers of 7–9 days old were formed: the control and experimental ones. In the control group the complex treatment was based on etiotropic therapy (antimicrobial drugs). The heifers had symptomatic treatment (caffeine

sodium benzoate, glucose solution). In the experimental group, the treatment regimen was supplemented with mineral enterosorbents of local origin. The treatment lasted 14 days, during the period the animals' states were monitored, changes in the clinical and hematological status and safety were recorded. During the experiment in animals/poultry, a significant decrease in the level of toxic elements and an increase in the content of essential elements were established, the intake of feed and water was restored, breathing, temperature, the act of defecation and stool tests returned to normal. In the experimental group, this improvement was noted earlier. At the same time, safety was higher in groups receiving mineral enterosorbents as part of the treatment.

*Keywords:* environmental factors, etiology, gastroenteritis, treatment regimen, poultry, calves.

### References

1. Chelyabinskaya oblast' v cifrax. Rezhim dostupa : [https://chelstat.gks.ru/publication\\_collection/document/42480](https://chelstat.gks.ru/publication_collection/document/42480).
2. Mikroelementozy cheloveka: etiologiya, klassifikaciya, organopatologiya / A. P. Avsyn, A. A. Zhavoronkov, M. A. Rish, L. S. Strochkova. M. : Medicina, 1991. 496 s.
3. Endemicheskie bolezni sel'skoxozyajstvennyx zhivotnyx / N. A. Urazaev [i dr.]. M. : Agropromizdat, 1990. 271 s.
4. Rol' ekologicheskix faktorov v razvitiy nezaraznoj patologii v usloviyax tekhnologicheskoy provincii Yuzhnogo Urala / A. M. Gertman [i dr.] // Sovremennye podxody razvitiya APK : mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashh. 135-letiyu akademii. Kazan', 2008. T. 194. S. 37–41.
5. Samsonova T. S. Rasprostranenie i osobennosti lecheniya nezaraznoj patologii krupnogo rogatogo skota v usloviyax ekologicheskogo neblagopoluchiya // Veterinarnyj vrach. 2017. № 3. S. 57–60.
6. Ershov Yu. A., Pletneva T. V. Mexanizmy toksicheskogo dejstviya neorganicheskix soedinenij. M. : Medicina, 1989. 272 s.
7. Ximicheskie osnovy toksicheskogo dejstviya tyazhelyx metallov (obzor) / S. G. Skugoreva, T. Ya. Ashixmina, A. I. Fokina, E. I. Lyalina // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2016. № 1. S. 4–13.
8. Metody veterinarnoj klinicheskoy laboratornoj diagnostiki : spravochnik / pod red. prof. I. P. Kondraxina. M. : KolosS, 2004. 520 s.
9. Gribovskij G. P. Veterinarno-sanitarnaya ocenka osnovnyx zagryaznitelej okruzhayushhej sredy na Yuzhnom Urale. Chelyabinsk, 1996. 224 s.
10. Axtyamov R. Ya. Ekologicheskie aspekty primeneniya vermikulita v sel'skom xozyajstve // Ekol. probl. sel'sk. xoz-va i proizvodstva kachestvennoj produkcii : tez. dokl. Vseros. konf., posv. 20-letiyu Ural'skogo F-la VNIIVSGE. 1999. S. 15–18.

**Gertman Alexandr Mikhailovich**, D. Sc. (Veterinary), Professor, Head of the Department of Non-Communicable Diseases, South Ural State Agrarian University.

E-mail: [kdiagavm@inbox.ru](mailto:kdiagavm@inbox.ru).

**Samsonova Tatyana Sergeevna**, Cand. Sc. (Biology), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Non-Communicable Diseases, South Ural State Agrarian University.

E-mail: [tsamsonova01@mail.ru](mailto:tsamsonova01@mail.ru).

**Manina Ekaterina Mikhailovna**, Cand. Sc. (Veterinary), lecturer of the Department of Non-Communicable Diseases, South Ural State Agrarian University.

E-mail: [sunnykatya2006@mail.ru](mailto:sunnykatya2006@mail.ru).

**Ufimtseva Natalya Fedorovna**, OOO "Ravis – Sosnovskaya Poultry Farm".

E-mail: [Unf66@mail.ru](mailto:Unf66@mail.ru).



## The morphological and biochemical blood status of cows with echinococcosis in the conditions of the natural and technogenic province of the Southern Urals

F. G. Gizatullina, M. A. Derkho, S. V. Strizhikova, V. K. Strizhikov

The paper presents the results of studying the morphological and biochemical blood parameters of cows with echinococcosis in the conditions of the natural and technogenic province of the Southern Urals. The animals were diagnosed intravitaly with intradermal allergy tests. In the natural-feed conditions of the territory of the biogeochemical province, various aspects of the pathological effect of invasion and the increased content of some heavy metals on the body of cows, on the morphological and biochemical parameters of blood are determined. The possibility of using the allergic method for the intravital diagnosis of echinococcosis with hepatosis manifestation in animals in the conditions of a natural and technogenic zone is established, the pathophysiological features of invasion in animals are determined.

*Keywords:* cows, echinococcosis, natural and technogenic biogeochemical province, intradermal allergy test, morphological blood parameters, blood serum biochemical parameters.

### References

1. Vasil'ev A. A., Voskoboynik L. V. Ximicheskij sostav myasa ovec i svinej pri eksperimental'nom exinokokkoze // Byul. Vsesoyuznogo ordena Trudovogo Krasnogo Znameni instituta gel'mintologii im. K. I. Skryabina. M., 1975. № 16. 37 s.
2. Veterinarno-sanitarnaya ekspertiza, standartizaciya i sertifikaciya produktov / pod red. K. E. Elmesova, N. F. Shuklina. SPb. : OOO. «KomSnab», 2005. T. 2. S. 179–183.
3. Gertman A. M. Veterinarno-sanitarnye pokazateli myasa i moloka v zone anomal'nogo sodержaniya tyazhelyx metallov // Ekologicheskie problemy patologii, farmakologii i terapii zhivotnyx : mater. Mezhdunar. koord. soveshchaniya. Voronezh : VNIVIPFiT, 1997. S. 194.
4. Gertman A. M., Samsonova T. S., Ishmenev V. I. Lechenie korov pri osteodistrofii v usloviyax Yuzhnogo Urala // Veterinariya. 2012. № 1. S. 43–46.
5. Gertman A. M., Rulikova E. M. Korrekciya pokazatelej belkovyx soedinenij pri gepatoze molochnyx korov v usloviyax prirodno-technogennoj provincii // Innovacionnye resheniya aktual'nyx problem v APK : sb. mater. Vseros. nauch.-prakt. konf. molodyx uchenyx i specialistov. Ekaterinburg, 2013. S. 37–42.
6. Gizatullina F. G. Korrekciya estestvennoj rezistentnosti zhivotnyx pri patologiyax v ekologicheski neblagopoluchnyx usloviyax YUzhnogo Urala. Troick : Izd-vo UGAVM, 2006. 196 s.
7. Gizatullin I. A., Gizatullina F. G. Osobennosti immunobioximicheskogo statusa zhivotnyx v usloviyax technogennoj zagryazneniya okruzhayushhej sredy // Agrarnyj vestnik Urala. 2008. № 6. S. 75–77.
8. Gribovskij G. P. Veterinarno-sanitarnaya ocenka osnovnyx zagryaznitelej okruzhayushhej sredy na Yuzhnom Urale. Chelyabinsk, 1996. 225 s.
9. Glebochev S. N. Veterinarno-sanitarnaya ocenka kachestva myasa pri distroficheskix processax na raznyx stadiyax razvitiya // Veterinarnaya patologiya. 2008. № 1. S. 130–131.
10. GOST 23392-78 Myaso. Metody ximicheskogo i mikroskopicheskogo analiza svezhesti. Uтвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 20.12.78 г. № 3386. Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200021651> (data obrashheniya 09.12.2019).
11. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya nasele-niya v Chelyabinskoj oblasti v 2018 godu» / pod red. A. I. Semenova, N. N. Valeullinoy. Chelyabinsk : Upravlenie Rospotrebnadzora po Chelyabinskoj oblasti, FBUZ «Centr gigieny i epidemiologii v Chelyabinskoj oblasti», 2019. 283 s.
12. Derxo M. A., Koncevaya S. YU., Sockij P. A. Regulyaciya adaptacionnyx vozmozhnostej organizma bychkov ligfolom v usloviyax technogennoj provincii // Veterinariya. 2013. № 2. S. 33–35.
13. Zhuravec A. K. Cistnyj exinokokkoz – gidatidnaya bolezni' zhivotnyx i cheloveka. Novocherkassk, 2004. 507 s.
14. Zootexnicheskij analiz kormov / E. A. Petuxova [i dr.]. 2-e izd., dop. i pererab. M. : Agropromizdat, 1989. 239 s.

15. Inyukina T. A. Kachestvo i bezopasnost' produktov uboya krupnogo rogatogo skota i svinej pri exinokokkoze : dis. ... d-ra biol. nauk. Krasnodar : KubGAU, 2019. 452 s.
16. Laboratornye metody issledovaniya v klinike / pod red. V. V. Men'shikova. M. : Medicina, 1987. 368 s.
17. Lykasova I. A. Nauchno-eksperimental'noe obosnovanie primeneniya kornya solodki dlya snizheniya otricatel'nogo dejstviya xlororganicheskix pesticidov i tyazhelyx metallov na organizm zhivotnyx : dis. ... d-ra veterinar. nauk. Troick : UGAVM, 2000. 310 s.
18. Majstrenko V. N., Xamitov R. Z., Budnikov G. K. Ekologo-analiticheskij monitoring supertoksikantov. M. : Ximiya, 1996. 319 s.
19. Medicinskie laboratornye texnologii: rukovodstvo po klinicheskoy laboratornoj diagnostike : v 2 t. / V. V. Alekseev [i dr.] ; pod red. A. I. Karpishhenko. M. : GEOTAR-Media, 2012. T. 1. 472 s.
20. Merkur'eva E. K. Biometriya v selekcii i genetike sel'skoxozyajstvennyx zhivotnyx. M. : Kolos, 1970. 423 s.
21. Metody veterinarnoj klinicheskoy laboratornoj diagnostiki : spravochnik / pod red. I. P. Kondraxina. M. : KolosS, 2004. 520 s.
22. Normy i raciony kormleniya sel'skoxozyajstvennyx zhivotnyx : sprav. posobie / pod red. A. P. Kalashnikova [i dr.]. 3-e izd., pererab. i dop. M., 2003. 456 s.
23. Povod A. V. Rezul'taty bioximicheskogo issledovaniya myasa pri exinokokkoze krupnogo rogatogo skota // Vestnik FGBOU VPO RGATU. 2012. № 4 (16). S. 57–59.
24. Rulikova E. M. Lechenie gepatoza molochnyx korov v usloviyax prirodno-texnogennoj provincii Yuzhnogo Urala // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. E. Baumana, 2014. T. 220. S. 195–197.
25. Ryb'yanova Zh. S., Derxo M. A. Osobennosti morfologii eritrocitov v organizme telyat v usloviyax texnogennoj provincii // APK Rossii. 2017. T. 24. № 3. S. 687–692.
26. Safina E. F., Gizatullin I. A., Gizatullina F. G. Regulyaciya processov metabolizma v organizme korov v usloviyax biogeoximicheskoy provincii pri ispol'zovanii kormovoj dobavki «Guvitan-S» // Razrabotka i vnedrenie novyx texnologij polucheniya i pererabotki produkcii zhivotnovodstva : mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Troick, 2014. S. 103–108.
27. Tairova A. R. Sostoyanie zdorov'ya krupnogo rogatogo skota na zagryaznennyx tyazhelymi metallami territoriyax. Troick : UGAVM, 2006. 156 s.
28. Sharabrin I. G. Profilaktika narushenij obmena veshhestv u molochnyx korov. M. : Kolos, 1975. 304 s.
29. Shkuratova I. A., Papunidi K. X. Texnogennoe zagryaznenie okruzhayushhej sredy kak faktor zabolevaemosti zhivotnyx // Veterinarnyj vrach. 2000. № 2. S. 56–61.
30. Ximicheskoe zagryaznenie pochv i ix oxrana : slovar'-spravochnik / D. S. Orlov [i dr.]. M. : Agropromizdat, 1991. 303 s.

**Gizatullina Firdaus Gabdrakhmanovna**, D. Sc. (Biology), Professor of the Department of Infectious Diseases, South Ural State Agrarian University.

E-mail: gizatullina-f@mail.ru.

**Derkho Marina Arkadyevna**, D. Sc. (Biology), Professor, Head of the Department of Natural Sciences, South Ural State Agrarian University.

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

**Strizhikova Svetlana Vasilyevna**, D. Sc. (Biology), Professor, Professor of the Department of Morphology, Physiology and Pharmacology, South Ural State Agrarian University.

E-mail: strvict@ya.ru.

**Strizhikov Victor Konstantinovich**, D. Sc. (Veterinary), Professor, Professor of the Department of Morphology, Physiology and Pharmacology, South Ural State Agrarian University.

E-mail: strvict@ya.ru.



## STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCE

### Studying the chemical composition of oil flax varieties and their derivatives

N. V. Moskovenko, S. L. Tikhonov, N. V. Tikhonova

As a functional ingredient for enriched products, flax seeds or their derivatives can be used due to their unique chemical composition. The paper presents the study of the chemical composition of new selections of oil flax “Uralsky” and “Uralsky Yellow” which are grown on soils of Sverdlovskaya oblast. The seeds contain a significant amount of protein (17.08–17.6%), with the limiting amino acids being methionine and cysteine. The high content of the following essential amino acids is noted: leucine, valine, isoleucine, phenylalanine + tyrosine. Fatty acids in flax seeds are present in the amount of 44.8–46.2% and are represented by polyunsaturated fatty and saturated fatty acids (palmitic, stearic, oleic, etc.). Flax seeds contain a high content of macroelements (sodium, potassium, phosphorus) and microelements (iron, selenium, zinc, etc.), vitamins of group B and vitamins K and E. The carbohydrate composition of mucus shows that the content of galactose in flax seeds of the variety “Uralsky Yellow” is 15% less, rhamnose is 30% less as compared to flax seeds of the variety “Uralsky”. Glucose and xylose in the variety “Uralsky Yellow” are 15% and 30% more, respectively, as compared to the variety “Uralsky”. The flour made from flax seeds of the varieties “Uralsky” and “Uralsky Yellow”, respectively, differs from wheat flour with its high content of macro- (protein, fat, carbohydrates) and micronutrients (minerals, vitamins K and E).

*Keywords:* oil flax, chemical composition, amino acids, fatty acid composition, carbohydrate composition of mucus.

#### References

1. Goreeva V. N., Korepanova E. V., Koshkina K. V. Soderzhanie zhira i sbor masla kollekcionnymi obrazcami l'na maslichnogo // Vestnik Izhevskoj GSXA. 2012. № 3. S. 6–7.
2. Kolotov A. P. Kachestvo osnovnoj produkcii l'na maslichnogo v usloviyax Srednego Urala // Permskij agrarnyj vestnik. 2017. № 2 (18). S. 23–28.
3. Moskovenko N. V., Stepanov V. V. Proizvodstvo funkcional'nyx produktov na osnove mikroklonirovannoj klubniki // Prodoovol'stvennaya bezopasnost' : mater. Mezhdunar. konf. nauch.-issled. proektov molodezhi. Ekaterinburg, 2014. S. 125–126.
4. Moskovenko N. V., Tixonova N. V. Issledovanie potrebitel'skix svojstv obogashennyx ekstruzionnyx pishhevyyx produktov // Potrebitel'skij rynek: kachestvo i bezopasnost' tovarov i uslug : mater. VIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii. Orel, 2015. S. 352–356.
5. Lukomec V. M. Nauchnoe obespechenie proizvodstva maslichnyx kul'tur. Krasnodar, 2006. 216 s.
6. Moskovenko N. V., Tixonova N. V., Tixonov S. L. Pishhevaya cennost' obogashennyx plodovoyagodnyx polufabrikatov v processe xraneniya // Pishha, ekologiya, kachestvo : tr. XIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii. Krasnoyarsk, 2016. S. 356–360.
7. Polyakov A. V., Zagoskina N. V. Len kak istochnik pishhevogo belka i nezamenimyy aminokisloty // Klinicheskaya fitoterapiya i fitoksidoterapiya, biologicheski aktivnye pishhevye dobavki (BAD). Chernogolovka, 2009. S. 128–132.
8. Ponomareva M. L., Krasnova D. A. Selekcionno-geneticheskie aspekty izucheniya l'na maslichnogo v usloviyax Respubliki Tatarstan. Kazan' : Izd-vo «Fen» AN RT, 2010. 144 s.
9. Uglevodnyj sostav slizi iz semyan l'na i ego svyaz' s morfologicheskimi priznakami / E. A. Poroxovina, A. V. Pavlov, N. B. Brach, K. Morvan // Sel'skoxozyajstvennaya biologiya. 2017. T. 52. S. 161–171.
10. Osobennosti ximicheskogo sostava semyan nekotoryx maslichnyx kul'tur / I. V. Shvedov [i dr.] // Nauchno-texnicheskie aspekty proizvodstva ekologicheskix chistyx masel, belkovyyx produktov s vysokimi potrebitel'skimi kachestvami : sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-proizvodstv. konf. «Texnologicheskie svojstva novyx gibridov i sortov maslichnyx i efiromaslichnyx kul'tur. Krasnodar, 2003. S. 80–87.

**Moskovenko Nadezhda Vladimirovna**, Cand. Sc. (Engineering), Professor, Ural State Economic University.

E-mail: mik\_ml@mail.ru.

**Tikhonov Sergey Leonidovich**, D. Sc. (Engineering), Professor, Ural State Economic University.

E-mail: tihonov75@bk.ru.

**Tikhonova Natalia Valeryevna**, D. Sc. (Engineering), Professor, Ural State Economic University.

E-mail: tihonov75@bk.ru.





## Правила предоставления рукописей статей в научный журнал «АПК России»

Представленная в электронном варианте статья должна соответствовать **научному профилю** журнала.

Объем текста статьи не должен превышать 15 стр. для доктора наук, для остальных авторов объем статьи составляет от 5 до 10 стр. Ответственность за использование данных, не предназначенных для открытой публикации, несут авторы статей в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Статья должна содержать: аннотацию, ключевые слова, основной текст, сведения об авторах (фамилия, имя, отчество авторов полностью; место работы, занимаемая должность; ученая степень, звание; адрес для переписки, e-mail и телефоны для связи), список литературы.

Рекомендуемый объем аннотации – не более 5–7 строк. Не следует начинать аннотацию с повторения названия статьи! В аннотации необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (желательно с приведением количественных данных), кратко и четко сформулировать выводы. В аннотации не допускается разбивка на абзацы и использование вводных слов и выражений, элементы сложного форматирования (индексы, символы и т. п.).

Структура статьи должна содержать следующие **основные** разделы:

1. Введение.
2. Методы исследования.
3. Результаты исследований.
4. Обсуждения.
5. Список литературы (ГОСТ Р 7.0.5–2008)

Новизна может быть не общенаучной, а отраслевой. Статья не должна иметь фактических ошибок, выводы и заключения не должны противоречить известным законам природы и общенаучным истинам.

Автор (авторы) заполняют анкету при представлении в редакцию статьи.

Невыполнение вышеуказанных требований в полном объеме является поводом для отказа в приеме материала статьи.

Статьи, соответствующие указанным требованиям, регистрируются редакцией.

Решение о публикации статьи принимается по результатам **рецензирования** и обсуждения на редколлегии. За достоверность и оригинальность материалов ответственность несут авторы. Авторы гарантируют, что текст статьи оригинальный (85-90% оригинальности по системе Антиплагиат), публикуется впервые.

Информацию о прохождении статьи авторы могут уточнить по тел. редакции: +7 (351) 266-65-20, а также по электронной почте: [gusapk@bk.ru](mailto:gusapk@bk.ru).

Представляя свои материалы для опубликования, автор тем самым дает согласие на размещение электронной версии своей статьи на сайте и в научной библиотеке вуза, а также в электронной научной библиотеке eLibrary в открытом доступе.

Все статьи рецензируются, отклоненные статьи авторам не возвращаются, о причинах отклонения автор уведомляется на основании заключения редколлегии.

Гонорар за публикации не предусмотрен.

### Правила оформления статьи

ФИО авторов полностью, место работы, занимаемая должность; ученая степень, звание, телефон и e-mail (каждого автора).

Аннотация.

Ключевые слова.

Все поля – 2 см. Шрифт текста – TimesNewRoman. Размер шрифта – 14 пт, интервал – 1,5.

Буквы латинского алфавита – курсивного начертания, буквы греческого и русского алфавитов, индексы и показатели степени, математические символы  $\lim$ ,  $\lg$ ,  $\text{const}$ ,  $\cos$ ,  $\sin$ ,  $\max$ ,  $\min$  и др. – прямого начертания.

Набор формул в стандартных редакторах формул MathType либо Equation, шрифт Times New Roman. Нумеровать только те формулы, на которые есть ссылки в тексте. Номер формулы ставить с правой стороны в конце формулы с выравниванием по правой границе страницы. Обозначения в формулах: прямо – русские буквы, греческие символы, функции, цифры; курсив – латинские буквы.

Таблицы и рисунки помещать за первой ссылкой на них в тексте после окончания абзаца. Графики и диаграммы должны быть активны и сохранены в отдельной папке с обозначением каждого рисунка, согласно тексту статьи. Рисунки выполнять, используя программные продукты, и представлять в виде отдельного файла: в растровом формате Tiff, JPG, BMP (300 dpi); в векторных форматах CDR, EPS, wmf; рисунки Word – в формате DOC.

Фотографии выполнять с разрешением не менее 600 dpi.

Обозначения, термины и иллюстративный материал должны соответствовать действующим государственным стандартам.

Список литературы должен быть оформлен в соответствии с последовательностью ссылок в тексте согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Все аббревиатуры необходимо расшифровать.

*С уважением,  
редакция журнала*



В редакцию журнала «АПК России»

**Анкета автора\***  
**представленной в редакцию рукописи статьи:**

\_\_\_\_\_

(название статьи)

ФИО (полностью)	
Ученая степень	
Ученое звание (при наличии)	
Должность	
Место работы, учебы (полное наименование организации)	
Адрес места работы, учебы (с указанием индекса)	
Контактный телефон (с указанием кода города)	
Адрес электронной почты	
Адрес, на который следует выслать авторский экземпляр журнала (с указанием индекса)	
Иные сведения	

\* – В случае подготовки статьи в соавторстве сведения предоставляются каждым из авторов.



---

Вниманию читателей!

Подписку на журнал можно оформить  
в почтовых отделениях ФГУП «Почта России».

Издание включено в объединенный  
и электронный каталог «Пресса России».

Требования к статьям, представляемым  
к публикации, размещены на сайтах журнала:  
<http://www.rusapk.ru>, <http://rusapk.sursau.ru>

Полнотекстовая версия журнала «АПК России»  
размещена на сайте электронной научной  
библиотеки: <http://www.elibrary.ru>,  
сайте журнала: <http://www.rusapk.ru>,  
сайте Университетской библиотеки онлайн:  
[www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru).

Dear Readers, attention, please!

Subscription to the journal can be obtained at post  
offices «Russian Post».

The journal is included in the combined  
and the electronic catalog «Press of Russia.»

Requirements for articles submitted for publication,  
available on the websites:  
<http://www.rusapk.ru>, <http://rusapk.sursau.ru>

The full-text version of the journal  
«Agro-Industrial Complex of Russia» is available  
online on the e-Science Library website:  
<http://www.elibrary.ru>,  
on the journal website: <http://www.rusapk.ru>,  
on the University Library website: [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru).

---



Верстка  
*М. В. Шингареева*

Корректор  
*М. В. Вербина*

Design  
*M. V. Shingareeva*

Proof reader  
*M. V. Verbina*

Перевод на англ. язык – *И. Ю. Новикова*

English rendering – *I. Y. Novikova*

Подписано в печать: 15.06.2020  
Дата выхода в свет: 29.06.2020  
Формат 60×84/8. Гарнитура Times  
Усл. печ. л. 21,2. Тираж 300 экз.  
Заказ № 46

Signed to print: 15.06.2020  
Release date: 29.06.2020  
Format 60×84/8. Times script  
Conventional printed sheet 21,2  
Circulation 300 copies  
Order № 46

Адрес редакции: 454080, г. Челябинск,  
пр. им. В. И. Ленина, 75. Тел.: 8(351) 266-65-20

Editors office: 454080, Chelyabinsk,  
Lenin Avenue, 75. Phone: 8(351) 266-65-20

Адрес издателя: Южно-Уральский  
государственный аграрный университет  
457100, г. Троицк, ул. Гагарина, 13  
Тел.: 8(35163) 2-00-10, факс: 8(35163) 2-04-72  
E-mail: [tvi\\_t@mail.ru](mailto:tvi_t@mail.ru)

Publishers address: South-Ural State  
Agrarian University  
457100, Troitsk, Gagarin Str, 13  
Phone: 8(35163) 2-00-10, Faxe: 8(35163) 2-04-72  
E-mail: [tvi\\_t@mail.ru](mailto:tvi_t@mail.ru)

Отпечатано: Южно-Уральского ГАУ,  
Адрес: 454080, г. Челябинск, ул. Энгельса, 83

Printed in South-Ural State Agrarian University  
Publishing House: 454080, Chelyabinsk,  
Engels Str., 83

Свободная цена

Free-market price