

# АПК РОССИИ

AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF RUSSIA

Научный журнал

ISSN 2587-8824

2022

Том 29 № 1



**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ**  
**ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ**  
**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**  
**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ**

ISSN 2587-8824

# АПК России

Научный журнал

Основан в 1993 году

Том 29  
№ 1



Челябинск  
2022

16+



ISSN 2587-8824

# Agro-Industrial Complex of Russia

Scientific Journal

Published since 1993

Volume 29  
Issue 1



Chelyabinsk  
2022



**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)

**Главный редактор**

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

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

Гриценко С. А., д-р биол. наук

Дерхо М. А., д-р биол. наук, проф.

Козак С. С., д-р биол. наук

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

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

Тюлебаев С. Д., д-р с.-х. наук, проф.

Васильев А. А., д-р с.-х. наук

Горбачева А. Г., д-р с.-х. наук

Зезин Н. Н., д-р с.-х. наук

Панфилов А. Э., д-р с.-х. наук, проф.

Порсев И. Н., д-р с.-х. наук

Синявский И. В., д-р биол. наук

Астафьев В. Л., д-р техн. наук, проф.

Гриценко А. В., д-р техн. наук

Буторин В. А., д-р техн. наук, проф.

Горшков Ю. Г., д-р техн. наук, проф.

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

Шепелёв С. Д., д-р техн. наук

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

Фоминых А. В., д-р техн. наук, проф.

Чарыков В. И., д-р техн. наук, проф.

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

Линенко А. В., д-р техн. наук, проф.

Алымбеков К. А., д-р техн. наук

Менков Н. Д., д-р техн. наук

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

Резниченко И. Ю., д-р техн. наук, проф.

Тихонов С. Л., д-р техн. наук, проф.

Тошев А. Д., д-р техн. наук, проф.

**Editorial board**

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

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

Gritsenko S. A., Dr. Sci. (Biological)

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

Kozak S. S., Dr. Sci. (Biological)

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

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

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

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

Gorbacheva A. G., Dr. Sci. (Agricultural)

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

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

Porsev I. N., Dr. Sci. (Agricultural)

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

Astafyev V. L., Dr. Sci. (Technical), Professor

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Reznichenko I. Y., Dr. Sci. (Technical), Professor

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

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

Учредитель:

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

## СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENT

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### TECHNICAL SCIENCE

<b>Буторин В. А., Саплин Л. А., Вовденко К. П., Ткачев А. Н.</b> Интенсивность изнашивания подшипниковых щитов электродвигателей в животноводстве при ременной передаче крутящего момента ..... 7	<b>Butorin V. A., Saplin L. A., Vovdenko K. P., Tkachev A. N.</b> Wear intensity of bearing shields in electric motors used in animal husbandry with torque belt transmission ..... 7
<b>Веселовский А. А., Немцев А. Е., В. В. Ерофеев, Трояновская И. П.</b> Повышение износостойкости чугунных зубчатых колес за счет термодиффузионного покрытия ..... 11	<b>Veselovsky A. A., Nemtsev A. E., Erofeev V. V., Troyanovskaya I. P.</b> Increased wear resistance of cast iron gears due to thermal diffusion coating ..... 11
<b>Веселовский А. А., Немцев А. Е., Трояновская И. П., Ерофеев В. В.</b> Обоснование эффективности замены стальных червяков на чугунные червяки с диффузионным покрытием на примере редуктора 1Ч63 ..... 18	<b>Veselovsky A. A., Nemtsev A. E., Troyanovskaya I. P., Erofeev V. V.</b> Substantiating the effectiveness of replacing steel worms with cast-iron worms with a diffusion coating exemplified with a 1Ch63 gearbox ..... 18
<b>Гордеев О. В., Латыпов Р. М.</b> Ротационный рабочий орган для обработки почвы между кустами в рядах ягодных культур ..... 26	<b>Gordeev O. V., Latypov R. M.</b> Rotary working body for tillage between bushes in the rows of berry crops ..... 26
<b>Калимуллин М. Н., Латыпов Р. М., Саврасова Н. Р., Козлов А. Н., Латыпов Р. Р.</b> Движение клубня картофеля, покинувшего барабан высаживающего аппарата дискового типа ..... 30	<b>Kalimullin M. N., Latypov R. M., Savrasova N. R., Kozlov A. N., Latypov R. R.</b> The movement of a potato tuber left the drum of a disc-type planter ..... 30
<b>Курносов А. Ф., Гуськов Ю. А., Корниенко В. Н., Галынский А. А.</b> Совершенствование способа оценки технического состояния цилиндропоршневой группы на основе внешней импульсно-силовой характеристики двигателя ..... 36	<b>Kurnosov A. F., Guskov Yu. A., Kornienko V. N., Galynsky A. A.</b> Improving the method for assessing the technical condition of the cylinder-piston group based on the external impulse-power characteristic of the engine ..... 36
<b>Моисеев А. П., Волгин А. В., Каргин В. А., Чарыков В. И., Усанов К. М.</b> Система автоматического управления силовым электромагнитным приводом для оглушения скота ..... 42	<b>Moiseev A. P., Volgin A. V., Kargin V. A., Charykov V. I., Usanov K. M.</b> Automatic control system of power electromagnetic drive for livestock stunning ..... 42
<b>Окунев Г. А., Зырянов А. П., Пятаев М. В.</b> Влияние конструктивных и эксплуатационных параметров агрегата на рациональное положение центра тяжести дополнительного прицепного ведущего моста ..... 48	<b>Okunev G. A., Zyryanov A. P., Pyataev M. V.</b> The influence of the design and operational parameters of the unit on the rational position of the center of gravity of the additional trailed drive axle ..... 48
<b>Плаксин А. М., Шепелёв С. Д., Власов Д. Б., Кравченко Е. Н.</b> Результаты расчетно-экспериментального метода установления показателей использования и надежности агрегатов в растениеводстве ..... 54	<b>Plaksin A. M., Shepelev S. D., Vlasov D. B., Kravchenko E. N.</b> The results of the calculation-experimental method for establishing indicators for the use and reliability of aggregates in crop production ..... 54

<b>Попова А. Г., Апаликов В. О.</b> Установка рекуперации паров бензина адсорбционного типа для автозаправочных станций.....	62
<b>Саплин Л. А., Буторин В. А., Молчан А. М.</b> Модель долговечности обмоток погружных электродвигателей.....	66

<b>Popova A. G., Apalikov V. O.</b> Gasoline vapor recovery unit of adsorption type for petrol stations .....	62
<b>Saplin L. A., Butorin V. A., Molchan A. M.</b> Winding durability model for submersible motors .....	66

#### ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ

<b>Мионов А. Н., Плешков В. А., Зубова Т. В.</b> Стимуляция резистентности новорожденных телят .....	70
<b>Сайфульмулюков Э. Р., Мифтахутдинов А. В., Ноговицина Е. А., Ребезов М. Б.</b> Биохимический профиль крови и химический состав мяса птицы в условиях развития транспортного и теплового стрессов у цыплят-бройлеров на фоне применения фармакологических средств.....	78

<b>Mironov A. N., Pleshkov V. A., Zubova T. V.</b> Stimulation of resistance in newborn calves.....	70
<b>Saifulmulyukov E. R., Miftakhutdinov A. V., Nogovitsina E. A., Rebezov M. B.</b> Biochemical profile of blood and chemical composition of poultry meat in the conditions of development of transport and heat stresses in broiler chickens against the background of the use of pharmacological agents.....	78

#### VETERINARY SCIENCES

#### ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

<b>Идырышев Б. А., Нургазезова А. Н., Ребезов М. Б., Касымов С. К., Мифтахутдинов А. В., Атамбаева Ж. М.</b> Качественные показатели полуфабриката рубленого мясодержащего со жмыхом кедрового ореха (семян <i>Pinus sibirica</i> ).....	83
<b>Шелепов В. Г., Углов В. А., Бородай Е. В., Позняковский В. М.</b> Мясо копытных животных – перспективный стратегический резерв производства мясной продукции массового и специализированного назначения .....	90

#### STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCE

<b>Idyryshev B. A., Nurgazezova A. N., Rebezov M. B., Kasymov S. K., Miftakhutdinov A. V., Atambaeva Zh. M.</b> Qualitative indicators of a semi-finished product of chopped meat-containing pine nuts with cake ( <i>Pinus sibirica</i> seeds).....	83
<b>V. G. Shelepov, V. A. Uglov, E. V. Borodai, V. M. Poznyakovsky</b> Meat of ungulates as a promising strategic reserve for the production of meat products for mass and specialized purposes.....	120

УДК 621.313.13

**ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ ПОДШИПНИКОВЫХ  
ЩИТОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ  
ПРИ РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧЕ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА****В. А. Буторин, Л. А. Саплин, К. П. Вовденко, А. Н. Ткачев**

В работе отмечено, что слабыми звеньями электродвигателя является обмотка и его подшипниковые узлы. На долю этих узлов приходится до 98–99% отказов электродвигателей. Высокая интенсивность отказа электродвигателей в сельскохозяйственном производстве происходит из-за тяжелых условий эксплуатации в этой отрасли. Качество изготовления и ремонта электродвигателей отражает свойство надежности – долговечность. Подшипниковый узел имеет два слабых звена, подшипник и посадочное место в подшипниковом щите под подшипник. Долговечность посадочного места в подшипниковом щите связана с его интенсивностью изнашивания. Целью работы является оценка интенсивности изнашивания посадочного места подшипникового щита под подшипник электродвигателя в условиях животноводства при клиноременной передаче крутящего момента. В работе был выбран объект исследования, определены факторы, влияющие на интенсивность изнашивания посадочного места в подшипниковом щите, установлены уровни их варьирования при испытаниях. На разработанном стенде имитировались воздействия факторов на объект исследования. Испытания проводились согласно активного планирования по плану 2<sup>3</sup>. Полученные результаты при экспериментах проверялись на воспроизводимость по критерию Кохрена, на значимость коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента, на адекватность модели по критерию Фишера. По результатам исследования была получена полиномиальная модель интенсивности изнашивания от воздействующих факторов. Средняя интенсивность изнашивания составила  $1,14 \cdot 10^{-3}$  мкм/ч. В выбранных интервалах варьирования при клиноременной передаче крутящего момента основное влияние на износ оказывает постоянная нагрузка. Статья будет полезна работникам ремонтных и сервисных организаций, занимающихся надежностью электродвигателей.

*Ключевые слова:* электродвигатель, подшипниковый узел, посадочное место, подшипниковый щит, интенсивность износа.

Анализ выхода из строя электродвигателей показывает, что наиболее слабыми их узлами являются обмотка и подшипниковые узлы. Из-за отказов обмотки и подшипниковых узлов выходит из строя до 98–99% электродвигателей. Большая доля выхода из строя электродвигателей наблюдается из-за повреждения обмоток [1, 2, 3, 4]. Данные работы [4] показывают, что в хозяйствах по откорму свиней Московской области из-за отказа подшипниковых узлов выходит из строя до 10% электродвигателей.

С повышением качества электроизоляционных материалов, используемых при намотке обмоток статора, следует ожидать изменение распределения отказов по узлам электрических

машин. К этому может привести неодинаковое восприятие нагрузок современных материалов к условиям эксплуатации. Вследствие этого относительная интенсивность отказов подшипниковых узлов также изменится. Высокая интенсивность отказа электродвигателей в сельскохозяйственном производстве происходит из-за тяжелых условий эксплуатации в этой отрасли. Особенно это проявляется в животноводстве. В этих условиях заметное влияние оказывают силовые нагрузки и факторы окружающей среды на узлы электродвигателей [5, 6, 7, 8].

Главным свойством надежности электродвигателей, определяющим качество их изготовления и ремонта, является долговечность.



Долговечность зависит от интенсивности старения и износа узлов электродвигателя. Подшипниковый узел имеет два «слабых» звена: подшипник и посадочное место под подшипник в подшипниковом щите.

**Целью настоящей работы** является оценка интенсивности изнашивания посадочного места под подшипник в подшипниковом щите электродвигателей для условий животноводства при клиноремонной передаче крутящего момента.

**Материалы и методы исследования**

Для проведения исследования в качестве объекта изучения был выбран нашедший широкое распространение в животноводстве электродвигатель типоразмера 4А100L4У3 мощностью 4,0 кВт, синхронной частотой вращения 1500 мин<sup>-1</sup>.

Были выбраны воздействующие на подшипниковые узлы факторы, характерные для условий животноводства, установлены параметры их распределения. На основе этих распределений были получены уровни варьирования факторов, соответствующие условиям живот-

новодства, при испытании интенсивности износа посадочных мест подшипниковых щитов. Эти уровни представлены в таблице 1.

На основании установленных уровней варьирования факторов был разработан стенд. Испытания проводились согласно активного планирования эксперимента по плану 2<sup>3</sup> с четырехкратной повторностью (табл. 2) [9, 10].

Обработка результатов проводилась по методике [11, 12]. Коэффициенты уравнения регрессии находились по формулам:

$$b_0 = \frac{\sum \bar{V}_i}{N}; \quad b_i = \frac{\sum \bar{V}_i X_i}{N}; \quad b_{ei} = \frac{\sum \bar{V}_i X_{ei} X_{ji}}{N}, \quad (1)$$

где  $\bar{V}_i$  – среднее значение интенсивности износа в  $i$ -м опыте;

$X_{ei}$  – значение фактора  $X_e$  в  $i$ -м опыте;

$X_{ji}$  – значение фактора  $X_j$  в  $i$ -м опыте;

$N$  – количество опытов.

Полученные значения в опытах при экспериментах проверялись на воспроизводимость

Таблица 1 – Уровни воздействующих факторов при испытании интенсивности изнашивания посадочных мест подшипниковых щитов электродвигателей

Условия планирования	Постоянное усилие, кгс (н)		Переменное усилие, кгс (н)		Относительная влажность, %	
	Значения факторов					
	натуральное, $P$	код, $X_1$	натуральное, $\tilde{P}$	код, $X_2$	натуральное, $W$	код, $X_3$
Основной уровень	99,8(979)	0	3,7(36)	0	85	0
Интервал варьирования	30,4(298)	1	3,6(35)	1	15	1
Верхний уровень	130,2(1277)	+1	7,3(72)	+1	100	+1
Нижний уровень	69,4(681)	-1	0,1(1)	-1	70	-1

Таблица 2 – Матрица планирования опытов полнофакторного эксперимента 2<sup>3</sup>

№ п/п	Условия проведения опытов						
	Фактор						
	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{23}$
1	+	+	+	-	+	-	-
2	+	+	-	-	-	-	+
3	+	-	+	-	-	+	-
4	+	-	-	-	+	+	+
5	+	+	+	+	+	+	+
6	+	+	-	+	-	+	-
7	+	-	+	+	-	-	+
8	+	-	-	+	+	-	-



по критерию Кохрена, на значимость коэффициентов полиномиального выражения по критерию Стюдента, на адекватность установленной полиномиальной зависимости по критерию Фишера [13, 14].

### Результаты

В результате обработки данных эксперимента была установлена полиномиальная зависимость:

$$V = (1,14 + 0,49 + 0,46 + 0,09) \cdot 10^{-3} \text{ мкм/ч.} \quad (2)$$

Раскодирование полиномиальной зависимости проводилось с помощью уравнений:

$$X_1 = \frac{P - 99,8}{30,4}; \quad X_2 = \frac{\tilde{P} - 3,7}{3,6}; \quad X_3 = \frac{W - 85}{15}. \quad (3)$$

После раскодирования было получено следующее уравнение регрессии:

$$V = (-2,0 + 0,016P + 0,1285 + 0,0125W) \cdot 10^{-3} \text{ мкм/ч.} \quad (4)$$

Результаты исследования, приведенные в работе, будут полезны специалистам научно-исследовательских организаций, а также инженерно-техническим работникам заводов-изготовителей, специализированных ремонтных и сервисных предприятий, занимающихся вопросами повышения надежности электродвигателей.

### Выводы

Таким образом, анализ уравнения регрессии (2) показывает, что не все факторы равномерно оказывают влияние на интенсивность изнашивания посадочного места под подшипник в подшипниковом щите электродвигателя. В выбранных интервалах варьирования факторов главное влияние на интенсивность изнашивания посадочного места в подшипниковом щите оказывает постоянная нагрузка, затем переменная нагрузка, в последнюю очередь относительная влажность окружающей среды.

### Список литературы

1. Гольдберг О. Д., Хелемская С. П. Надежность электрических машин. М. : Изд. центр «Академия», 2010. 288 с.

2. Гольдберг О. Д. Проектирование электрических машин. М. : Высш. шк., 2006. 210 с.

3. Кузнецов Н. Л. Надежность электрических машин. М. : Изд. дом МЭИ, 2006. 432 с.

4. Мишин И. С., Глебович А. А. Основные направления повышения надежности электродвигателей в сельском хозяйстве // Труды ВСХИЗО. 1977. № 135.

5. Inhibitory protection of bearing units of electric motors in animal husbandry / V. A. Butorin [et al.] // E3S Web of Conferences. International Conference "Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic" (EFSC2021). 2021. С. 07018.

6. Банин Р. В., Буторин В. А., Царев И. Б. Исследование скорости увеличения радиального зазора в подшипниках асинхронного двигателя при передаче крутящего момента механической муфтой в условиях сельскохозяйственного производства // АПК России. 2021. Т. 28. № 2. С. 183–187.

7. Butorin V. A., Tsarev I. B., Guseynov R. T. Bench-Scale Tests Aimed at Finding Rate and Acceleration of Wear Determining Service Life of Thrust Bearing in Submersible Electric Motor // Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). Lecture Notes in Mechanical Engineering. Cham, 2020. С. 1089–1095.

8. Butorin V. A., Guseinov R. T. Main factors affecting the bearing units service life in submersible electric motors // LIII international scientific and technical conference "Science achievements for agro-industrial production". Russia, Chelyabinsk, February 2014, Part. 2014. № 3. С. 241.

9. Изаков Ф. Я. Планирование эксперимента и обработка опытных данных : учеб. пособие. Челябинск : ЧГАУ, 2003. 198 с.

10. Серафимович Л. П. Планирование эксперимента. Томск : Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2006. 128 с.

11. Ивобоненко Б. А., Ильинский Н. Ф., Копылов И. П. Планирование эксперимента в электромеханике. М. : Энергия, 1975. 184 с.

12. Юдин Ю. В. Организация и математическое планирование эксперимента. Екатеринбург : Изд-во Уральского университета, 2018. 124 с.

13. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. М. : Высш. шк., 1997. 400 с.

14. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М. : Высш. шк., 2001. 575 с.

15. Буторин В. А., Саплин Л. А., Молчан А. М. Математическая модель контрольных испытаний на надежность отремонтированных погружных электродвигателей // АПК России. 2021. Т. 28. № 2. С. 193–199.

---

**Буторин Владимир Андреевич**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: butorin\_chgau@list.ru.

**Саплин Леонид Алексеевич**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: lsaplin@mail.ru.

**Вовденко Константин Петрович**, канд. техн. наук, старший преподаватель, Трехгорный технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования: «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

E-mail: vovdenkokp@rambler.ru.

**Ткачев Андрей Николаевич**, канд. техн. наук, доцент, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет».

E-mail: tkachevan@inueco.ru.

\* \* \*

## ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЧУГУННЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ЗА СЧЕТ ТЕРМОДИФфуЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ

**А. А. Веселовский, А. Е. Немцев, В. В. Ерофеев, И. П. Трояновская**

Статистика наработок на отказ сельскохозяйственных машин по причине предельного износа шестерен выявила, что предельная величина износа зубьев составляет 0,5–0,8 мм. Замена традиционно применяемых в трансмиссиях и коробках передач транспортно-технологических машин агропромышленного комплекса стальных шестерен на шестерни из высокопрочного чугуна ВЧ 60 экономически выгодна. Для повышения износостойкости и ресурса чугунных зубчатых колес предложено применение термодиффузионных покрытий. Термодиффузионное насыщение прямозубых зубчатых колес проводилось контактным способом в порошковой среде, содержащей ферросплавы основных диффузانتов, окись алюминия и хлористый аммоний. В качестве диффундирующих элементов были выбраны ванадий, хром и марганец. Температура насыщения составляла 1020–1050 °С, длительность обработки – 5 часов для ванадиевых покрытий и 10–12 часов для хромовых и марганцевых покрытий. После проводились исследования по оценке износостойкости чугунных шестерен с термодиффузионными карбидными покрытиями хромом, ванадием и марганцем по сравнению с традиционными стальными шестернями после цементации и последующей закалки. Испытания на износостойкость проводились в собранной коробке передач с использованием токарного станка, кинематика которого обеспечивала нагружающий момент сопротивления. Время испытаний соответствовало времени наработки выходным валом коробки передач  $5 \cdot 10^6$  циклов вращения. После выработки необходимого количества циклов шестерни отправлялись на электронно-микроскопические исследования, взвешивались до третьего знака после запятой для определения массового износа до и после испытаний. В результате построены графики зависимости массового износа от числа циклов нагружения. Получено, что износостойкость чугунных шестерен с термодиффузионными карбидными покрытиями в несколько раз превышает износостойкость стальных шестерен после цементации и закалки.

*Ключевые слова:* износ зубчатых колес, термодиффузионные карбидные покрытия, чугунные шестерни; наработка на отказ.

В Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной 30 января 2020 года Президентом Российской Федерации, указано на необходимость устойчивого развития отечественного производства продовольствия и сырья для обеспечения продовольственной независимости страны. Государственная программа сырья и продовольствия на 2018–2022 годы (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2017 года № 446) предусматривает инновационное развитие отрасли, ускоренный переход к использованию технологий. В результате реализации программы базовые показатели социально-экономического развития сельского хозяйства должны существенно улучшиться. Однако объемы поставок сельхозтехники и энергообеспеченность сельскохозяйственных организаций явно недостаточны [1]. Остаются низкими показатели надежности отечественной

техники в условиях эксплуатации. Невысокая надежность машин стала серьезным фактором низких экономических показателей отрасли. Только ежегодные потери зерна достигают 15 млн тонн. Сроки фактической эксплуатации машин и оборудования превышают нормативные в 2–3 раза. Затраты на ремонт техники в настоящее время составляет почти 60 млрд рублей, или 10% от всей выручки за всю произведенную продукцию [2]. Отсутствие целого ряда позиций техники конкурентоспособного отечественного производства вынуждает наиболее крупные и эффективные хозяйства покупать зарубежную технику – более дорогую с лучшими эргономическими характеристиками. Однако для импортных машин в современных условиях остро стоит проблема технического сервиса. Практически на все типы сложных машин из-за отсутствия рабочей конструкторской документации отсутствуют

технологии ремонта, высокие затраты на запасные части. Повысить эффективность технологий технического сервиса отечественных и импортных машин и снизить эксплуатационные затраты можно путем организации восстановления деталей [3, 4, 5].

Поэтому продление ресурса эксплуатации отдельных звеньев механизмов, узлов, агрегатов в целом является важной задачей сельскохозяйственной отрасли на сегодняшний день. Одним из способов решения является применение новых материалов и покрытий, снижающих темп износа трущихся поверхностей агрегатов и узлов машин агропромышленного комплекса.

Важнейшим элементом трансмиссий и приводов сельскохозяйственной техники являются зубчатые колеса. Их выход из строя приводит к серьезным последствиям. При этом значительная доля отказов тракторов и комбайнов различных модификаций приходится на изнашивание боковых поверхностей зубьев, которые в конечном итоге приводят к поломке зуба [6, 7]. Статистические данные наработок на отказ шестерен

трансмиссий тракторов ТБ-1М и ТДТ-55А [8] приведены в таблицах 1 и 2.

После наработки 600 мото-часов среди 25 единиц исследованных комбайнов отказ шестерен трансмиссий по причине износа был зафиксирован у трех. Для 25 единиц тракторов Беларусь, Кировец, Агромаш-90ТГ, Versatile наработка в 1000 мото-часов вывела из строя по причине износа трансмиссионной шестерни всего один трактор. Увеличение наработки до 4000 мото-часов увеличило число отказов до четырех [8].

В работе [9] проведены замеры износов шестерен различных зубчатых механизмов сельскохозяйственной техники после наработки 1000 мото-часов. Результаты исследований представлены в таблице 3.

Максимальный износ 2,3–2,5 мм зафиксирован у зубчатой пары, изготовленной из стали 40Х (коробка передач автомобиль ЗИЛ-130). Для шестерен коробки из стали 18ХГТ износ составил всего 0,5 мм (передача картофелеуборочного комбайна ККУ-2). Это связано с твер-

Таблица 1 – Ресурс и износ зубчатых шестерен трансмиссии трактора ТДТ-55А

Деталь	Ресурс, мото-час	Износ, мм
Коробка передач		
Шестерня ведомая 2-й передачи	5260	1,30±0,05
Шестерня подвижная 4-й и 5-й передачи	5670	1,19±0,05
Шестерня ведомая 3-й передачи	5290	1,22±0,05
Шестерня подвижная 1-й передачи	4750	1,38±0,05
Блок заднего моста		
Шестерня ведущая бортовой передачи	9450	1,64±0,05
Шестерня ведомой бортовой передачи	5270	1,49±0,05

Таблица 2 – Ресурс и износ деталей трансмиссии трактора ТБ-1М

Деталь	Ресурс, мото-час	Износ, мм
Венец зубчатого колеса: большой / малый	5090 / 5260	1,20 / 1,42
Ведущая шестерня 1-й передачи	5104	1,19±0,05
Шестерня ведущая 2-й передачи	4812	1,20±0,05
Ведущая шестерня 3-й передачи	5270	1,18±0,05
Ведомая шестерня 3-й передачи	5990	1,24±0,05
Ведомая шестерня 4-й передачи	5314	1,29±0,05
Ведомая шестерня 5-й передачи	4920	1,20±0,05
Полумуфта (4-й и 5-й передачи)	5114	1,28±0,05
Шестерня ведущая	4580	1,40±0,05
Шестерня ведомая	5790	1,54±0,05



достью поверхности применяемых шестерен. Шестерни из стали 40Х подвергают закалке с высоким отпуском, достигая твердости поверхности HRC 50–55. Шестерни из стали 18ХГТ подвергаются цементации с последующей закалкой, обеспечивая твердость контактной поверхности зубьев HRC 60–63 [10].

В настоящее время в сельскохозяйственном машиностроении широкое применение получают детали их высокопрочного чугуна. Замена стальных шестерен на чугунные шестерни представляет перспективную задачу для сельскохозяйственного машиностроения. Повышение контактной износостойкости таких шестерен обеспечивается высокотвердыми покрытиями. Наиболее перспективным методом упрочнения поверхности изделий из высокопрочного чугуна являются методы химико-термической обработки в порошковой среде [11, 12, 13].

**Целью настоящего исследования** являлось сравнение износостойкости стальных зубчатых колес с последующей цементацией и закалкой с износостойкостью зубчатых колес из высокопрочного чугуна с термодиффузионным покрытием ванадием, хромом и марганцем.

#### Материалы и методы исследования

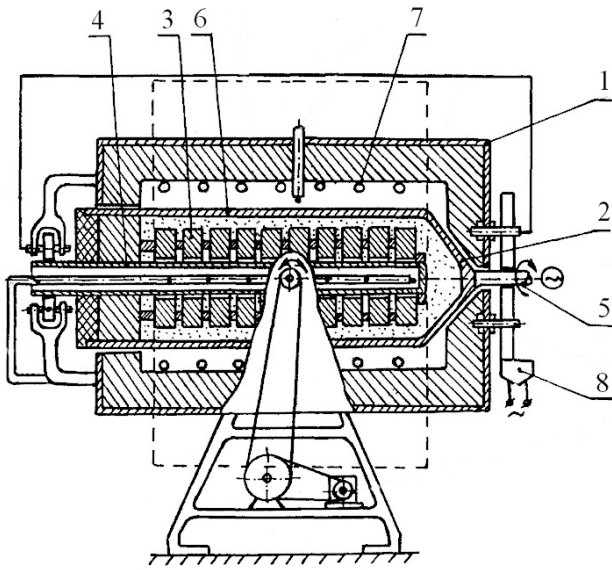
Для исследования была выбрана прямозубая зубчатая пара шестерен, изготовленная из высокопрочного чугуна ВЧ 60, используемая на задней передаче автомобиля ВАЗ.

Для повышения износостойкости исследуемой зубчатой пары на рабочих поверхностях зубьев было создано карбидное покрытие. В качестве диффундирующих элементов были выбраны ванадий, хром и марганец. Ингредиентами, содержащими диффундирующие элементы, выступали феррованадий, феррохром и ферромарганец соответственно. Кроме ферросплавов в состав порошковой засыпки входили окись алюминия и хлористый аммоний. Процесс насыщения проводился на специальной установке для диффузионного насыщения [14] в порошковой среде (рис. 1).

Загрузка камеры нагрева упрочняемыми деталями 3 и реакционной смесью 6 осуществлялась при вертикальном положении камеры 1 (положение отмечено пунктиром на рисунке 1). На дно репорты 2 засыпался слой рабочей порошковой смеси 6 толщиной 10–15 мм и разравнивался. Затем проводилась укладка зубчатых колес 3. При этом расстояние от укладываемых зубчатых колес до стенок репорты не должно быть меньше 10 мм. Расстояние между колесами составляло 8–10 мм, что обеспечивало равномерное покрытие. Порошковая среда досыпалась до заполнения 85–90% объема. Верхний слой смеси обеспечивался не менее 20 мм. На этот слой устанавливается крышка, изготовленная из того же материала, что и репорта. Диаметр крышки меньше внутреннего диаметра репорты на 5–7 мм. В желоб,

Таблица 3 – Износ шестерен после 1000 мото-часов [9]

Механизм	Шестерня	Материал	Износ зубьев, мм
Раздаточная коробка ЗИЛ-130	ведущая	40Х	2,33±0,05
	ведомая		2,47±0,05
Коробка передач ККУ-2	ведущая	18ХГТ	0,13±0,05
	ведомая		0,47±0,05
Привод стола ККУ-2	ведущая	18ХГТ	0,10±0,05
	ведомая		0,05±0,05
Редуктор привода транспортера	ведущая	18ХГТ	0,38±0,05
	промежуточная		0,29±0,05
	ведомая		0,38±0,05
Привод косилки	ведущая	18ХГТ	Новое
	промежуточная		Новое
	ведомая		Новое
Привод пускового механизма ДТ-75	ведущая	40Х	0,11±0,05
	промежуточная		0,06±0,05
	ведомая		0,07±0,05



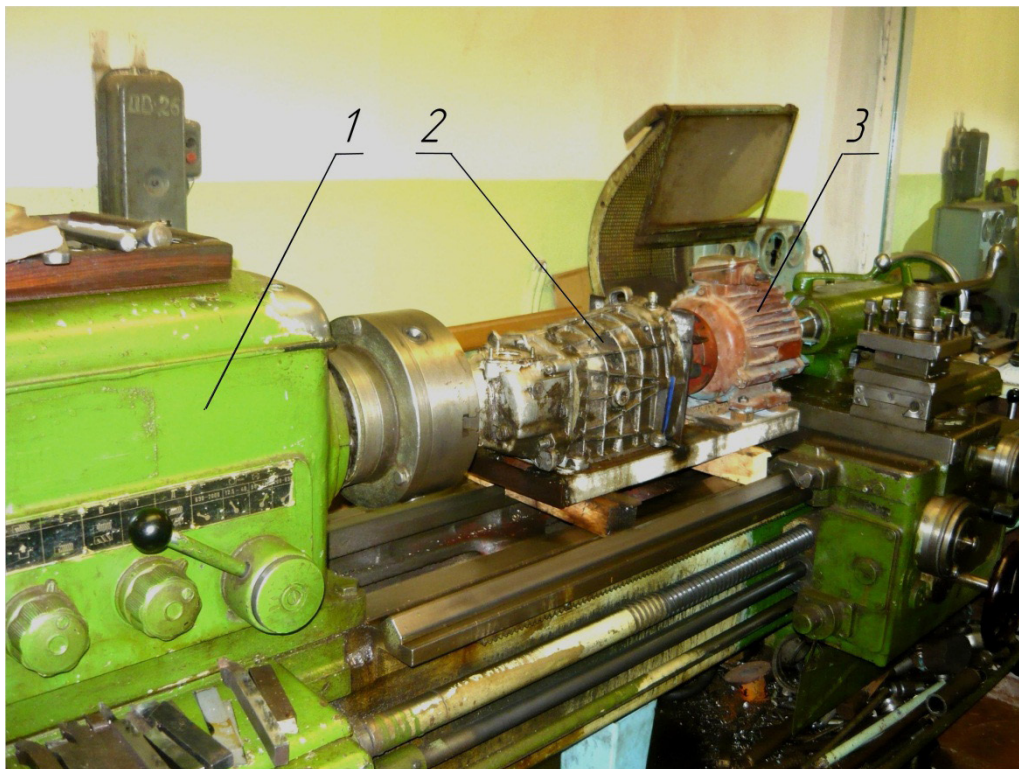
- 1 – нагревательная камера; 2 – репорта;  
 3 – упрочняемые чугунные детали; 4 – трубка;  
 5 – вал; 6 – порошковая среда;  
 7 – блок электронагревателя; 8 – вибратор

Рис. 1. Установка для термодиффузионного насыщения [14]

образованный стенками репорты и крышкой, прокладывается асбест, пропитанный жидким стеклом. Упакованную таким образом репорту помещали в камеру печи ровно, без уклонов и нагревали. Датчики температур осуществляли контроль температурного режима. По достижении температуры разложения хлористого аммония 350–400 °С проводилась выдержка в течение 20–30 минут, после чего печь разогревалась до 1020–1050 °С. Время выдержки составляло 5 часов для ванадиевого покрытия и 10 часов для хромового и марганцевого покрытий. В процессе обработки покрываемое зубчатое колесо вращалось, обеспечивая равномерность нанесения слоя покрытия толщиной 5...15 мкм [15].

Испытания износостойкости упрочненных чугунных зубчатых колес проводились на установке (рис. 2).

Коробка передач размещалась на станине токарного станка 16К20, картер коробки был заполнен отработанным маслом. Входной вал коробки через муфту соединялся с электродвигателем с частотой вращения 3000 об/мин, выходной – был зажат в патроне токарного станка. Кинема-



- 1 – токарный станок 16К20; 2 – коробка передач; 3 – асинхронный электродвигатель

Рис. 2. Установка для испытания чугунных шестерен на износ



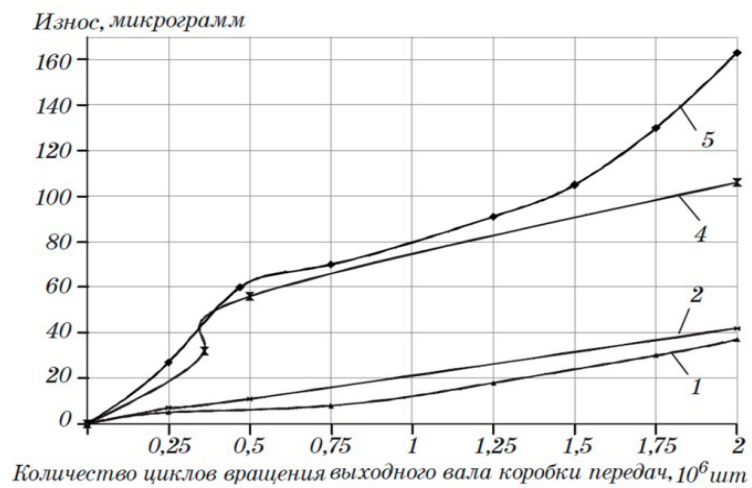
тика станка обеспечивала нагружающий момент сопротивления, численно равный 7,84 Нм. Скорость вращения выходного вала с учетом передаточного отношения составляла 849 об/мин, а угловые скорости шестерни и колеса – 1925 и 1600 об/мин соответственно [16, 17].

Перед началом испытаний шестерни взвешивались на аналитических весах (до третьего знака после запятой). После установки шестерен осуществлялась их приработка на холостом ходу в течение 0,5 часа, при этом выходной вал коробки вращался свободно, а в самой коробке передач во время испытаний была

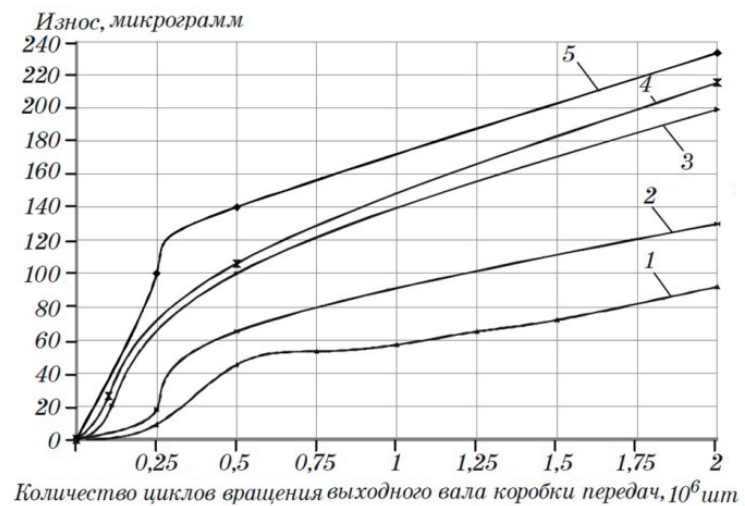
включена задняя скорость. Через каждые  $10^6$  циклов вращения выходного вала шестерни извлекались и отправлялись на электронно-микроскопическое исследование для оценки линейного износа.

### Результаты и обсуждения

На основании проведенных испытаний чугуновых зубчатых колес с ванадиевым, хромовым и марганцевым покрытиями построены графические зависимости массового износа от числа циклов вращения выходного вала коробки передач (рис. 3).



а



б

1 – с ванадиевым покрытием; 2 – с хромовым покрытием; 3 – с марганцевым покрытием; 4 – закаленный ВЧ 60 без покрытия; 5 – стальные колеса (20ХГН) с цементованным слоем

Рис. 3 Массовый износ зубьев шестерни (а) и зубчатого колеса (б)



При этом  $5 \cdot 10^6$  циклов вращения выходного вала соответствовали  $11,335 \cdot 10^6$  циклам вращения шестерни и  $9,445 \cdot 10^6$  циклам вращения колеса.

Если принять за эталон массовый износ стальных зубчатых колес (20ХГН) после цементации и закалки, то относительная износостойкость зубчатых колес из высокопрочного чугуна:

- с ванадиевым покрытием в 6–8 раз выше;
- с хромовым покрытием в 4–6 раз выше;
- с марганцевым покрытием в 2–3 раза выше.

### Заключение

Применение шестерен из высокопрочного чугуна ВЧ 60 взамен стальных в трансмиссиях и коробках передач транспортно-технологических машин агропромышленного комплекса является экономически и технологически выгодным. По критерию износостойкости чугунные шестерни с карбидными диффузионными покрытиями в несколько раз превышают износостойкость стальных после цементации и последующей закалки.

### Список литературы

1. Мирославский Е. Г. Статистические материалы и результаты исследований развития агропромышленного производства России / Отделение экономики и земельных отношений. М. : РАСХН, 2015. 215 с.
2. Russia's agro industrial complex: Economic and political influence factors and state support / V. P. Samarina, T. P. Skufina, A. V. Samarin, S. V. Baranov // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2020. Vol. 138. P. 579–593. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-15577-3\\_55](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15577-3_55).
3. Перфильева Е. В., Охрименко Н. В. Анализ рынка сельскохозяйственной техники в условиях кризиса 2020 г. // Способы, методы и процессы технического и технологического развития : матер. Междунар. науч.-практ. конференции. Стерлитамак, 2020. С. 42–44.
4. Gusev A. Y. Material and technical base of the agro-industrial complex: Trends and prospects on the way of innovation-oriented development // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 254. № 10008. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125410008>.
5. Еремин А. О. Сельскохозяйственная техника, поддержание ее работоспособного состояния // Молодежь и наука. 2020. № 3. С. 12.
6. Гурский Б. Э. Теоретические основы определения зон максимального местного износа зубьев цилиндрических эвольвентных передач. М. : Феникс, 2019. 391 с.
7. Никитченко С. Л., Воронов Е. В. Причинные факторы снижения эксплуатационной надежности сельскохозяйственной техники // Вестник НГИЭИ. 2020. № 2 (105). С. 56–66.
8. Fedorov S. V. Physical and Constructive (Limiting) Criteria of Gear Wheels Wear // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 295 (1). № 012038. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/295/1/012038>.
9. Potapov K. G. Phase-chromatic control of wear of the working profiles of the gear wheels of a reduction gear in the course of operation // Measurement Techniques. 2013. Vol. 56 (9). P. 1048–1053. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11018-013-0328-5>.
10. Gołębski R., Szarek A. Diagnosis of the operational gear wheel wear // Tehnicki Vjesnik. 2019. Vol. 26 (3). P. 658–661. DOI: <https://doi.org/10.17559/TV-20180321171428>.
11. Коломейченко А. В. Технологии повышения долговечности деталей машин восстановлением и упрочнением рабочих поверхностей комбинированными методами. М. : Инфраинженерия, 2011. 423 с.
12. Юдников А. С., Рыжих М. А. Эффективное упрочнение деталей почвообрабатывающей техники – актуальная проблема в сельском хозяйстве // Сборник науч. тр. ГОСНИТИ. 2010. Т. 102. 343 с.
13. Термодиффузионные защитные покрытия / А. А. Михайленко [и др.] // Молодой исследователь: вызовы и перспективы : матер. XXXVI Междунар. науч.-практ. конференции. 2017. С. 427–432.
14. Пат. 60939 Рос. Федерация. Установка для химико-термической обработки изделий / А. А. Веселовский, И. М. Ячиков, А. П. Морозов, А. Н. Завалищин. № 2006139910/22 ; заявл. 10.11.2006 ; опубл. 10.02.2007.
15. Determination of parts tolerances in friction knots of grey and nodular cast iron with thermal diffusion platings vanadium and chrome / A. A. Veselovsky, R. R. Dema, O. B. Kalugina, S. P. Nefedev // MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 129. № 02043. DOI: <https://doi.org/10.1051/matec-conf/201712902043>.
16. Веселовский А. А., Ерофеев В. В. Исследование износостойкости чугунных прямозубых зубчатых колес с термодиффузионными



---

карбидными покрытиями в закрытых передачах // АПК России. 2019. Т. 26. № 4. С. 508–515.

17. Veselovskii A. A. Improving the wear resistance of high-strength cast-iron gears by applying

a thermodiffusional vanadium coating // Russian Engineering Research. 2012. Vol. 32 (1). P. 45–47. DOI: <https://doi.org/10.10.3103/S1068798X12010273>.

---

**Веселовский Александр Александрович**, канд. техн. наук, доцент, начальник отдела технического контроля, ООО ПК «Ходовые системы».

E-mail: [a\\_a\\_ves@mail.ru](mailto:a_a_ves@mail.ru).

**Немцев Анатолий Егорович**, д-р техн. наук, старший научный сотрудник, ФГБУ Сибирский Федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, г. Новосибирск.

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

**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).

\* \* \*

## ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАМЕНЫ СТАЛЬНЫХ ЧЕРВЯКОВ НА ЧУГУННЫЕ ЧЕРВЯКИ С ДИФфуЗИОННЫМ ПОКРЫТИЕМ НА ПРИМЕРЕ РЕДУКТОРА 1Ч63

**А. А. Веселовский, А. Е. Немцев, И. П. Трояновская, В. В. Ерофеев**

Червяки для силовых передач изготавливают из углеродистых или легированных сталей с соответствующей термообработкой, обеспечивающей высокую твердость рабочих поверхностей. Производство стальных червяков характеризуется значительными трудозатратами на изготовление, термическую обработку и доводочные операции. В настоящее время в сельскохозяйственном машиностроении широко применяется чугун, что объясняется его высокой прочностью и износостойкостью. Поэтому весьма актуальным аспектом является снижения себестоимости червячных редукторов за счет замены стальных червяков чугунными с термодиффузионным карбидным слоем и последующей закалкой. Целью исследования являлась экономическое обоснование такой замены. В работе представлена методика расчета экономической эффективности изготовления червяков из серого чугуна СЧ 20 по сравнению с червяками из стали 45. Стальные червяки подверглись термической обработке в виде закалки и последующего отпуска. Доводочные операции представляли собой тонкую шлифовку. Упрочнение чугунных червяков осуществлялось путем диффузионного покрытия в порошковой среде. В статье рассмотрено три вида покрытия: ванадием, хромом и марганцем. Доводочные операции чугунных червяков с диффузионным покрытием представляли собой механическую металлизацию алюминием. В результате расчетов доказано, что замена стальных червяков на чугунные экономически выгодна. На изготовлении каждого чугунного червяка с диффузионным покрытием и последующей металлизацией поверхности экономится около 200 рублей по сравнению с изготовлением стального аналога. Чугунные червяки с диффузионным покрытием обладают более высокой износостойкостью: с ванадиевым покрытием в 5 раз, с хромовым покрытием в 3 раза, с марганцевым покрытием в 2 раза. С учетом предполагаемой наработки червяка до отказа полный эффект от замены составил для червяка: с ванадиевым покрытием 4336,16 руб., с хромовым покрытием 2290,06 руб. и с марганцевым покрытием 1247,89 руб.

*Ключевые слова:* экономический эффект, червячный редуктор, диффузионное покрытие, технологические операции.

Показатели надежности отечественной сельскохозяйственной техники в настоящее время остаются достаточно низкими [1, 2]. Фактические сроки эксплуатации машин в агропромышленном комплексе, как правило, превышают нормативные в 2–3 раза [3, 4]. Часто надежность сельскохозяйственных машин определяется долговечностью трущихся поверхностей кинематических пар [5].

В случаях небольшого износа зубчатых пар экономически оправдана замена стали на серый или высокопрочный чугун с применением высокотвердых термодиффузионных карбидных покрытий. Несмотря на малую толщину таких покрытий, их твердость соизмерима, а в некоторых случаях и превышает твердость стальных колес с цементованным слоем [6, 7].

При износе, не превышающем толщину покрытия, возможно восстановление первоначальных

размеров деталей диффузионным способом. Метод термодиффузионного восстановления наиболее актуален для мелкокомодульных зубчатых колес и червячных передач [8].

Вопросами восстановления деталей сельскохозяйственной техники путем поверхностного упрочнения занимались многие авторы [9, 10, 11, 12]. Исследования проводились чаще всего на стальных деталях с использованием газового метода, требующего специального оборудования [13, 14, 15]. Содержание и затраты на эксплуатацию такого оборудования очень затратные, требуют брендовых марок расходных материалов, квалифицированных кадров для эксплуатации и являются экономически недоступными для сельскохозяйственных предприятий.

Применение метода диффузионного насыщения из порошков в корне меняет ситуацию. Это связано с простотой технологического процесса



и доступностью используемых материалов. В качестве основного оборудования можно использовать полупромышленные камерные печи с выкатным подом, а в качестве основных материалов для диффузии – отсев ферросплавов, непригодный в металлургическом производстве [16].

**Цель исследования** – рассчитать экономическую эффективность замены червяка из стали 45 чугуном червяком с диффузионным покрытием и последующим восстановлением путем алюминиевой металлизации.

### Материалы и методы

В качестве объекта исследования взят червяк для редуктора 1Ч63 (рис. 1).

Базовый вариант червяка изготовлен из стали 45 с последующим улучшением. Экспериментальный червяк изготовлен из серого чугуна СЧ 20 с термодиффузионным покрытием порошковым методом. За базовую технологию ремонта червячного редуктора 1Ч63 была принята замена изношенного стального червяка из закаленной стали 45. Восстановление чугунного червяка по экспериментальной технологии осуществлялось методом алюминиевой металлизации [17].

### Методика расчета

#### экономической эффективности

Экономический эффект от замены традиционных стальных червяков на чугунные с диффузионным покрытием включает в себя расчеты:

- стоимости заготовки;
- затрат на механическую обработку червяка;
- термическую или химико-термическую обработку червяка;
- на доводочные операции.

#### Расчет себестоимости заготовки

Для изготовления традиционного червяка из стали 45 применялась круглая заготовка размером 60 мм, полученная методом непрерывной разливки стали. Для изготовления червяка из чугуна СЧ 20 применялась литая заготовка того же диаметра, полученная литьем в кокиль.

Стоимость заготовки  $C_3$  равна:

$$C_3 = m_3 C_{пр}, \quad (1)$$

где  $m_3$  – масса заготовки, кг;

$C_{пр}$  – стоимость проката, руб./кг.

### Расчет затрат на механическую обработку червяка

Затраты на механическую обработку заготовки  $C_m$  включают в себя: заработную плату фрезеровщика ЗП, затраты на электроэнергию  $Z_э$  и механическое оборудование  $Z_и$  за вычетом стоимости отходов  $C_{отх}$ :

$$C_m = ЗП + Z_э + Z_и - C_{отх}, \quad (2)$$

где ЗП – заработная плата фрезеровщиков, руб.;

$Z_э$  – затраты на электроэнергию, руб.;

$Z_и$  – затраты на режущий инструмент, руб.;

$C_{отх}$  – стоимость отходов (стружки), руб.

Заработная плата фрезеровщиков 3 разряда считается:

$$ЗП = Ч_{ст} T_{ст}, \quad (3)$$

где  $Ч_{ст} = 312,5$  руб./час – часовая тарифная ставка фрезеровщика 3-го разряда;

$T_{ст}$  – трудоемкость изготовления. Для стального червяка трудоемкость  $T_{ст} = 1,48$  час, а для чугунного червяка  $T_{ст} = 1,21$  часа.

Затраты на электроэнергию считаются:

$$Z_э = T_{ст} C_э M_{ст}, \quad (4)$$

где  $T_{ст}$  – время работы станка, час;

$C_э = 5,8$  руб. – стоимость 1 кВт электроэнергии;

$M_{ст}$  – потребляемая мощность фрезерного станка, кВт.



Рис. 1. Червячный редуктор 1Ч63

Затраты на режущий инструмент определяются количеством деталей, изготовленных одной фрезой. Следовательно, на одну деталь приходится часть, обратная числу изготовленных деталей. Это значение соответствует моменту выхода из строя фрезы по причине износа. Учитывая, что одной фрезой обрабатывается стальных 56 червяков и чугунных 78, расход инструмента на одну деталь равен:

$$Z_n = C_\phi / N, \quad (5)$$

где  $C_\phi$  – стоимость модульной червячной фрезы, руб.;

$N$  – количество червяков, изготовленных одной фрезой, шт.

Стоимость отходов (стружки) обычно принимают в размере 10% от стоимости 1 кг литой заготовки.

#### Расчет затрат на термическую и химико-термическую обработку

Нагрев под термическую и химико-термическую обработки проводился в лабораторной муфельной печи SNOL 1300 с максимальной температурой нагрева 1300 °С. Мощность муфельной печи SNOL 1300 составляет  $M_n = 2,2$  кВт. В ней одновременно размещается четыре червяка для редуктора 1Ч63.

Данная печь использовалась при нагреве стальных червяков под закалку и для химико-термической обработки чугунных червяков. Поскольку затраты на приобретение оборудования для термической обработки необходимы в обоих вариантах, то они исключены из сравнительного анализа.

Термическая обработка стальных червяков проводилась по режиму, представленному на рисунке 2.

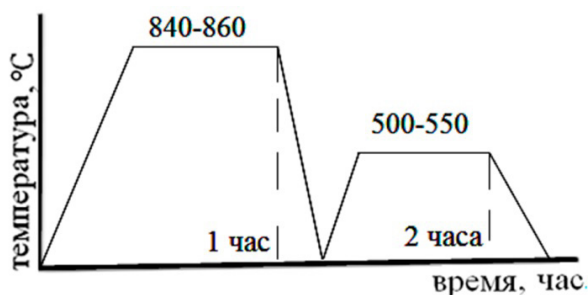


Рис. 2. Режим термической обработки червяков из стали 45

Активное потребление электроэнергии печью происходит при нагреве и выдержке. Время работы печи на весь процесс улучшения стальных червяков составляет 2 часа. Поскольку расчет затрат проводится на одну деталь, была получена формула для определения удельных затрат на электроэнергию для термической обработки стального червяка:

$$Z_{то} = M_n C_э t / N, \quad (6)$$

где  $M_n$  – потребляемая мощность печи, кВт;

$C_э = 5,8$  руб. – стоимость 1 кВт электроэнергии;

$t = 2$  часа – время термической обработки;

$N = 4$  шт. – количество деталей в печи.

Химико-термическая обработка чугунных червяков проводилась в порошковой среде. Четыре червяка устанавливали в круглую репорту из нержавеющей стали, засыпали реакционной порошковой засыпкой, содержащей диффундирующие элементы (ванадий, хром или марганец) в виде ферросплавов и подвергали нагреву. Репорту нагревали до 1020–1050 °С в течение 5 часов для формирования ванадиевых и 10 часов для формирования хромовых и марганцевых покрытий. По истечении заданного времени репорта охлаждалась до температуры окружающей среды, после чего разбиралась [18].

Затраты на термодиффузионное насыщение складываются из затрат на электроэнергию и расходные материалы (стоимость порошковой среды) и нового оборудования (репорта).

Затраты на электроэнергию при химико-термической обработке были определены аналогично термической обработке стальных червяков (6). Время насыщения зависело от применяемого покрытия. При ванадировании требовалась выдержка 5 часов, при покрытии хромом или марганцем – 10 часов.

Определим объем порошковой среды для засыпки одной репорты. В репорте одновременно может упрочняться 4 червяка (рис. 3).

Объем порошковой среды  $V_{nc}$  для заполнения репорты составляет:

$$V_{nc} = V_p - 4V_ч, \quad (7)$$

где  $V_p$  – внутренний объем репорты;

$V_ч$  – объем одного червяка.

При массе чугунного червяка  $m_ч = 2,02$  кг его объем составил  $V_ч = 2,9 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>. Внутренний



диаметр репорты равен  $D = 60 \cdot 3 + 2 \cdot 10 = 200$  мм. Тогда внутренний объем репорты при глубине репорты  $h = 0,14$  м составил:

$$V_{\text{рвн}} = h\pi D_{\text{вн}}^2 / 4 = 0,14 \cdot \pi \cdot 0,2^2 / 4 = 4,4 \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3. \quad (8)$$

Объем порошковой среды (7) равен  $V_{\text{пс}} = 4,4 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 0,29 \cdot 10^{-3} = 3,23 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ . При плотности порошковой среды  $\rho_{\text{пс}} = 2400 \text{ кг/м}^3$  масса, засыпаемая в репорту, составила  $m_{\text{пс}} = V_{\text{пс}} \cdot \rho_{\text{пс}} = 3,23 \cdot 10^{-3} \cdot 2400 = 7,75 \text{ кг}$ .

Репорта изготавливалась из трубы с внутренним диаметром 200 мм. Без учета затрат на сварку затраты на ее изготовление составили:

$$Z_p = V_p \rho_p C_{\text{тр}}, \quad (9)$$

где  $\rho_p = 7850 \text{ кг/м}^3$  – плотность материала репорты (нержавеющая сталь 12Х18Н9Т);

$C_{\text{тр}} = 117,45 \text{ руб.}$  – стоимость 1 кг трубы;

$V_p = V_{\text{рнар}} - V_{\text{рвн}}$  – объем металла репорты. При толщине стенки 8 мм объем металла репорты составил  $V_p = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ .

Количество червяков до утилизации порошковой среды определялось числом садок, обеспечивающих стабильные характеристики создаваемых покрытий. Согласно экспериментальным данным [19], стабильность свойств покрытий во всех видах насыщения наблюдалась при пятикратном количестве повторных использований реакционной порошковой среды. В дальнейшем требовалась добавка свежих компонентов.

После диффузионной металлизации проводилась термическая обработка: закалка и отпуск. Термическая обработка чугунных червяков про-

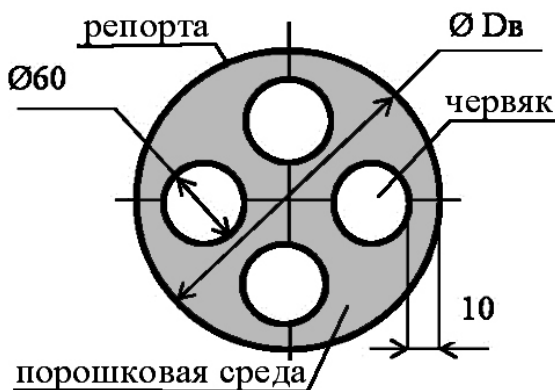


Рис. 3. Схема к расчету объема насыпаемой порошковой среды

водилась в той же, что и стальные червяки печи и аналогичном по времени режиме. Поэтому затраты на электроэнергию совпадают с аналогичными затратами для стальных червяков.

### Затраты на доводочные операции

Доводочные операции необходимы для уменьшения шероховатости и микронеровностей поверхностей с целью увеличения поверхности сопряжения и уменьшения риска возникновения питтинга.

Сглаживание стальных червяков после термообработки проводилось тонким шлифованием и полировкой [20]. Затраты на доводочные операции стальных колес складывались из затрат оборудования и расходных материалов. Время обработки одного червяка абразивным чашечным кругом составляло 6 минут. Стоимость абразивного чашечного круга для тонкой шлифовки равна 396 руб. Стойкость заточки составляет 10% от стоимости круга, т.е. 39,6 руб. Количество заточек при нормальной эксплуатации круга не более 21 раз.

Затраты на шлифовку одного стального червяка равны:

$$Z_d = Z_{\text{эш}} + Z_{\text{инш}}, \quad (11)$$

где  $Z_{\text{эш}}$  – затраты электроэнергии на шлифовку одного червяка, руб.;

$Z_{\text{инш}}$  – затраты на инструмент для шлифовки одного червяка, руб.

Сглаживание чугунных червяков с термодиффузионными покрытиями после закалки проводился нанесением металлическими щетками антифрикционного алюминиевого покрытия. Затраты для доводки чугунных червяков с термодиффузионным покрытием определялись:

$$Z_d = m_{\text{Al}} C_{\text{Al}} + C_{\text{щ}}, \quad (12)$$

где  $m_{\text{Al}}$  – масса алюминия, идущая на формирование внешнего антифрикционного слоя, кг;

$C_{\text{Al}} = 190 \text{ руб./кг}$  – стоимость алюминиевого проката из сплава АМг2;

$C_{\text{щ}}$  – удельная стоимость металлических щеток, руб.

Стоимость одной металлической щетки составляет 158 руб. Она способна обработать 51 червяк. Следовательно, удельная стоимость щеток составляет  $C_{\text{щ}} = 158/51 = 3,1 \text{ руб.}$

Площадь поверхности червяка 1Ч63 по экспериментальным [21] данным равна 0,04323 м<sup>2</sup>. Толщина алюминиевого слоя в среднем составляла 5 мкм (согласно экспериментальным взвешиваниям до и после нанесения покрытий), масса алюминия, нанесенного на один чугунный червяк, равна 3,3 г.

### Результаты и обсуждения

Себестоимость заготовки (1) из стали 45 составила  $C_3 = 184,5 \cdot 2,24 = 413,28$  руб., из чугуна СЧ 20 –  $C_3 = 132 \cdot 2,02 = 266,64$  руб.

Заработная плата фрезеровщика 3-го разряда при механической обработке стального червяка (3) составила  $ЗП = 312,5 \cdot 1,48 = 462,5$  руб., при обработке чугунного  $ЗП = 312,5 \cdot 1,21 = 378,13$  руб.

Затраты электроэнергии (4) при мощности фрезерного станка 10 кВт для изготовления червяков составили: для стального  $З_э = 1,48 \cdot 5,8 \cdot 10 = 85,84$  руб., для чугунного  $З_э = 1,21 \cdot 5,8 \cdot 10 = 70,18$  руб.

Затраты на инструмент (5) для стальных червяков  $З_и = 2981/56 = 52,23$  руб., для чугунных червяков  $З_и = 2981/78 = 38,22$  руб.

Стоимость отходов (стружки) из стали  $C_{отх} = 0,1 \cdot 184,6 = 18,43$  руб., из чугуна  $C_{отх} = 0,1 \cdot 132 = 13,2$  руб.

Суммарные затраты на механическую обработку червяка (2) составили для стального червяка  $C_m = 462,5 + 85,84 + 52,23 - 18,43 =$

$= 582,14$  руб., для чугунного червяка  $C_m = 378,13 + 70,18 + 38,22 - 13,2 = 473,33$  руб.

Расчет затрат на термическую и химико-термическую обработку для стальных и чугунных червяков принципиально отличается.

Термическая обработка стального червяка представляет собой последовательную закалку и отпуск в печи. Затраты на нее составляют только затраты электроэнергии печи и равны (6)  $З_{то} = 2,2 \cdot 5,8 \cdot 2/4 = 6,4$  руб.

Для чугунных червяков затраты на химико-термическую обработку складываются из: затрат на электроэнергию, стоимости репорты и порошковой среды.

Затраты на электроэнергию при химико-термической обработке были определены аналогично термической обработке стальных червяков (6). Тогда при ванадировании они составили  $З_{то} = 2,2 \cdot 5,8 \cdot 5/4 = 15,95$  руб., а при хромировании и марганцировании  $З_{то} = 2,2 \cdot 5,8 \cdot 10/4 = 31,9$  руб.

Согласно формуле (9), затраты на изготовление репорты составляют  $З_p = 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot 7850 \times 117,45 = 332$  руб. Согласно экспериментальным данным [22], стойкость репорты в среднем составляет 28 садок. За это время количество обрабатываемых червяков составляет 112 шт. Тогда доля стоимости контейнера на один упрочняемый червяк составляет  $332/112 = 2,96$  руб./шт.

Затраты реакционных компонентов определялись в соответствии с их концентрацией в порошковой среде (табл. 1).

Таблица 1 – Затраты на расходные материалы

Материал	Нормы расхода			
	% масс	на загрузку репорты, кг	стоимость, руб./кг	затраты на загрузку, руб.
Феррованадий ФВд50У03	60	4,65	287	1334,55
Феррохром ФХ 800	60	4,65	110	511,5
Ферромарганец ФМн88	60	4,65	138	641,7
Оксид алюминия	36	2,79	85	237,15
Хлористый аммоний	4	0,31	60	18,6

Таблица 2 – Затраты по материалам для диффузионного покрытия

Вид покрытия	Стоимость материалов на садку, руб.	Количество упрочненных червяков до утилизации порошковой среды, шт.	Затраты на один червяк, руб./шт.
Ванадиевое	1590,3	20	79,52
Хромовое	767,25	20	38,36
Марганцевое	897,45	20	44,87



Расходы по материалам для ванадирования, хромирования и марганцирования определяли на основе данных таблицы 1 отдельно по каждому виду химико-термической обработки (табл. 2).

Затраты на доводочные операции считались по разным методикам в силу использования различных технологий. Затраты на шлифовку одного стального червяка (11) получили  $Z_d = 33,84$  руб. Затраты на доводочные операции чугунных червяков с покрытиями (12) составили  $Z_d = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 190 + 3,1 = 3,73$  руб. Для наглядности все результаты сведены в таблицу 3.

Экономия затрат при изготовлении чугунного червяка составила:

- с ванадиевым покрытием  $1035,66 - 842,14 = 193,52$  руб.
- с хромовым покрытием  $1035,66 - 816,92 = 218,74$  руб.
- с марганцевым покрытием:  $1035,66 - 823,43 = 212,23$  руб.

### Заключение

Расчет экономического эффекта проводился на замену 1 червяка по гарантированным показателям износостойкости. Поскольку износостойкость чугунных червяков с ванадиевым покрытием в пять раз выше износостойкости стального червяка [23], то предельный износ червяка из СЧ 20с покрытием наступает одновременно с предельным износом пяти червяков из стали 45.

Поскольку после выработки стальные червяки не восстанавливаются, а заменяются новыми, тогда экономический эффект от внедрения замены на чугунные червяки с диффузионным покрытием и последующей металлизацией на 1 червяк редуктора 1Ч63 составил:

- с ванадиевым покрытием (износостойкость в 5 раз выше стальных)  $\Xi = 5 \cdot 1035,66 - 842,14 = 4336,16$  руб.;
- с хромовым покрытием (износостойкость в 3 раза выше стальных)  $\Xi = 3 \cdot 1035,66 - 816,92 = 2290,06$  руб.;

Таблица 3 – Себестоимость изготовления червяка

Виды затрат	Затраты, руб.	
	Сталь 45	Чугун СЧ 20
1. Стоимость заготовки	413,28	266,64
2. Затраты на механическую обработку	582,14	473,33
2.1 Заработная плата фрезеровщика	462,5	378,13
2.2 Затраты на электроэнергию	85,84	70,18
2.3 Затраты на режущий инструмент	52,23	38,22
2.4 Стоимость отходов (стружки)	-18,43	-13,2
3. Затраты на термическую обработку	6,4	6,4
4. Затраты на химико-термическую обработку		
– при покрытии ванадием	–	98,44
– при покрытии хромом	–	73,22
– при покрытии марганцем	–	79,73
4.1. Затраты на расходные материалы		
– при покрытии ванадием	–	79,52
– при покрытии хромом	–	38,36
– при покрытии марганцем	–	44,87
4.2. Затраты на электроэнергию		
– при покрытии ванадием	–	15,95
– при покрытии хромом	–	31,9
– при покрытии марганцем	–	31,9
4.3. Затраты на изготовление репорты	–	2,96
5. Затраты на доводочные операции	33,84	3,73
6. Суммарная себестоимость изготовления		
– при покрытии ванадием	1035,66	842,14
– при покрытии хромом		816,92
– при покрытии марганцем		823,43



• с марганцевым покрытием (износостойкость в 2 раза выше стальных)  $\Theta = 2 \cdot 1035,66 - 823,41 = 1247,89$  руб.

Предложенная технология замены стальных червяков чугунами является экономически эффективной при использовании внешних диффузионных покрытий с применением карбидообразующих элементов. Данная технология проста в экономическом и технологическом оформлении.

### Список литературы

1. Мирославский Е. Г. Статистические материалы и результаты исследований развития агропромышленного производства России / Отделение экономики и земельных отношений. М. : РАСХН, 2015. 215 с.

2. Russia's agro industrial complex: Economic and political influence factors and state support / V. P. Samarina, T. P. Skufina, A. V. Samarin, S. V. Baranov // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2020. Vol. 138. P. 579–593. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-15577-3\\_55](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15577-3_55).

3. Перфильева Е. В., Охрименко Н. В. Анализ рынка сельскохозяйственной техники в условиях кризиса 2020 г. // Способы, методы и процессы технического и технологического развития : матер. Междунар. науч.-практ. конференции. Стерлитамак, 2020. С. 42–44.

4. Gusev A. Y. Material and technical base of the agro-industrial complex: Trends and prospects on the way of innovation-oriented development // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 254. № 10008. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125410008>.

5. Никитченко С. Л., Воронов Е. В. Причины факторы снижения эксплуатационной надежности сельскохозяйственной техники // Вестник НГИЭИ. 2020. № 2 (105). С. 56–66.

6. Термодиффузионные защитные покрытия / А. А. Михайленко [и др.] // Молодой исследователь: вызовы и перспективы : матер. XXXVI Междунар. науч.-практ. конференции. 2017. С. 427–432.

7. A Comparison of the Abrasive Wear Behaviors of Cast Iron and Cast Steel Materials / C. Su, X. Sang, S. Niu, R. Ren // Journal of Materials Engineering and Performance. 2021. Vol. 30 (6). P. 4572–4582. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11665-021-05758-5>.

8. Fedorov S. V. Physical and Constructive (Limiting) Criteria of Gear Wheels Wear

// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 295 (1). № 012038. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/295/1/012038>.

9. Коломейченко А. В. Технологии повышения долговечности деталей машин восстановлением и упрочнением рабочих поверхностей комбинированными методами. М. : Инфраинженерия, 2011. 423 с.

10. Юдников А. С., Рыжих М. А. Эффективное упрочнение деталей почвообрабатывающей техники – актуальная проблема в сельском хозяйстве // Сборник науч. тр. ГОСНИТИ. 2010. Т. 102. 343 с.

11. Corrective maintenance and hardening of agricultural machinery parts / Y. A. Stekolnikov [et al.] // Key Engineering Materials. 2020. Vol. 836 KEM. P. 158–167. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.836.158>.

12. Meshkov A. M., Kopelyan M. M. Increasing the reliability of agricultural machinery parts by methods of heat treatment and case hardening // Metal Science and Heat Treatment. 1990. Vol. 32 (5-6). P. 317–320.

13. Liu X-J., Wang H-C. Microstructure and hardness of vanadium carbide coatings prepared by thermal diffusion process on different steel substrate // Cailiao Rechuli Xuebao / Transactions of Materials and Heat Treatment. 2010. Vol. 31 (1). P. 150–154.

14. Influence of multi-layered thermal diffusion coatings on high-temperature sulfidation resistance of steels / E. Medvedovski [et al.] // Surface and Coatings Technology. 2020. Vol. 403. № 126430. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.126430>.

15. Zhu M., Wang M.-J., Yang C. High temperature oxidation resistance of Cr-Al thermal diffusion coatings on K38G superalloy // Cailiao Rechuli Xuebao/Transactions of Materials and Heat Treatment. 2014. Vol. 35 (3). P. 172–176.

16. Веселовский А. А. Повышение износостойкости зубчатых колес из высокопрочного чугуна // Автомобильная промышленность. 2011. № 7. С. 37–38.

17. Веселовский А. А. Применение поверхностно упрочненного серого чугуна для изготовления червяков в червячных передачах // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2011. № 4. С. 147–151.

18. Veselovskii A. A. Improving the wear resistance of high-strength cast-iron gears by applying a thermodiffusional vanadium coating



// Russian Engineering Research. 2012. Vol. 32 (1). P. 45–47. DOI: <https://doi.org/10.10.3103/S1068798X12010273>.

19. Веселовский А. А. Износостойкость зубчатых колес из высокопрочного чугуна с термодиффузионными покрытиями ванадием, хромом и марганцем // Металлообработка. 2011. № 2 (62). С. 12–16.

20. Belyaev V. N., Ju Tatarkin E. Surface Layer Formation When Finish-Hardening Processing of the Parts by Smoothing // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 126 (1). № 012005. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/126/1/012005>.

21. Веселовский А. А. Применение червяков, изготовленных из серого чугуна с тер-

модиффузионным покрытием, для червячных передач закрытого типа // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2011. № 12. С. 36–40.

22. Determination of parts tolerances in friction knots of grey and nodular cast iron with thermal diffusion platings vanadium and chrome / A. A. Veselovsky, R. R. Dema, O. B. Kalugina, S. P. Nefedev // MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 129. № 02043. DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201712902043>.

23. Веселовский А. А., Ерофеев В. В. Исследование износостойкости чугунных прямозубых зубчатых колес с термодиффузионными карбидными покрытиями в закрытых передачах // АПК России. 2019. Т. 26. № 4. С. 508–515.

---

**Веселовский Александр Александрович**, канд. техн. наук, доцент, начальник отдела технического контроля, ООО ПК «Ходовые системы».

E-mail: [a\\_a\\_ves@mail.ru](mailto:a_a_ves@mail.ru).

**Немцев Анатолий Егорович**, д-р техн. наук, старший научный сотрудник, ФГБУ Сибирский Федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, г. Новосибирск.

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).

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

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

\* \* \*

## РОТАЦИОННЫЙ РАБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ МЕЖДУ КУСТАМИ В РЯДАХ ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

О. В. Гордеев, Р. М. Латыпов

Для качественного рыхления почвы в рядах ягодных культур в статье предложена усовершенствованная схема асимметричного рабочего органа с роторным рыхлителем. Привод асимметричного устройства для доставки роторного почворыхлителя в пространство между кустами ягодных культур осуществляется от приводного колеса. Длина производящей циклоиду окружности равна расстоянию между кустами в рядах. Привод роторного рыхлителя, установленного на асимметричной лопасти, осуществляется от гидромотора. В статье представлено уравнение траектории зуба роторного рыхлителя, движущегося по кривой удлиненной циклоиды в параметрической форме. Обоснованы обороты роторного рыхлителя. При радиусе вращения рыхлительных зубьев ротора 0,08 м и оборотах гидромотора 500 об/мин окружная скорость роторных зубьев 4 м/с, как на серийных вертикально-фрезерных культиваторах. Разработана последовательность определения радиуса вращения и установки зубьев на роторном рыхлителе в зависимости от ширины защитной зоны около растений и их габитуса по мере роста, расстояния между кустами в рядах и ширины петли удлиненной циклоиды.

*Ключевые слова:* роторный рабочий орган, обработка почвы в рядах, ягодные культуры, петля удлиненной циклоиды, асимметричная лопасть.

Известные технологии по уходу за ягодными плантациями в первые три-четыре года предусматривают ручной труд (мотыжение) при обработке почвы между кустами в рядах [1, 2, 3, 4].

Отсутствие рабочих органов и машин по содержанию почвы между кустами ягодных культур в чистом от сорняков состоянии оставивает многих фермеров от посадки и производства ягод. Сорняки сильно угнетают особенно молодые насаждения, и большая их часть может погибнуть.

Известны рабочие органы культиваторов для одновременной межкустовой обработки почвы с установленными на вертикальных поворотных валах рыхлителей почвы с промежуточными гидроцилиндром и пружинным компенсатором, управляемых рычажными щупами. Данные рабочие органы сложны конструктивно и в управлении автоматов переключений. Плавность хода штока гидроцилиндра зависит от износа гидрораспределителя, оборотов двигателя и времени реакции автоматов управления [5, 6].

В Южно-Уральском НИИ садоводства и картофелеводства разработано устройство для доставки почворыхлителей в пространство между кустами ягодных культур. Устройство (рисунок 1) представляет собой асимметричную лопасть с установленными на ней почворых-

лителями [7]. Привод асимметричной лопасти осуществляется от опорного колеса устройства. При одновременном вращательном и поступательном движении асимметричной лопасти по прямой траектория почворыхлителей представляет собой кривую удлиненной циклоиды. При движении устройства вдоль ряда ягодных культур почворыхлители плавно входят в пространство между кустами растений, взрыхляют почву и плавно выходят из зоны обработки, двигаясь по траектории удлиненной циклоиды. На устройство получен патент РФ на полезную модель № 177760 «Приспособление для межкустовой обработки почвы» [8].

Устройство включает: раму – 1, вертикальный вал – 2, к нижней части которого присоединена асимметричная горизонтальная лопасть – 3 с почворыхлителями – 4, в верхней части вертикального вала установлена ведомая звездочка – 5, конический редуктор – 6, опорное колесо – 7 с ведущей приводной звездочкой – 8.

Для обработки почвы между кустами ягодных культур за один проход тракторного агрегата радиус вращения почворыхлителей, в частности рыхлительного зуба, должен быть равным (или больше) ширине защитной зоны. В первый год посадки защитная зона около растения составляет 0,3–0,4 м [7].



Разработан также опытный образец усовершенствованного рабочего органа для рыхления почвы в рядах ягодных культур с секторным расположением рыхлительных зубьев [9]. Предварительные испытания показали работоспособность рабочего органа и соответствие экспериментальных траекторий рыхлительных зубьев теоретическим траекториям. Недостатком разработанных рабочих органов была некачественная обработка засоренных участков почвы.

**Цель исследований** – качественное рыхление почвы в рядах ягодных культур путем усовершенствования асимметричного рабочего органа.

Для более качественной обработки почвы, с вычесыванием сорных растений с корнями, была предложена схема рабочего органа с вертикально-роторным почворыхлителем на асимметричной лопасти – 1 (рис. 2). Привод ротора – 3 осуществляется от гидромотора – 2. При радиусе вращения рыхлительных зубьев ротора –  $r_\phi$  от 0,08 м и оборотах гидромотора от 500 об/мин окружная скорость зубьев 4 м/с и выше, как на серийных вертикально-фрезерных культиваторах.

Уравнение траектории зуба роторного рыхлителя, движущегося по кривой удлиненной циклоиды с радиусом  $R$ , представлено в параметрической форме:

$$\begin{aligned} x &= r\phi - R \sin \phi + r_\phi \sin \beta; \\ y &= r - R \cos \phi + r_\phi \cos \beta, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $r$  – радиус производящей циклоиду окружности,  $r = L/2\pi$ ;

$L$  – расстояние между растениями в рядах ягодных культур,

$\phi$  – угол поворота *производящей* циклоиду окружности,

$R$  – радиус вращения оси роторного рыхлителя,

$r_\phi$  – радиус вращения зуба роторного рыхлителя,

$\beta$  – угол поворота роторного рыхлителя

$$\beta = n\phi, \quad (2)$$

где  $n$  – обороты роторного рыхлителя на один оборот производящей циклоиду окружности.

На рисунке 3 представлена траектория зуба роторного рыхлителя, движущегося по кривой

удлиненной циклоиды между кустами ягодных культур, расположенными друг от друга на расстоянии  $L = 1$  м, при радиусе вращения оси роторного рыхлителя  $R = 0,35$  м и радиусе вращения зуба роторного рыхлителя  $r_\phi = 0,14$  м.

На рисунке 4 представлена траектория движения оси роторного рыхлителя по кривой удлиненной циклоиды между кустами ягодных растений, расположенных на расстоянии  $L$  друг от друга, с шириной петли циклоиды  $b$  и зоны обработки почвы  $B$ .

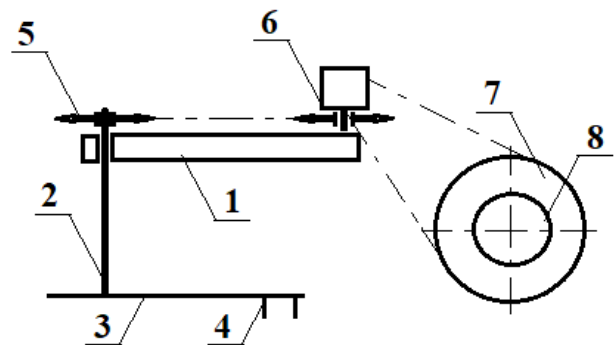


Рис. 1. Схема устройства для междурядной обработки почвы в рядах ягодных культур, агрегируется трактором класса 1.4,  $W_{\text{час}} = 3$  га/ч

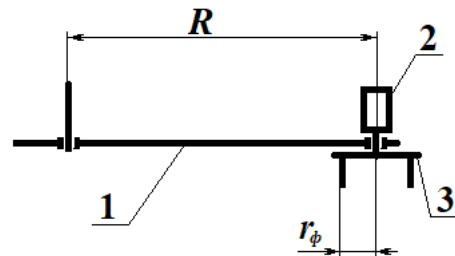


Рис. 2. Рабочий орган с вертикально-роторным почворыхлителем на асимметричной лопасти

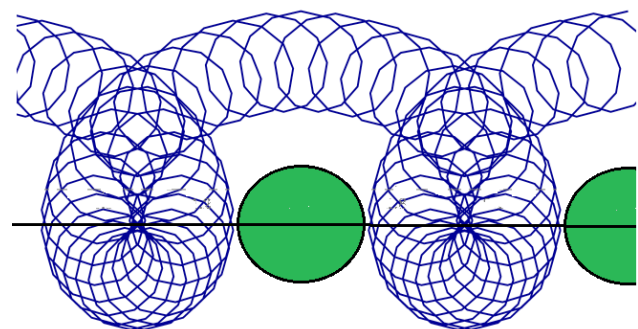


Рис. 3. Траектория движения роторного рыхлителя между кустами ягодных культур

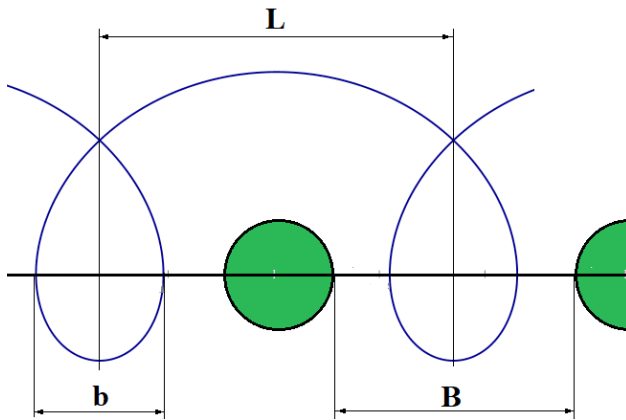


Рис. 4. Кривая траектории оси роторного рыхлителя по кривой удлиненной циклоиды между кустами ягодных кустов

Минимальные обороты роторного рыхлителя зависят от перемещения следа зуба ротора вдоль траектории оси роторного рыхлителя на один оборот ротора. Для качественного рыхления почвы перемещение следа зуба вдоль траектории оси роторного рыхлителя по кривой удлиненной циклоиды, согласно рекомендациям [10], должно быть не более 0,8 м. Соответственно у двухзубового роторного рыхлителя перемещение следа зуба должно быть не более 0,16 м.

Длина траектории оси роторного рыхлителя за один оборот асимметричной лопасти

$$C = 2\pi R, \quad (3)$$

и соответственно обороты ротора на оборот асимметричной лопасти:

$$n = \frac{C}{0,16} = 14.$$

При  $R = 0,35$  м  $n = 14$  оборотам на один оборот асимметричной лопасти.

Для полной обработки почвы в зоне  $B$ , между защитными зонами растений, радиус вращения зуба роторного рыхлителя, ось вращения которого движется по дуге петли удлиненной циклоиды, должен быть не более половины ширины петли –  $b$ .

Ширина петли удлиненной циклоиды определяется выражением [7]:

$$b = 2r \left( \cos^{-1} \frac{r}{R} - 1 \right). \quad (4)$$

При расстоянии между кустами  $L = 1$  м,  $R = 0,35$  м и ширине защитной зоны 0,3–0,4 м длина участка обработки почвы между кустами ягодных культур  $B = 0,6–0,7$  м. Ширина петли  $b = 0,272$  м. Соответственно радиус вращения зуба роторного рыхлителя не более 0,14 м. По мере роста растений увеличивается габитус куста и ширина защитной зоны, уменьшается длина участка обработки. Вместе с этим уменьшается и радиус установки зубьев на роторном рыхлителе.

### Заключение

Предложена усовершенствованная схема рабочего органа с роторным рыхлителем для обработки почвы в рядах ягодных культур, уравнение траектории зуба роторного рыхлителя, движущегося по кривой удлиненной циклоиды в параметрической форме. Обоснованы обороты роторного рыхлителя. При радиусе вращения рыхлительных зубьев ротора 0,08 м и оборотах гидромотора 500 об/мин окружная скорость роторных зубьев 4 м/с, как на серийных вертикально-фрезерных культиваторах. Предложена последовательность определения геометрических параметров роторного рыхлителя в зависимости от расстояния между кустами в рядах ягодных культур.

### Список литературы

1. Гордеев О. В. Проблемы обработки почвы между кустами ягодных культур и в частности смородины черной // Проблемы научного обеспечения садоводства и картофелеводства : сб. тр. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию ФГБНУ ЮУНИИСК / ФГБНУ «Южно-Уральский научно-исследовательский институт садоводства и картофелеводства». 2016. С. 193–195.
2. Modeling the technological process for harvesting of agricultural produce / S. D. Shepelev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Current Problems and Solutions. 2018. С. 012053.
3. Система производства, переработки и доведения до потребителя ягод в нечерноземной зоне России / под общ. ред. члена-корр. РАСХН И. М. Куликова. М. : ВСТИСП, 2005. 172 с.



4. Ильин В. С. Смородина. Челябинск : Юж.-Урал. кн. изд-во, 2007. 195 с.

5. А. с. № 148618, СССР. Культиватор для одновременной обработки почвы в междурядьях и в рядах древесных культур и ягодных кустарников / Л. М. Пилюгин, В. И. Клименко, В. А. Матвеев ; опубл. 1962, Бюл. № 13.

6. А. с. № 145396, СССР. Приспособление к виноградным плугам-культиваторам для междустовой обработки почвы / В. А. Наумов ; опубл. 1962. Бюл. № 5.

7. Гордеев О. В., Гордеев В. О. Рабочий орган для рыхления почвы в рядке между кустами ягодных культур // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 8. С. 3–7.

8. Пат. на полезн. модель RUS 177 760. Приспособление для междустовой обработки

почвы / О. В. Гордеев, В. О. Гордеев ; опубл. 12.03.2018, Бюл. № 8.

9. Гордеев О. В. Усовершенствованная схема рабочего органа для обработки почвы в рядах ягодных культур // 90 лет на службе агропромышленного комплекса Урала : сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 90-летию со дня основания Южно-Уральского научно-исследовательского института садоводства и картофелеводства – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН. Челябинск, 2021. С. 72–78.

10. Шепелев С. Д. Согласование параметров технических средств в уборочных процессах: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Южно-Уральский государственный аграрный университет. Челябинск, 2010.

---

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

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

**Латыпов Рафкат Мирхатович**, д-р техн. наук, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: mtpitmg@mail.ru.

\* \* \*

## ДВИЖЕНИЕ КЛУБНЯ КАРТОФЕЛЯ, ПОКИНУВШЕГО БАРАБАН ВЫСАЖИВАЮЩЕГО АППАРАТА ДИСКОВОГО ТИПА

**М. Н. Калимуллин, Р. М. Латыпов, Н. Р. Саврасова, А. Н. Козлов, Р. Р. Латыпов**

Обеспечение равномерности раскладки клубней является главным требованием в технологии возделывания и уборки картофеля. В работе предложен усовершенствованный высаживающий аппарат дискового типа. Анализ полученных результатов от момента попадания клубня в барабан до падения на почву показывает, что определяющим фактором равномерности посадки является разница в геометрических размерах клубней, в частности в радиусах. В статье представлено уравнение движения центра масс клубня относительно высаживающего аппарата дискового типа при посадке. Увеличение радиуса клубня на 2 мм увеличивает расстояние  $r_0$  на 8 мм при фиксированном угле между дисками  $\alpha = 30$  град. Чтобы обеспечить равномерность посадки для одной фракции, необходимо установить такое расстояние между дисками барабана, чтобы разница между расстояниями  $r_0$  для клубней одной фракции не превышала разницу между их радиусами. Разница в радиусах клубней в 5 мм дает смещение в борозде не более 1 см от заданного параметра ( $k = 25$  см).

*Ключевые слова:* аппарат, барабан, клубень, скорость, траектория, параметр, расстояние, уравнение.

При посадке картофеля различных фракций требуется переоборудование высаживающих аппаратов ленточно-транспортного типа путем замены чашек. Этот процесс является довольно трудоемким. Возможность посадки картофельных клубней различного диаметра и обеспечение равномерности раскладки клубней относительно рядка картофеля возможно совершенствованием конструктивных параметров высаживающих аппаратов. Задача создания новых и модернизации существующих рабочих органов машин для посадки картофеля с целью повышения качества выполнения технологических операций, снижения расхода энергоресурсов и затрат ручного труда является актуальной.

**Цель исследований** – установление закономерностей движения клубней картофеля от конструктивных параметров и режима работы высаживающего аппарата дискового типа.

### Материал и методы исследования

Векторное уравнение движения центра масс клубня относительно высаживающего аппарата дискового типа при посадке на этом участке имеет вид (рис. 1):

$$\overrightarrow{ma} = \overrightarrow{mg}. \quad (1)$$

Принимаем допущение, что вращением клубня после схода с диска барабана прене-

брегаем, клубень принимаем за материальную точку и сопротивление среды не учитываем.

Спроецировав (1) на оси системы координат, связанные с почвой и проинтегрировав, получим уравнения движения центра масс клубня:

$$\begin{aligned} x(t) &= V_{0x}t + x_0; \\ y(t) &= -\frac{gt^2}{2} + V_{0y}t + y_0, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $x_0 = R \cos \varphi$ ;  $y_0 = h - R \sin \varphi$  – положение центра масс

клубня в момент схода с барабана высаживающего аппарата (начальные координаты);

$V_{0x}, V_{0y}$  – проекции скорости центра масс клубня на оси неподвижной системы координат в момент схода клубня с барабана (проекции начальной скорости).

Начальная скорость центра масс клубня складывается из относительной скорости  $\vec{V}_0^r$  (скорости относительно барабана) и из переносной скорости  $\vec{V}_0^e$  – скорости той точки барабана, в которой в данный момент находится центр масс клубня (рис. 2) [1, 2].

$$\vec{V}_0 = \vec{V}_0^r + \vec{V}_0^e. \quad (3)$$

Относительная скорость центра масс клубня определяется дифференцированием за-



кона движения клубня в барабане высаживающего аппарата:

$$\rho(t) = r_0 \operatorname{ch}(\omega t) + \frac{g}{2\omega^2} (\operatorname{sh}(\omega t) - \sin(\omega t));$$

$$V^r(t) = \dot{\rho}(t) = \omega r_0 \operatorname{sh}(\omega t) + \frac{g}{2\omega} (\operatorname{ch}(\omega t) - \cos(\omega t)). \quad (4)$$

### Результаты и обсуждения

Относительная скорость в момент покидания клубнем барабана:

$$V_0^r = V^r(T_k), \text{ м/с.} \quad (5)$$

Расчеты показали, что чем больше радиус клубня, тем с меньшей относительной скоростью он покинет барабан высаживающего аппарата.

Переносная скорость центра масс клубня складывается в свою очередь из скорости по-

ступательного движения машины –  $\vec{V}_{\text{пост}}^e$  и из скорости точки барабана в круговом движении –  $\vec{V}_{\text{вращ}}^e$ , модули которых:

$$V_{\text{пост}}^e = V, \quad V_{\text{вращ}}^e = \omega \cdot R,$$

где  $V$  – скорость машины, м/с;

$\omega$  – угловая скорость барабана высаживающего аппарата,  $\text{с}^{-1}$ ;

$R$  – радиус барабана, м.

Векторное выражение для начальной скорости центра масс клубня:

$$\vec{V}_0 = \vec{V}_{\text{пост}}^e + \vec{V}_{\text{вращ}}^e + \vec{V}_0^r \quad (6)$$

спроецируем на оси неподвижной системы координат, связанной с почвой:

$$\begin{aligned} V_{0,x} &= V - \omega R \sin \varphi + V_0^r \cos \varphi; \\ V_{0,y} &= -\omega R \cos \varphi - V_0^r \sin \varphi. \end{aligned} \quad (7)$$

Таблица 1 – Относительная скорость центра масс клубней различного радиуса при сходе с диска высаживающего аппарата (начальная скорость падения на почву) –  $V\rho$ , м/с

$V\rho(t,r) := r_0(r) \cdot \omega \cdot \sinh(\omega \cdot t) + \frac{g}{2\omega} \cdot (\cosh(\omega \cdot t) - \cos(\omega \cdot t))$			
$r_1 = 0,02$	$T_1 = 0,168$	$\varphi_1 = 50,472 \cdot \text{deg}$	$V\rho(T_1, r_1) = 1,132$
$r_2 = 0,022$	$T_2 = 0,158$	$\varphi_2 = 47,531 \cdot \text{deg}$	$V\rho(T_2, r_2) = 1,058$
$r_3 = 0,025$	$T_3 = 0,143$	$\varphi_3 = 42,908 \cdot \text{deg}$	$V\rho(T_3, r_3) = 0,94$

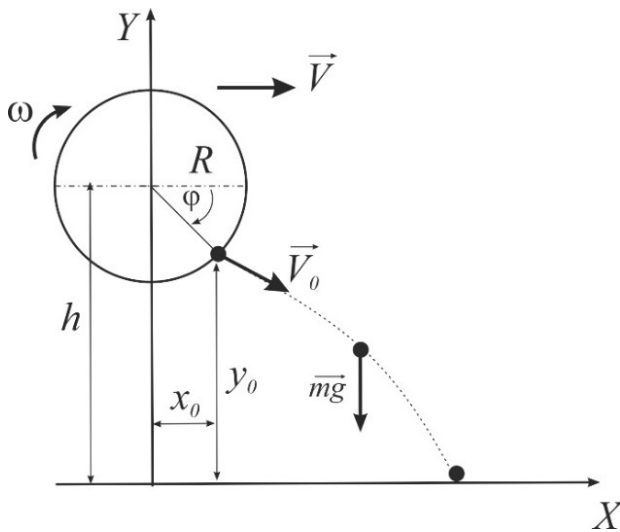


Рис. 1. Схема векторного уравнения движения центра масс клубня

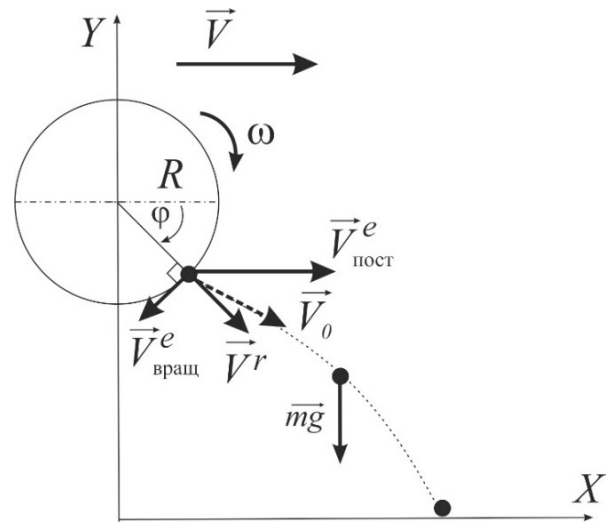


Рис. 2. Схема для определения начальной скорости центра масс клубня



Модуль начальной скорости:

$$V_0 = \sqrt{V_{0x}^2 + V_{0y}^2}$$

Величина начальной скорости будет меньше у клубней большего радиуса, которые будут покидать барабан при меньшем угле наклона.

В результате расчетов по формулам 2 получены траектории движения клубней различных радиусов от момента схода с барабана высаживающего устройства до падения на почву.

Из графиков видно, что дальность полета больше у клубней большего радиуса, которые покидают барабан при меньшем значении угла наклона  $\varphi$  (табл. 3).

Если в секциях высаживающего аппарата будут располагаться клубни одинакового ради-

уса, то они будут покидать барабан через одинаковые промежутки времени и при одном и том же угле поворота барабана, что обеспечит равномерность посадки. Расстояние между клубнями в борозде не будет зависеть от размеров клубней и будет связано с кинематическими параметрами высаживающего аппарата соотношениями  $N \cdot k = V \cdot \frac{2\pi}{\omega}$  или  $\omega = V \cdot \frac{2\pi}{N \cdot k}$ . Если в секциях барабана окажутся клубни разных радиусов (расположенные на различном расстоянии от оси вращения барабана), то они будут покидать барабан не через равные промежутки времени и будут иметь различную дальность полета, что приведет к нарушению равномерной посадки.

На графиках (рис. 5) показана траектория движения и расположение клубней в борозде

Таблица 2 – Траектории движения клубней различных радиусов

$r: r_1 = 0,02$	$t: T_1 = 0,168$	$\varphi: \varphi_1 = 50,472\text{deg}$	$V_0(t, r, \varphi) = 2,249$
$r: r_2 = 0,022$	$t: T_2 = 0,158$	$\varphi: \varphi_2 = 47,531\text{deg}$	$V_0(t, r, \varphi) = 2,228$
$r: r_3 = 0,025$	$t: T_3 = 0,143$	$\varphi: \varphi_3 = 42,908\text{deg}$	$V_0(t, r, \varphi) = 2,189$

Таблица 3

Радиус клубня, м	Угол наклона	Координата приземления, м	Разность, м
$r_1 = 0,02$	$\varphi_1 = 50,472 \cdot \text{deg}$	$S_1 = 0,537$	$S_2 - S_1 = 0,034$
$r_2 = 0,022$	$\varphi_2 = 47,531 \cdot \text{deg}$	$S_2 = 0,571$	$S_3 - S_2 = 0,057$
$r_3 = 0,025$	$\varphi_3 = 42,908 \cdot \text{deg}$	$S_3 = 0,628$	$S_3 - S_1 = 0,091$

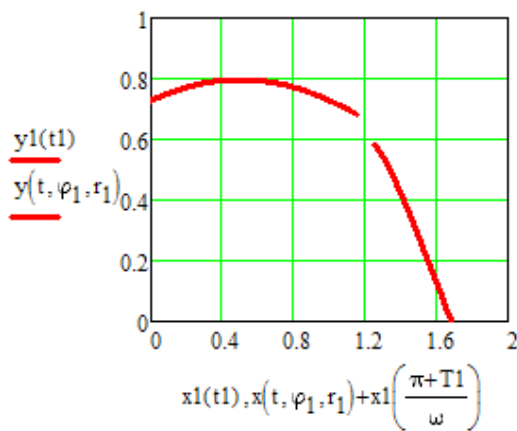


Рис. 3. Траектория движения клубня от момента попадания в барабан высаживающего аппарата до падения на почву

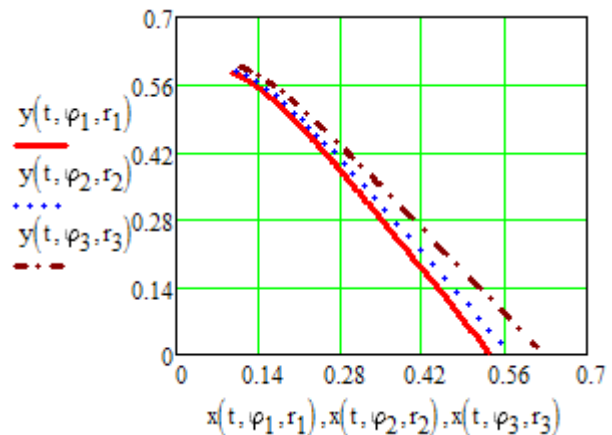


Рис. 4. Траектории движения клубней разных радиусов ( $r_1 < r_2 < r_3$ ) после схода с барабана высаживающего барабана до падения на почву



( $y = 0$ ), когда в барабане вместе с клубнями одинакового радиуса (графики 1, 2, 4) оказался более крупный клубень (график 3).

Исходные данные для расчета были приняты следующие.

Графики 1, 2, 4 – клубни мелкой фракции: радиус  $r_1 = 2$  см, масса 37 грамм, расстояние до оси вращения барабана ( $\alpha = 30$  град) –  $r_0(r_1) = 7,7$  см.

График 3 – клубень более крупной фракции:  $r_3 = 2,5$  см, масса 72 грамма, расстояние до оси вращения барабана ( $\alpha = 30$  град) –  $r_0(r_3) = 9,7$  см.

Скорость поступательного движения аппарата  $V = 1,67$  м/с (6 км/ч); угловая скорость вращения барабана  $\omega = 5,24$  с<sup>-1</sup> (см. формулу 5); радиус барабана  $R = 15$  см, угол между дисками барабана  $\alpha = 30$  град; число секций  $N = 8$ ; расстояние между высаженными клубнями  $k = 25$  см.

В результате расчетов (рис. 6) получено:

– расстояние в борозде между двумя клубнями одинакового радиуса ( $r_1$ ) равно заданному расстоянию  $k_{12} = 25$  см (графики 1 и 2);

– расстояние между клубнями в борозде в случае, когда после мелкого клубня оказывается более крупный, увеличивается и для рассмотренного случая равно  $k_{23} = 29,9$  см, т.е. больше расчетного на 4,9 см (графики 2 и 3);

– расстояние между клубнями в борозде в случае, когда после крупного клубня оказывается более мелкий, уменьшается и для рассмотренного случая равно  $k_{34} = 20,1$  см, т.е. меньше расчетного на 4,9 см (графики 3 и 4).

Анализируя полученные результаты от момента попадания клубня в барабан до падения на почву, можно сделать вывод, что определяющим фактором равномерности посадки является разница в геометрических размерах клубней, в частности в радиусах.

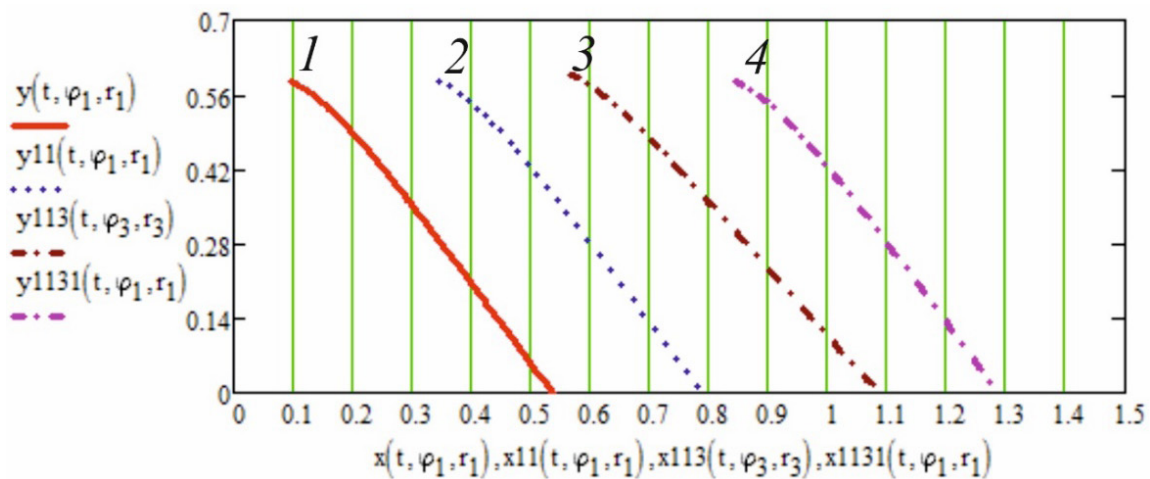


Рис. 5. Траектория движения и расположение клубней в борозде

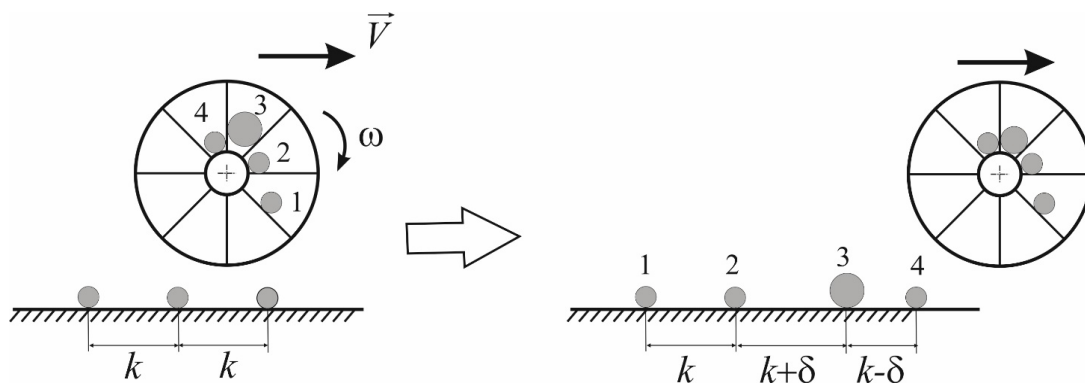


Рис. 6. Расстояние в борозде между двумя клубнями одинакового и разного радиуса ( $r_1$ )

Траектории клубней зависят от тех начальных условий, с которыми клубни попадают в барабан. Начальные условия определяются уравнениями [3–5], описывающими движение клубней в барабане высаживающего аппарата.

В эти уравнения радиусы клубней входят опосредованно через расстояние  $r_0$  от центра вращения барабана до центра масс клубня, находящегося в барабане (рис. 7). Именно это расстояние влияет на время, через которое клубень покинет барабан, на угол поворота барабана при этом, на скорость, с которой клубень покинет барабан, т.е. на те начальные условия, от которых зависит дальнейшая траектория клубня до его попадания в борозду и, как следствие, равномерность посадки.  $V$  – скорость поступательного движения аппарата, м/с,  $\omega$  – угловая скорость барабана высаживающего аппарата,  $c^{-1}$ ,

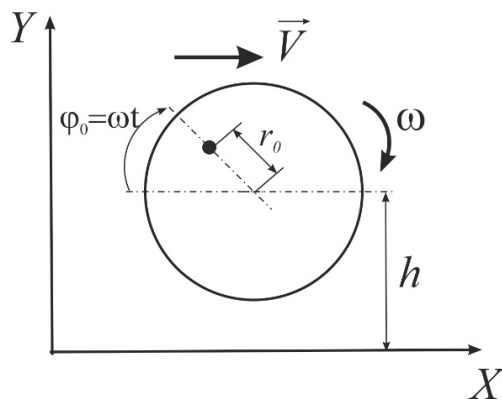


Рис. 7. Схема для определения расстояние  $r_0$  от центра вращения барабана до центра масс клубня

$R$  – радиус диска высаживающего аппарата, м,  $r_0$  – расстояние от оси вращения диска до положения клубня в высаживающем аппарате, м,  $h$  – расстояние от оси вращения барабана высаживающего аппарата до поверхности почвы, м.

Геометрия барабана высаживающего устройства такова, что увеличение радиуса клубня на 2 мм увеличивает расстояние  $r_0$  на 8 мм при фиксированном угле между дисками  $\alpha = 30$  град.

Клубни одной фракции отличаются своими геометрическими размерами в допускаемых пределах. Поэтому чтобы обеспечить равномерность посадки для одной фракции, необходимо установить такое расстояние между дисками барабана, чтобы разница между расстояниями  $r_0$  для клубней одной фракции не превышала разницу между их радиусами (рис. 7).

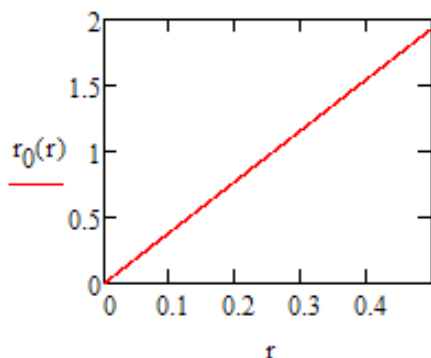
В этом случае, как показали расчеты, разница в радиусах в 5 мм дает смещение в борозде не более 1 см от заданного параметра ( $k = 25$  см).

### Выводы

1. Определяющим фактором равномерности посадки является разница в геометрических размерах клубней, в частности в радиусах.
2. Увеличение радиуса клубня на 2 мм увеличивает расстояние  $r_0$  на 8 мм при фиксированном угле между дисками  $\alpha = 30$  град.
3. Чтобы обеспечить равномерность посадки для одной фракции, необходимо установить такое расстояние между дисками барабана, чтобы разница между расстояниями  $r_0$  для

$$r_0(r) := \frac{1}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \cdot r$$

$\alpha := 30\text{-deg}$  угол между дисками, град  
 $r$  - радиус клубня, м



- $r_0(0.02) = 0.077$  м
- $r_0(0.022) = 0.085$  м
- $r_0(0.025) = 0.097$  м
- $r_0(0.03) = 0.116$  м



клубней одной фракции не превышала разницу между их радиусами

4. Разница в радиусах клубней в 5 мм дает смещение в борозде не более 1 см от заданного параметра ( $k = 25$  см).

#### Список литературы

1. Пат. на полезн. модель 85297 РФ. Устройство для посадки картофеля / Р. М. Латыпов, С. Н. Капов, А. И. Арефьев, Р. Р. Латыпов ; опубл. 2009. Бюл. № 22.

2. Саврасова Н. Р. Результаты экспериментального определения модуля упругости и предела прочности мякоти клубня картофеля // Вестник ЧГАА. 2012. Т. 60. С. 80–83.

3. Калимуллин М. Н., Латыпов Р. М. Обеспечение раскладки клубней картофеля при по-

садке высаживающим аппаратом дискового типа // АПК России. 2021. Т. 28. № 2. С. 230–235.

4. Латыпов Р. М. Совершенствование технологических процессов и технических средств для возделывания и уборки картофеля : дис. ... д-ра техн. наук. Челябинск, 2010. 325 с.

5. Латыпов Р. Р. Обоснование параметров и режимов работы высаживающего аппарата дискового типа для посадки картофеля // Достижения науки – агропромышленному производству : матер. I Междунар. науч.-практ. конф. Челябинск : ЧГАА, 2011. Ч. 3. С. 166–179.

6. Пат. на полезн. модель РФ 87067 РФ. Устройство для посадки картофеля / Р. М. Латыпов, С. Н. Капов, Р. Р. Латыпов, Р. Н. Раупова ; опубл. 2009, Бюл. № 27.

---

**Калимуллин Марат Назипович**, д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет.

E-mail: marat-kmn@yandex.ru.

**Латыпов Рафкат Мирхатович**, д-р техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: mtpitmg@mail.ru.

**Саврасова Наталья Рэмовна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Техническая механика», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: savrasova\_nataly@mail.ru.

**Козлов Александр Николаевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

**Латыпов Ранис Рафкатович**, соискатель кафедры «Тракторы, сельскохозяйственные машины и земледелие», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: Ranislatypov@gmail.com.

\* \* \*

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ НА ОСНОВЕ ВНЕШНЕЙ ИМПУЛЬСНО-СИЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ

**А. Ф. Курносков, Ю. А. Гуськов, В. Н. Корниенко, А. А. Галынский**

Исследования, направленные на разработку и внедрение новых методов оперативной диагностики двигателя внутреннего сгорания в процессе производственной эксплуатации транспортно-технологических машин, позволяющих совершенствовать процесс диагностирования за счет повышения достоверности полученных диагностических данных, является актуальной задачей. В работе приведены результаты исследований по обоснованию нового метода диагностирования цилиндропоршневой группы двигателей внутреннего сгорания. Преимуществом предложенного метода является возможность проводить измерения в процессе производственной эксплуатации машин. Установлено, что оценку параметров технического состояния цилиндропоршневой группы следует проводить на такте расширения соответствующего цилиндра при прокручивании коленчатого вала стартером и на такте сжатия соответствующего цилиндра при работе двигателя в режиме холостого хода.

*Ключевые слова:* импульсно-силовая характеристика, двигатель, техническое состояние цилиндропоршневой группы, диагностирование.

Развитие методов диагностирования двигателей неразрывно связано с эволюцией систем управления. Активное распространение программных систем управления двигателем привело к значительному улучшению процесса сгорания топлива. В результате характеристики электронных блоков управления изменились значительно: тактовая частота процессора с 12 МГц в 1990 г. до 112 МГц и более в настоящее время, объем постоянной памяти – с 32 кбайт до 5 Мбайт [1]. За этот же временной период количество ошибок, которые способен распознавать электронный блок управления, увеличилось с 50 (Bosch MSA6) до более чем 2000 (Bosch EDC 17) [2]. Изменение указанных характеристик вызвано необходимостью обработки большого объема информации для точного управления рабочими процессами двигателя. Кроме того, для обеспечения требований экологической безопасности за последнее время введены новые элементы очистки и нейтрализации отработавших газов: к имеющимся системам EGR и катализаторам бензиновых двигателей добавляются системы фильтрации и дожигания углеродистых соединений и системы нейтрализации оксидов азота в отработавших газах дизельных двигателей на основе растворов диамида угольной кислоты [3, 4]. Все это

приводит к усложнению конструкции диагностических систем и алгоритмов обработки информации.

Несмотря на большие возможности современных диагностических систем, учет технического состояния двигателя в процессе производственной эксплуатации осуществляется только на основе показаний встроенных датчиков. Так, например, изменение основных параметров технического состояния цилиндропоршневой группы двигателя непосредственно в процессе производственной эксплуатации, встроенные системы диагностирования не выявляют и зачастую требуют проведения тестовых испытаний двигателя. Более точную информацию о техническом состоянии цилиндропоршневой группы можно получить при использовании компрессометров, цифровых мотор-тестеров и сервисных программ [5]. В связи с этим трудоемкость указанных способов увеличивается вследствие вывода работы двигателя в тестовый режим. Авторами предложены частные методики диагностирования цилиндропоршневой группы [6, 7], газораспределительного механизма [8, 9] и диагностирования двигателя в целом по мощностным параметрам [10] и параметрам переходных процессов [11]. Указанные способы также требуют вывода работы двигателя в тестовый ре-

жим и, следовательно, являются трудоемкими. Поэтому разработка способа оценки технического состояния цилиндропоршневой группы двигателя в процессе производственной эксплуатации транспортно-технологических машин является актуальной задачей.

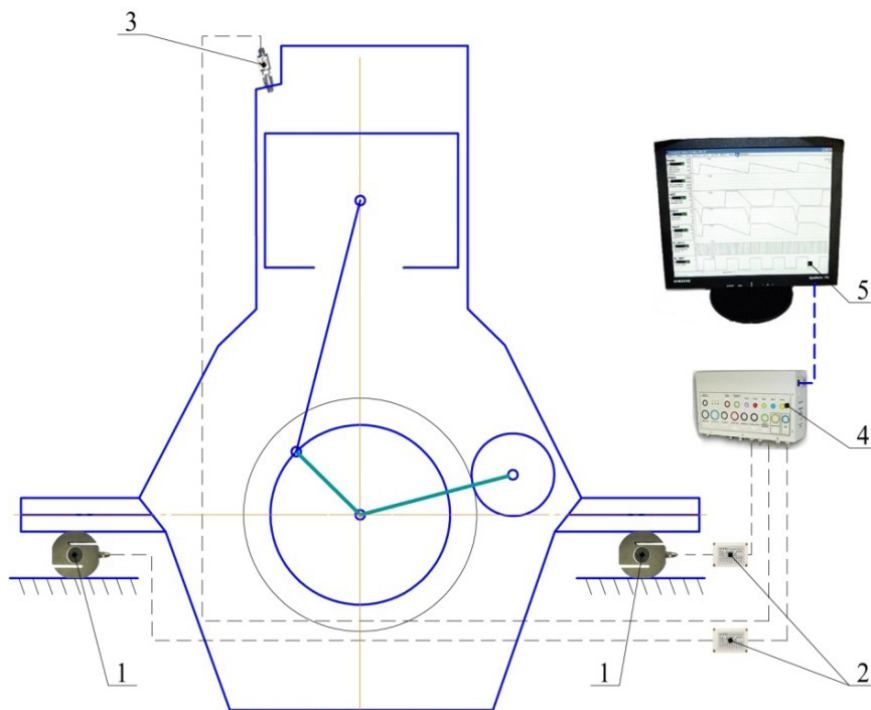
Известно, что силы, передающиеся через опоры двигателя раме транспортного средства, обладают диагностической ценностью [12], а техническое состояние цилиндропоршневой группы можно определить по величине импульсно-силовых характеристик двигателя [13, 14, 15]. При выполнении экспериментальных исследований были рассмотрены два случая работы двигателя: при повороте коленчатого вала стартером без пуска и при работе двигателя в режиме холостого хода.

### Методика экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования проводились на рядном четырехцилиндровом дизельном двигателе Д-240. Данный двигатель был выбран исходя из распространенности исполь-

зования на транспортно-технологических машинах в агропромышленном комплексе и простоты конструкции.

В опоры двигателя устанавливали тензометрические датчики 1 (см. рис. 1) таким образом, чтобы силы, передаваемые от блока цилиндров двигателя раме, полностью воспринимались тензодатчиками. Аналоговый сигнал, поступающий по сигнальным проводам тензодатчиков, усиливался в преобразователях сигнала 2. Текущее давление в цилиндрах двигателя измеряли с помощью датчика давления 3. Сбор аналоговых сигналов от преобразователей 2 и датчика давления 3 осуществляли с помощью блока автомобильной диагностики 4, который передавал информацию в обработанном виде на стационарный компьютер 5. Обработку полученных данных осуществляли с помощью пакета прикладных программ, входящих в диагностический комплекс «Дизель-тестер МТ10Д» и Microsoft Office Excel. Величины сил, создаваемых на опорах двигателя, определяли, исходя из показаний сигнального напряжения



1 – тензометрические датчики К-Р-16А; 2 – преобразователь сигнала тензодатчика КСК1;  
3 – датчик давления в цилиндре ДД-8Д; 4 – блок автомобильной диагностики АД-4Д;  
5 – персональный компьютер

Рис. 1. Схема экспериментальной установки по определению зависимости усилий на опорах двигателя от величины давления в цилиндрах на такте сжатия

тензодатчиков, при этом предварительно получали зависимость напряжения на тензOMETрических датчиках, измеренного блоком автомобильной диагностики 4 от величины силы, приложенной к тензодатчиком и измеренной с помощью тензOMETрической станции ZET-017-T8. Данная методика была применена исходя из простоты реализации при большом количестве экспериментов.

### Порядок проведения экспериментов

Пускали и прогревали двигатель до температуры охлаждающей жидкости 80 °С. Останавливали двигатель, вместо форсунки исследуемого цилиндра устанавливали датчик давления 3. Прокручивали стартером коленчатый вал и регистрировали исследуемые параметры. Для остальных цилиндров опыт проводили аналогичным образом. Затем пускали двигатель, устанавливали минимально устойчивую частоту вращения коленчатого вала и регистрировали величину сил, создаваемых каждым цилиндром на опорах двигателя. При обработке экспериментальных данных за результат исследований принимался график усилий, исчисленный за пять рабочих циклов двигателя.

### Результаты исследований

Результаты измерений величины компрессии в цилиндрах при прокрутке коленчатого вала стартером представлены на рисунке 2.

В соответствии с рисунком установлено, что в разных цилиндрах величина компрессии принимает разные значения. Нормативному значению компрессии (30 кгс/см<sup>2</sup>) соответствует только величина компрессии в первом цилиндре со средним значением 30,9 кгс/см<sup>2</sup>. Наименьшее среднее значение компрессии 26,4 кгс/см<sup>2</sup> зарегистрировано в третьем цилиндре.

На рисунках 3 и 4 представлены импульсно-силовые характеристики двигателя при прокрутке коленчатого вала стартером и при работе двигателя в режиме холостого хода соответственно.

Анализ графика (рис. 3) показывает, что пиковая величина сил на опорах двигателя на такте сжатия в режиме прокрутки коленчатого вала стартером изменяется в диапазоне 490...530 Н, несмотря на разницу компрессии по цилиндрам в 4,5 кгс/см<sup>2</sup>, что не позволяет считать чувствительность измеряемого параметра удовлетворительной. Это объясняется тем, что в рассматриваемом случае на опорах регистрируется разница значений сил, создаваемых стартером, и сил сжатия воздуха в соответствующем цилиндре. Кроме того установлено, что на такте расширения соответствующего цилиндра большему значению компрессии соответствует большее пиковое значение силы на опорах двигателя. Так, наибольшее среднее пиковое значение сил на опорах на такте расширения составляет 793 Н для первого цилиндра, что со-

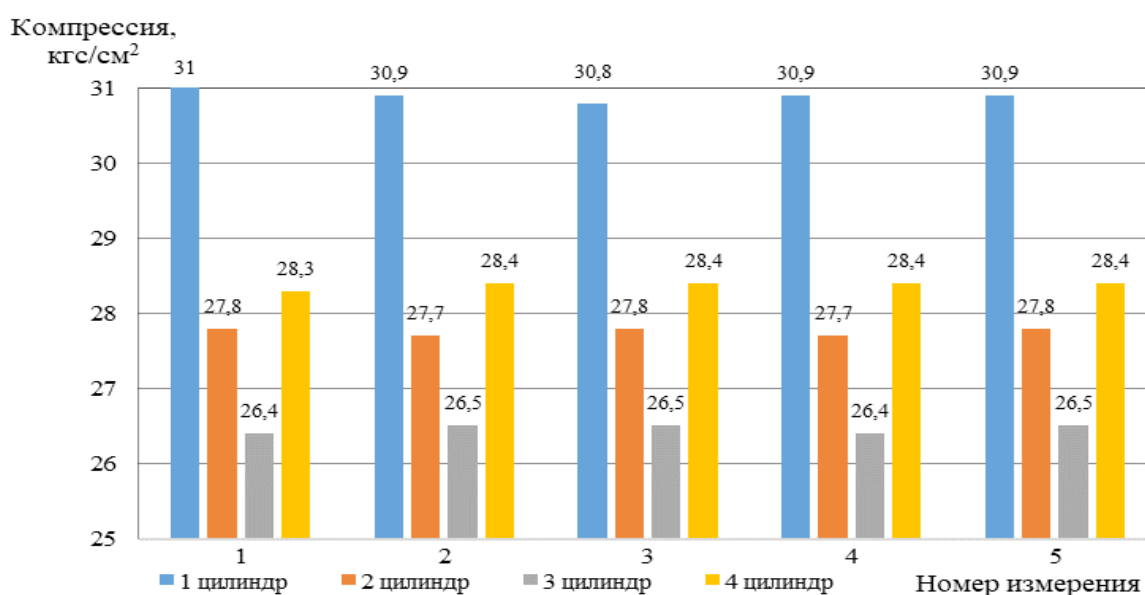


Рис. 2. Результаты измерений компрессии в цилиндрах при прокрутке коленчатого вала стартером



ответствует величине компрессии  $30,9 \text{ кгс/см}^2$ , наименьшее среднее пиковое значение сил на опорах  $641 \text{ Н}$  создается третьим цилиндром с величиной компрессии  $26,5 \text{ кгс/см}^2$ .

На основании данных рис. 4 можно сделать вывод, что величина компрессии в цилиндрах в значительной степени влияет на характер изменения импульсно-силовых характеристик двигателя. На такте сжатия первого цилиндра величина сил на опорах достигает пикового значения минус  $286 \text{ Н}$ , на такте сжатия третьего цилиндра – минус  $148 \text{ Н}$ . При этом величина

сил на опорах на такте расширения каждого цилиндра изменяется в диапазоне  $350 \dots 369 \text{ Н}$ . Таким образом, можно сделать вывод, что для условий проведенного эксперимента величина компрессии в цилиндрах не влияет на величину импульсно-силовых характеристик на опорах двигателя на такте сгорания и расширения соответствующего цилиндра.

Чувствительность изменения импульсно-силовых характеристик относительно величины компрессии в цилиндрах демонстрирует рисунок 5. Анализ графиков показывает, что

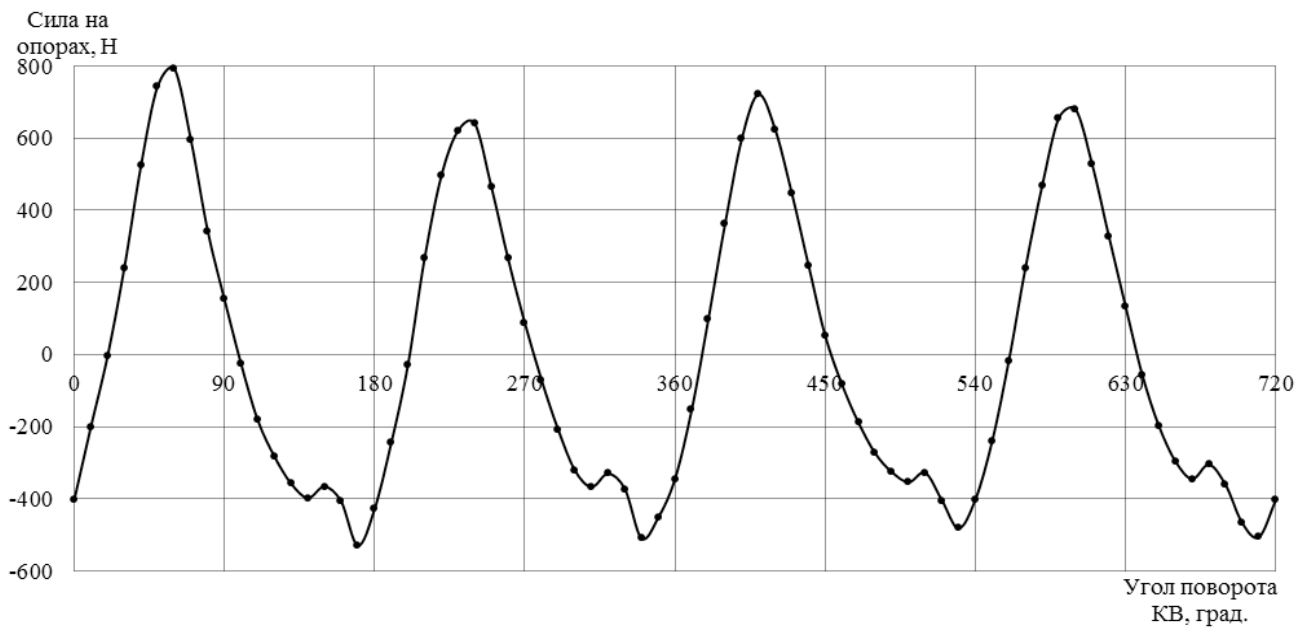


Рис. 3. Импульсно-силовые характеристики на опорах двигателя при прокрутке коленчатого вала стартером

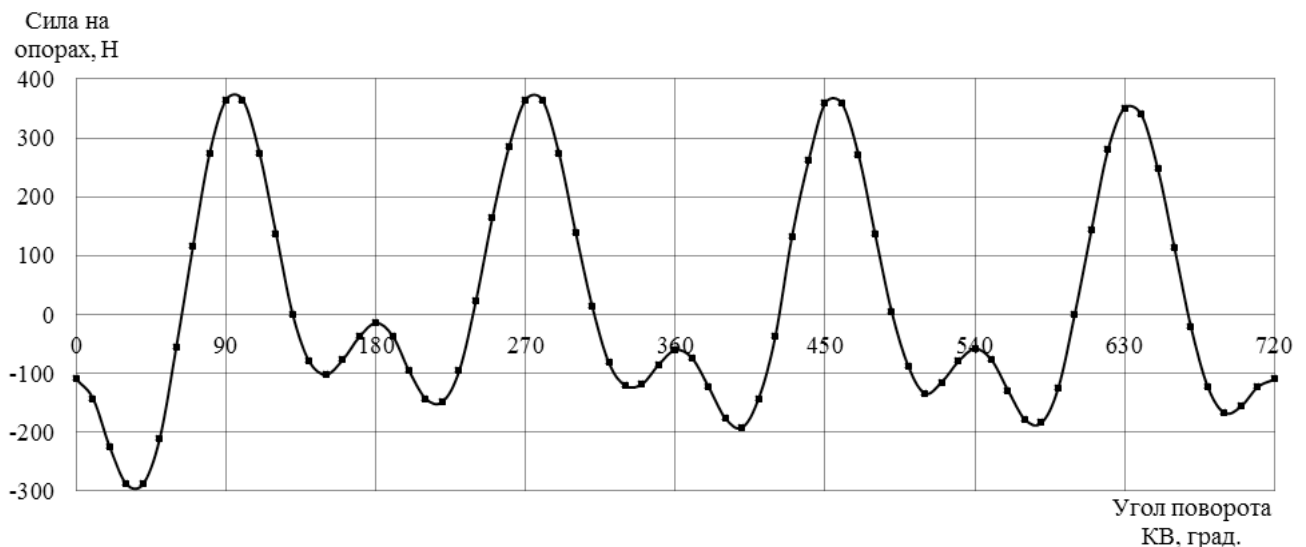


Рис. 4. Импульсно-силовые характеристики на опорах двигателя при работе двигателя в режиме холостого хода



предложенный диагностический параметр обладает чувствительностью  $33,7 \text{ Нсм}^2\text{кгс}^{-1}$  на такте расширения каждого цилиндра при прокрутке стартером, на такте сжатия каждого цилиндра при работе в режиме холостого хода чувствительность составляет  $32,2 \text{ Нсм}^2\text{кгс}^{-1}$ . Таким образом, величину компрессии в цилиндрах двигателя можно оценивать по внешней импульсно-силовой характеристике двигателя.

### Выводы

1. Проведенные экспериментальные исследования показали, что оценку величины компрессии в цилиндрах при прокрутке коленчатого вала стартером можно проводить по величине импульсно-силовых характеристик на опорах двигателя. Наибольшее среднее пиковое значение величины сил на опорах двигателя на такте сжатия составляет  $793 \text{ Н}$  для первого цилиндра с величиной компрессии  $30,9 \text{ кгс/см}^2$ , наименьшее значение –  $641 \text{ Н}$  для третьего цилиндра с величиной компрессии  $26,5 \text{ кгс/см}^2$ . Чувствительность диагностического параметра составляет  $33,7 \text{ Нсм}^2\text{кгс}^{-1}$ .

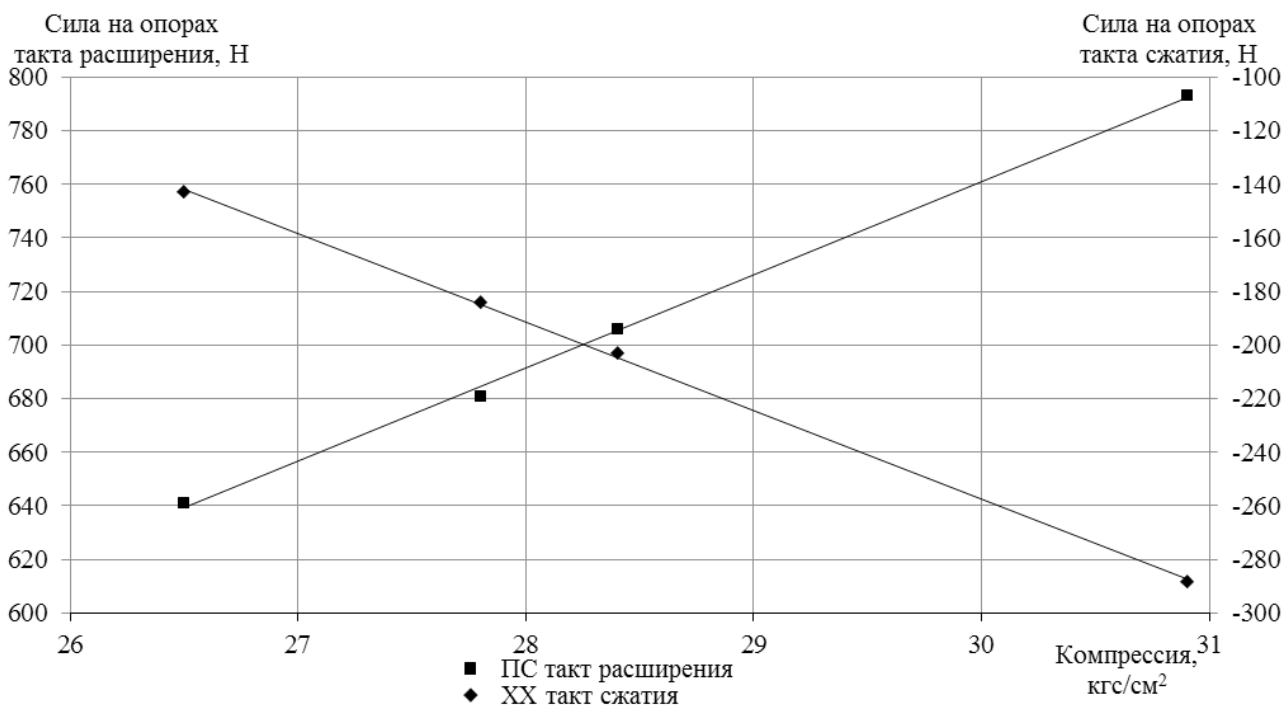
2. При работе двигателя в режиме холостого хода оценку величины компрессии

можно проводить по величине импульсно-силовых характеристик, измеренных на опорах двигателя на такте сжатия соответствующего цилиндра. Значению компрессии  $30,9 \text{ кгс/см}^2$  в первом цилиндре соответствует среднее пиковое значение сил на опорах минус  $286 \text{ Н}$ . При величине компрессии  $26,5 \text{ кгс/см}^2$  в третьем цилиндре средняя пиковая величина сил достигает значений минус  $148 \text{ Н}$ . Чувствительность диагностического параметра составляет  $32,2 \text{ Нсм}^2\text{кгс}^{-1}$ .

3. Величину компрессии в цилиндрах можно оценивать предложенным способом при каждом пуске двигателя в случае поворота коленчатого вала стартером или при минимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя при работе в режиме холостого хода.

### Список литературы

1. Гриценко А. В. Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем питания и смазки двигателей внутреннего сгорания (экспериментальная и производственная реализация на примере ДВС автомобилей) : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Челябинск, 2014.



ХХ – холостой ход; ПС – прокрутка стартером

Рис. 5. Зависимость средних пиковых значений сил на опорах двигателя от величины компрессии в цилиндрах



2. Кривцов С. Н. Методологические основы диагностики автомобилей с дизельными двигателями, оснащенными аккумуляторными топливopодающими системами : дис. ... д-ра техн. наук. 2017.
3. Trautwein W. P. Ad Blue as a reducing agent for the decrease of NOx emissions from diesel engines of commercial vehicles. DGMK, 2003. 231 с.
4. Splashing characteristics of diesel exhaust fluid (AdBlue) droplets impacting on urea-water solution films / A. Terzis [et al.] // *Experimental Thermal and Fluid Science*. 2019. Т. 102. С. 152–162.
5. Компьютерный комплекс Дизель-тестер МТ10Д. Руководство пользователя. Самара : НПП «НТС», 2017. 24 с.
6. Gritsenko A., Kukov S., Glemba K. Theoretical underpinning of diagnosing the cylinder group during motoring // *Procedia Engineering*. 2016. Т. 150. С. 1182–1187.
7. Плаксин А. М., Гриценко А. В., Глемба К. В. Экспериментальные исследования технического состояния цилиндропоршневой группы в режиме прокрутки двигателя стартером // *Пром-Инжиниринг*. 2016. С. 111–113.
8. Гриценко А. В., Глемба К. В., Балясников А. С. Исследование параметров работы газораспределительного механизма при виброакустическом контроле в режиме тестового диагностирования // *Вестник Уральского государственного университета путей сообщения*. 2020. №. 3. С. 65–73.
9. Балясников А. С., Гриценко А. В. Исследование газораспределительного механизма ДВС методом вибродиагностики // *Актуальные вопросы агроинженерных и агрономических наук*. С. 23–29.
10. Автоматизированная технология энергетического мониторинга тракторного парка сельхозпредприятия / В. В. Альт [и др.] // *Труды ГОСНИТИ*. 2017. Т. 129. С. 36–44.
11. Савченко О. Ф., Ольшевский С. Н., Рихтер В. А. Автоматизация экспериментальных исследований двигателей внутреннего сгорания // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2008. №. 9. С. 82–90.
12. Ус С. С., Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Применение цифровой инклинометрии при технической диагностике опор двигателя // *Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона : сб. науч. тр.* // ФГБОУ ВО БГСХА им. В. Р. Филиппова. Улан-Удэ, 2021. С. 117–120.
13. Пат. № 2744668 РФ, МПК G01M 15/04. Способ оценки технического состояния цилиндропоршневой группы двигателя внутреннего сгорания / А. Ф. Курносов, Ю. А. Гуськов, Д. А. Домнышев. № 2020122303 ; заявл. 30.06.2020 ; опубл. 12.03. 2021, Бюл. № 8. 12 с.
14. Курносов А. Ф., Гуськов Ю. А. Импульсно-силовой способ оценки технического состояния цилиндра-поршневой группы двигателя внутреннего сгорания // *АгроЭкоИнфо*. 2020. № 3. Режим доступа : [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/3/st\\_319.pdf](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/3/st_319.pdf).
15. Пат. № 2690998 РФ, МПК G01M 15/04. Способ оценки технического состояния цилиндропоршневой группы двигателя внутреннего сгорания / А. Ф. Курносов [и др.]. № 2018130539 ; заявл. 22.08.2018 ; опубл. 07.06.2019, Бюл. № 16. 10 с.

---

**Курносов Антон Федорович**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ.  
E-mail: [anton\\_kurnosov@mail.ru](mailto:anton_kurnosov@mail.ru).

**Гуськов Юрий Александрович**, д-р техн. наук, доцент, директор Инженерного института, ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ.  
E-mail: [nsauii@ngs.ru](mailto:nsauii@ngs.ru).

**Корниенко Владимир Николаевич**, аспирант, ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ.  
E-mail: [vladim-kornien@yandex.ru](mailto:vladim-kornien@yandex.ru).

**Галынский Андрей Александрович**, магистрант, ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ.  
E-mail: [reshot11@mail.ru](mailto:reshot11@mail.ru).

\* \* \*

## СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПРИВОДОМ ДЛЯ ОГЛУШЕНИЯ СКОТА

**А. П. Моисеев, А. В. Волгин, В. А. Каргин, В. И. Чарыков, К. М. Усанов**

При производстве мяса и мясной продукции с целью сохранения качества и вкусовых свойства мяса необходимо внедрение инновационных технологий гуманного оглушения и убоя сельскохозяйственных животных и птицы. На современных предприятиях используется ударное воздействие для достижения эффекта состояния обморока животных. В качестве ударной машины применение импульсного линейного электромагнитного двигателя (ЛЭМД) является наиболее предпочтительным, позволяющим исключить промежуточные преобразователи энергии, свойственные пневматическим и гидравлическим установкам. С целью автоматического регулирования энергии удара предложена система управления электромагнитным приводом с программируемым логическим контроллером. Обратную связь по напряжению в данной системе автоматического управления обеспечивает тензометрический датчик. Силовой электромагнитный привод для оглушения скота обеспечивает срабатывание ЛЭМД с управлением в функции времени по заданному циклу. Повышение напряжения подаваемого импульса на обмотку ЛЭМД пропорционально количеству циклов в функции времени. Аварийная остановка системы происходит вне наличия объекта и при превышении температуры обмотки ЛЭМД. Питание устройства с ЛЭМД для оглушения скота производится от секционированного конденсаторного источника при срабатывании транзисторных коммутаторов MOSFET. Первая секция конденсаторного источника получает заряд  $0,6U_m$ . Условием подключения добавочной секции конденсаторного источника является масса животного более 250 кг (заряд секции  $0,8U_m$ ). Условием включения всех секций конденсаторного источника является масса животного более 650 кг, энергия ударного воздействия при этом максимальна. Включение световой и звуковой сигнализации происходит после оглушения животного. Защита при неисправности одного из транзисторных коммутаторов, приводящей к резкому повышению температуры обмотки, производится датчиком положения якоря, при подаче управляющего сигнала которого более 3 с на дискретный вход ПЛК происходит отключение электромагнитного привода.

Ключевые слова: линейный электромагнитный привод, оглушение скота, энергия удара, система автоматического управления.

При производстве мяса и мясной продукции с целью сохранения качества и вкусовых свойств мяса необходимо внедрение инновационных технологий гуманного оглушения и убоя сельскохозяйственных животных и птицы.

На современных предприятиях используется ударное воздействие для достижения эффекта состояния обморока животных [1, 2, 3].

В качестве ударной машины применение импульсного линейного электромагнитного двигателя (ЛЭМД) [8, 9] (рис. 1) является наиболее предпочтительным, позволяющим исключить промежуточные преобразователи энергии, свойственные пневматическим и гидравлическим установкам. С целью автоматического регулирования энергии удара предложена система управления электромагнитным приводом с программируемым логическим контроллером.

### Материал и методы

Сформулируем требования к силовому электромагнитному приводу для оглушения скота:

– срабатывание ЛЭМД с управлением в функции времени по заданному циклу:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{п}}^1 + t_{\text{н}}^1 = 1,5 \text{ с}, \quad t_{\text{п}}^1 = 0,5 \text{ с}, \quad t_{\text{н}}^1 = 1 \text{ с}.$$

– аварийная остановка системы вне наличия объекта (голова КРС) и при превышении температуры обмотки ЛЭМД.

Функциональная схема системы с автоматической коррекцией энергии удара представлена на рисунке 2.

Питание устройства с ЛЭМД для оглушения скота 5 производится от секционированного конденсаторного источника 9 (СЕН) при срабатывании транзисторных коммутаторов 8 (КЭ1-КЭ3) MOSFET.

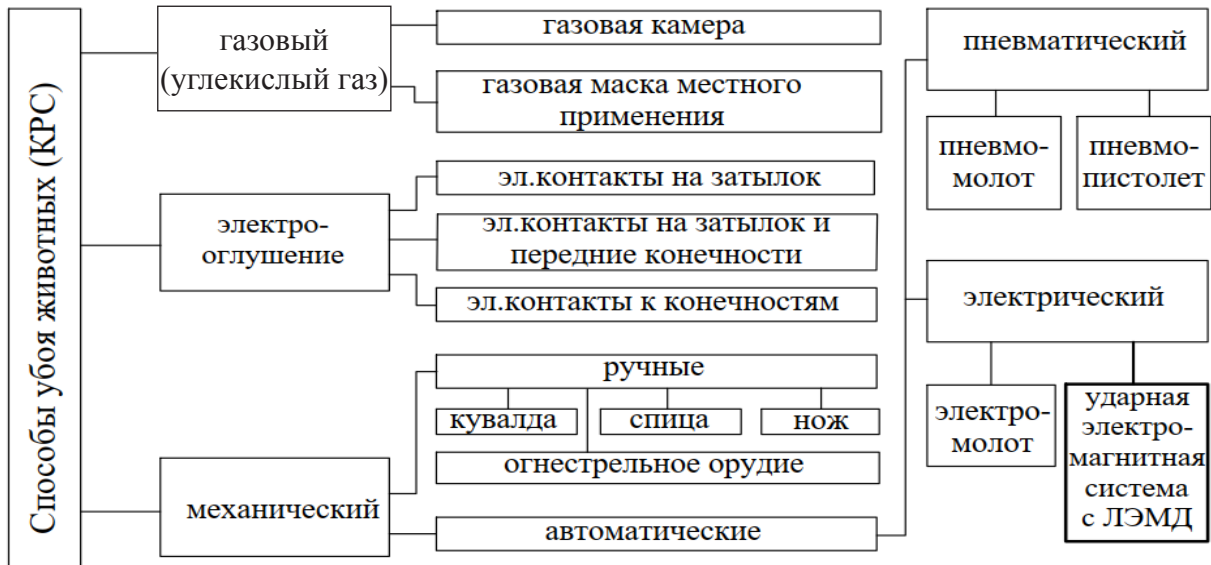
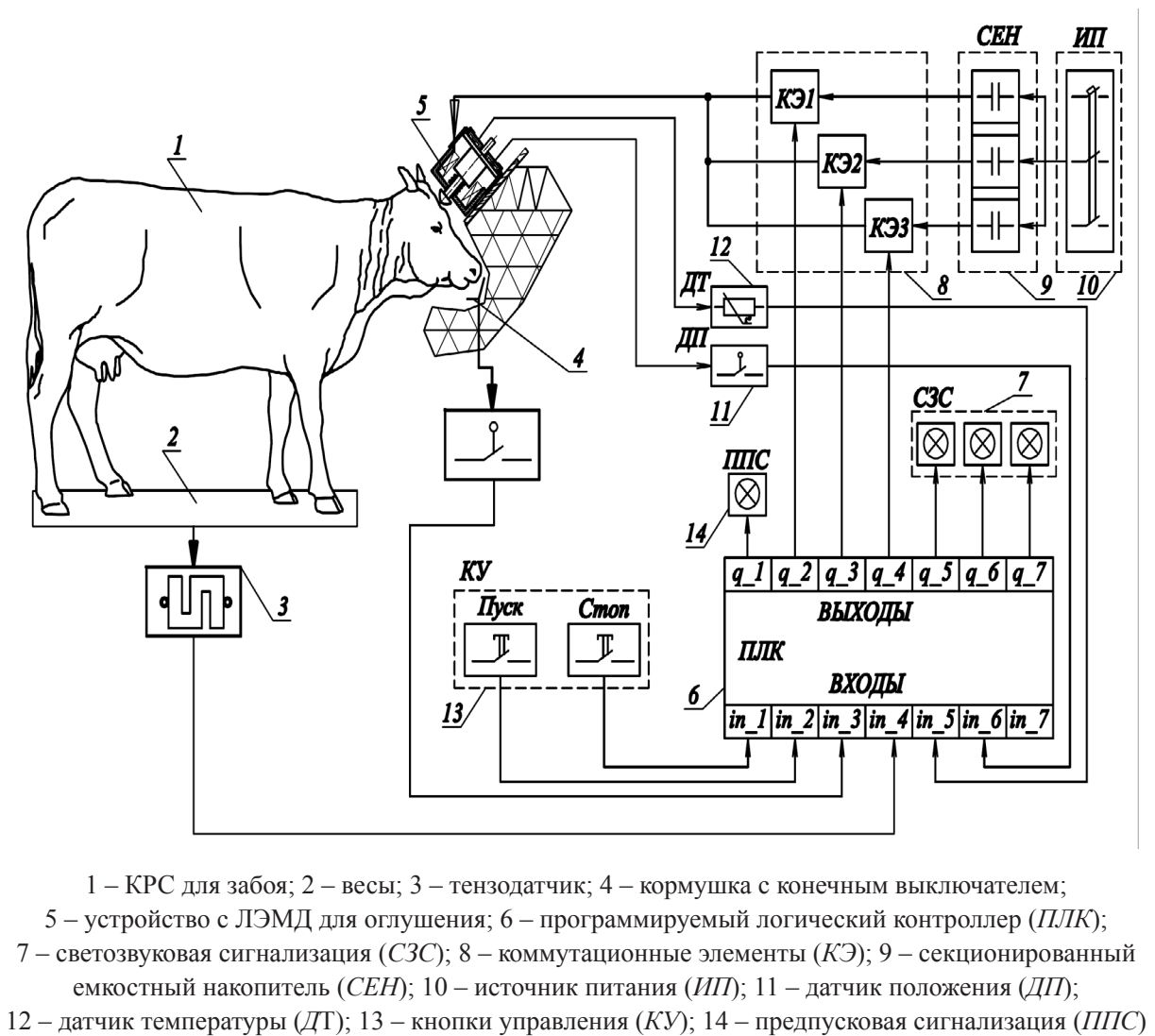


Рис. 1. Классификация способов убоя крупного рогатого скота



1 – КРС для забоя; 2 – весы; 3 – тензодатчик; 4 – кормушка с конечным выключателем; 5 – устройство с ЛЭМД для оглушения; 6 – программируемый логический контроллер (ПЛК); 7 – светозвуковая сигнализация (СЗС); 8 – коммутационные элементы (КЭ); 9 – секционированный емкостный накопитель (СЕН); 10 – источник питания (ИП); 11 – датчик положения (ДП); 12 – датчик температуры (ДТ); 13 – кнопки управления (КУ); 14 – предупредительная сигнализация (ППС)

Рис. 2. Функциональная схема системы с автоматической коррекцией энергии удара

Кнопка управления 13 (КУ) служит для включения ЛЭМД. Контроль массы животного осуществляется тензодатчиком 3.

При нахождении животного на весах 2 ПЛК формирует выходной сигнал управления коммутационным элементом КЭ1 при получении входного сигнала от тензодатчика 3.

Первая секция конденсаторного источника 9 получает заряд  $0,6U_m$ . ЛЭМД производит удар по голове животного с энергией  $A_{уд}$ .

Условием подключения добавочной секции конденсаторного источника является масса животного более 250 кг. ПЛК формирует выходной сигнал управления коммутационным элементом КЭ2. Вторая секция конденсаторного источника 9 получает заряд  $0,8U_m$ , энергия ударного воздействия увеличивается до  $A_{уд}^2 > A_{уд}^1$  [4, 6, 7].

Условием включения всех секций конденсаторного источника является масса животного более 650 кг, энергия ударного воздействия увеличивается до  $A_{уд}^{max2} > A_{уд}^2$ .

Включение световой и звуковой сигнализации 7 происходит после оглушения животного.

Электромагнитный привод отключится при превышении допустимой для данного класса изоляции температуры обмотки ЛЭМД по сигналу от термодатчика 12 [3, 5].

При неисправности одного из транзисторных коммутаторов КЭ1...КЭ3 якорь ЛЭМД произведет удар без совершения обратного холостого хода. Защита от данного режима, приводящего к резкому повышению температуры обмотки, производится датчиком положения якоря 11, при подаче управляющего сигнала которого более 3 с на дискретный вход ПЛК происходит отключение электромагнитного привода.

### Результаты и их обсуждение

Автоматическое управление системой для оглушения скота осуществляется программированием ПЛК в среде CoDeSyS (рис. 3) [5].

В таблице 1 даны обозначения глобальных входов и выходов программируемого логического контроллера.

Перед запуском системы автоматического управления срабатывает предупредительная сигнализация. Сигнал TRUE формируется при появлении сигнала от кнопки «пуск» на входе SET блока «RStrig1».

При появлении логической единицы на выходе Q блока «RStrig1» согласно заданному временному диапазону включается выход q\_1 (pps). Функциональный блок «Blinker 1» программируется таким образом, чтобы обеспечить

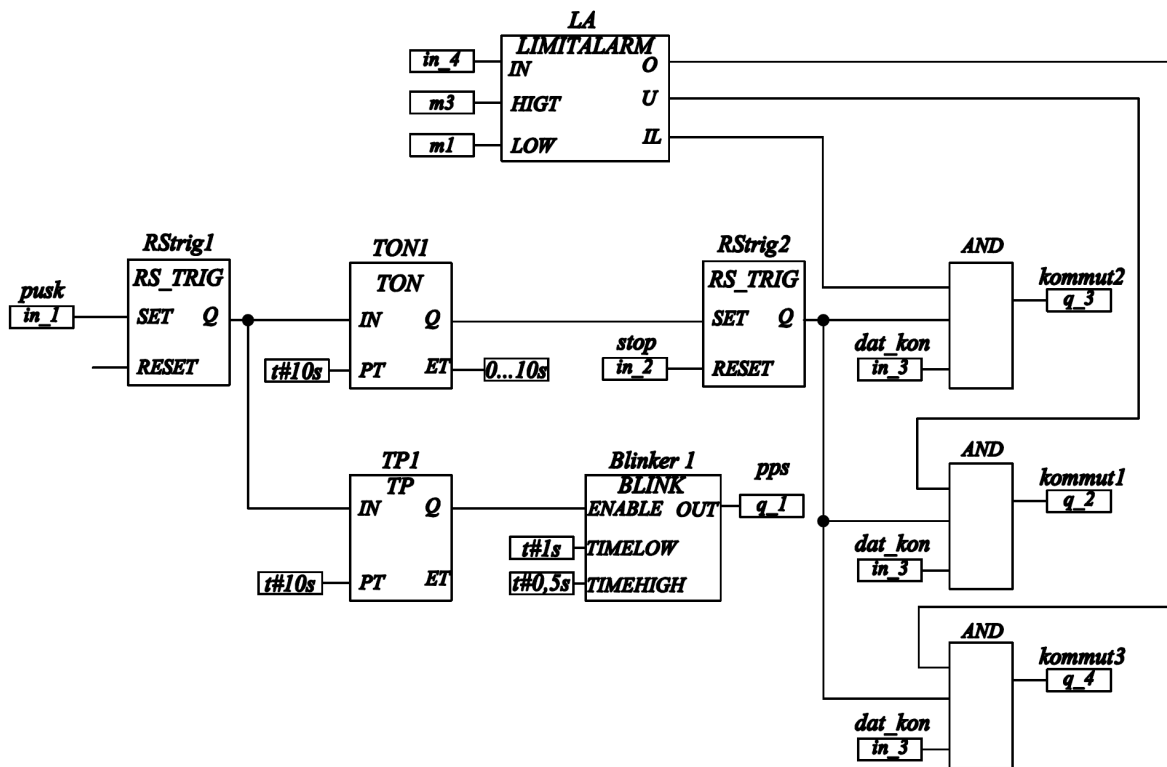


Рис. 3. Логическая схема системы автоматического управления с ЛЭМД



продолжительность импульса TIMEHIGH 0,5 с ( $t \# 1$  s). В течение данного времени будет подаваться логическая единица на выход q\_1 (pps). Время паузы задается TIMELOW 0,5 с ( $t \# 0,5$  s). Отключение предпусковой сигнализации 14 (рис. 2) произойдет через 10 секунд. На входе IN одновременно с функциональным блоком TP1 формируется логическая единица с выдержкой включения TON1 10 секунд. Блок TON1 формирует на выходе Q сигнал TRUE, который поступает на вход SET блока RStrig2. На выходе блока RStrig2 формируется логическая единица.

Граница диапазона функционального блока LIMITALARM определяется входами LOW и HIGH. Сигнал от тензодатчика 3 (dat\_tenz) поступает на аналоговый вход in\_4 функционального блока LIMITALARM. На выходе функционального блока LIMITALARM появляется логическая единица.

При массе животного  $m_1 \leq 250$  кг сигнал TRUE с выхода U подается на вход функционального блока AND2. При условии нахождения головы животного в оптимальном положении срабатывает конечный выключатель 4, подготавливая к работе устройство оглушения 5. В этом случае выход q\_2 функционального блока kommut 1 дает сигнал на подключение обмотки импульсного ЛЭМД к секции конденсаторного источника с напряжением  $0,6U_m$  с энергией удара  $A_{уд1}^2 = 0,6 \cdot A_{уд.макс}$ .

Аналогично при значении входа IN блока LIMITALARM больше величины заданной на входе HIGH (масса КРС  $m_2 > 600$  кг) срабатывает выход Q, включая выход q\_4 kommut 3, и подключает ЛЭМД на  $U_{max}$  с энергией  $A_{уд.макс}$ .

Если сигнал от dat\_tenz находится в пределах диапазона HIGH LOW (масса КРС  $m_3 =$  от 250 до 600 кг), включается выход IL, формируя сигнал на блоке AND1 и включение дискретного выхода q\_3 kommut 2, тем самым подавая на обмотку ЛЭМД напряжение 0,8 от  $U_{max}$  и механическую энергию в пределах  $0,8A_{уд.макс}$ .

Таким образом, предлагаемая схема позволяет реализовывать энергию удара, исходя из заданной массы КРС, обеспечивая оптимальную степень оглушения животного.

Для защиты от предельно допустимой температуры обмотки ЛЭМД при форсированном потреблении электрической энергии предложена логическая схема (рис. 4).

В соответствии с классом нагревостойкости обмотки импульсного ЛЭМД сигнал dat\_temp (аналоговый вход in\_4), поступающий от термодатчика на вход блока GT, сравнивается со значением temp. Отключение выходов q\_1–q\_4 происходит при соблюдении условия  $dat\_temp > temp$ . Функциональный блок «Blinker 5» с заданной периодичностью включает светозвуковую сигнализацию signal 2 (дискретный вход q\_6).

Таблица 1 – Обозначение глобальных входов и выходов программируемого логического контроллера

№ п/п	Наименование	Тип сигнала	Обозначение	Номер входа/выхода
Входы				
1	Кнопка пуск	дискретный	pusk	in_1
2	Кнопка стоп	дискретный	stop	in_2
3	Выключатель конечный	дискретный	dat_kon	in_3
4	Тензодатчик	аналоговый	dat_tenz	in_4
5	Датчик температуры	аналоговый	dat_temp	in_5
6	Датчик положения	дискретный	dat_polog	in_6
Выходы				
7	Сигнализация предпусковая	дискретный	pps	q_1
8	Коммутационный элемент (транзистор) 1	дискретный	kommut 1	q_2
9	Коммутационный элемент (транзистор) 2	дискретный	kommut 2	q_3
10	Коммутационный элемент (транзистор) 3	дискретный	kommut 3	q_4
11	Световая и звуковая сигнализация 1	дискретный	signal 1	q_5
12	Световая и звуковая сигнализация 2	дискретный	signal 2	q_6
13	Световая и звуковая сигнализация 3	дискретный	signal 3	q_7

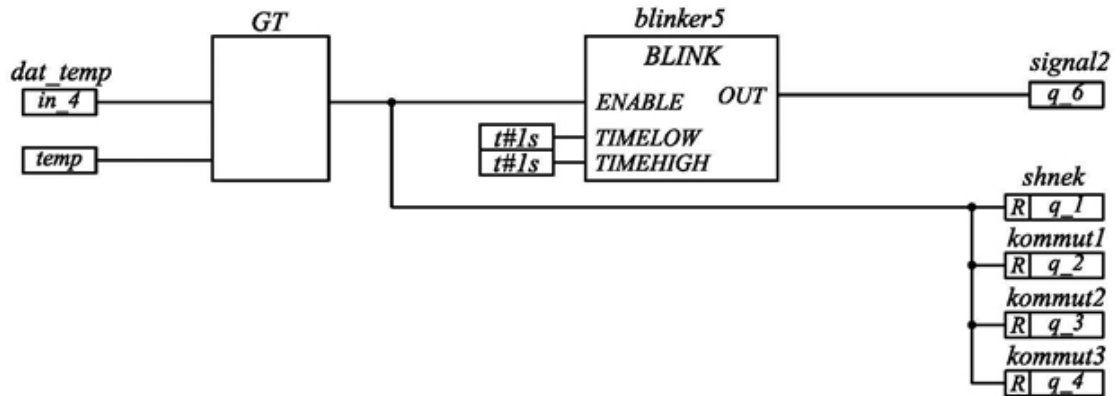


Рис. 4. Логическая схема защиты ЛЭМД от предельно допустимой температуры

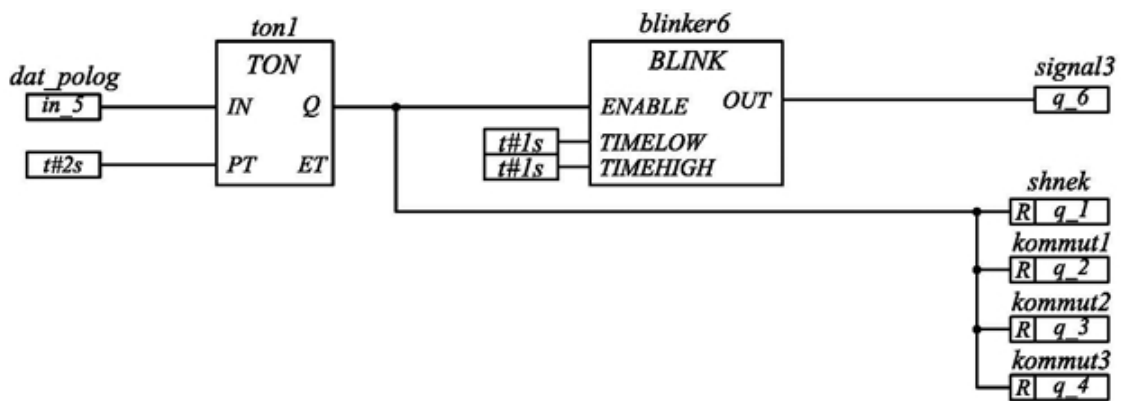


Рис. 5. Логическая схема защиты ЛЭМД от «залипания» якоря

При выходе из строя какого-либо из коммутационных элементов КЭ1...КЭ3 (рис. 5) на дискретном входе **in\_5** появляется сигнал **dat\_polog**, который с отсрочкой включения «**ton1**» подается на вход **IN** таймера.

Отключение выходов **q\_1–q\_4** происходит при нахождении якоря в притянутом положении более трех секунд. Функциональный блок «**blinker 6**» с заданной периодичностью включает светозвуковую сигнализацию **signal 3** (дискретный вход **q\_6**).

### Вывод

С целью автоматического регулирования энергии удара предложена система управления электромагнитным приводом с программируемым логическим контроллером. Обратную связь по напряжению в данной системе автоматического управления обеспечивает тензометрический датчик.

### Список литературы

1. Назин Р. В. Технология убоа сельскохозяйственных животных : учеб.-метод. пособие. Великий Новгород : ИПЦ НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2003. 114 с.
2. Мошкин В. И., Нейман В. Ю., Угаров Г. Г. Импульсные линейные электромагнитные двигатели : монография. Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2010. 220 с.
3. Каргин В. А. Система автоматического управления электромагнитным сводообрушителем // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (176). С. 148–154.
4. Мошкин В. И., Угаров Г. Г. Энергетические режимы импульсных линейных электромагнитных двигателей // Труды IX Междунар. (XX Всероссийской) конф. по автоматизированному электроприводу АЭП-2016 (ICPDS'2016) (Пермь, 3–7 октября 2016 г.). Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2016. С. 71–76.



5. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSyS 2.3. Редакция RU 2.4, для CoDeSyS v2.3.6.x.

6. Угаров Г. Г., Нейман В. Ю. Анализ показателей электромагнитных ударных машин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 1996. № 2. С. 72–80.

7. Угаров Г. Г., Нейман В. Ю. Тенденции развития и применения ручных ударных машин с электромеханическим преобразованием энергии // Изв. вузов. Электромеханика. 2002. № 2. С. 37–43.

8. Линейные электромагнитные двигатели и приводы в импульсных процессах и технологиях : монография / К. М. Усанов, В. И. Мошкин, В. А. Каргин, А. В. Волгин. Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015. 202 с.

9. Power electromagnetic strike machine for engineering geological surveys / К. М. Usanov [et al.] // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2017. № 87. P. 032049.

---

**Моисеев Алексей Петрович**, канд. техн. наук, доцент кафедры инженерной физики, электрооборудования и электротехнологий, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова».

E-mail: saratov-79@list.ru.

**Волгин Андрей Валерьевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры инженерной физики, электрооборудования и электротехнологий, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова».

E-mail: saratov-79@list.ru.

**Каргин Виталий Александрович**, д-р техн. наук, профессор кафедры автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств».

E-mail: vakargin@mail.ru.

**Чарыков Виктор Иванович**, д-р техн. наук, профессор кафедры электрификации и автоматизации сельского хозяйства, ФГБОУ ВО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева».

E-mail: primeneniye@mail.ru.

**Усанов Константин Михайлович**, д-р техн. наук, профессор кафедры инженерной физики, электрооборудования и электротехнологий, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова».

E-mail: kmusanov@mail.ru.

\* \* \*



## ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ АГРЕГАТА НА РАЦИОНАЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРИЦЕПНОГО ВЕДУЩЕГО МОСТА

Г. А. Окунев, А. П. Зырянов, М. В. Пятаев

Использование машинно-тракторных агрегатов при производстве сельскохозяйственных культур приводит к негативному воздействию их ходовых систем на почву и снижению урожайности. Одним из способов снижения ее уплотнения является применение с трактором дополнительной прицепной ведущей оси, позволяющей распределить массу агрегата и нагрузку на крюке на большее количество движителей. Это позволяет также улучшить его тягово-сцепные показатели. Наилучший эффект при этом достигается при равномерном распределении нагрузок по осям колес. Результаты теоретических исследований показали, что для обеспечения равномерного распределения нагрузок по осям колес трактора с дополнительным прицепным ведущим мостом требуется изменение положения его центра тяжести. Для уменьшения диапазона варьирования данного параметра необходимо устанавливать величину угла действия усилия на крюке относительно опорной поверхности близкого к нулю, а также ниже размещать точку присоединения орудия к трактору.

*Ключевые слова:* трактор, дополнительный мост, центр тяжести, распределение нагрузки.

Применение машинно-тракторных агрегатов в растениеводстве приводит к негативному воздействию их ходовых систем на почву. Неоднократное движение техники по полю (от 5 до 17 раз в зависимости от технологии возделывания сельскохозяйственной культуры и применяемых технических средств) в процессе производства сельскохозяйственной продукции приводит к кумулятивному ее уплотнению. Установлено, что увеличение плотности почвы на  $0,1 \dots 0,3 \text{ г/см}^3$  относительно ее рационального значения приводит к уменьшению урожайности культур на 20...40% [1]. При этом возникают косвенные отрицательные явления: увеличение сопротивления уплотненной почвы при ее обработке, повышение расхода топлива почвообрабатывающих агрегатов [2–5], образование эрозионно-опасных частиц почвы из-за измельчения ее ходовыми системами машин и ежегодной потере плодородного слоя земли [6–8].

Одним из способов снижения воздействия ходовых аппаратов на почву является применение с трактором дополнительной прицепной ведущей оси [9, 10]. Данное устройство может использоваться в качестве несущей конструкции для технологических емкостей (при посеве, разбрасывании минеральных и органических удобрений и других операций, в том

числе транспортных), соединения с тяговыми сельскохозяйственными машинами и позволяет не только перераспределить нагрузки, возникающие от массы агрегата и сопротивления на крюке, но и улучшить его тягово-сцепные свойства.

Однако анализ научной литературы показал, что вопрос влияния конструктивных параметров дополнительного прицепного ведущего моста (ДПВМ) и эксплуатационных факторов на перераспределение нагрузки по осям требует дальнейшего изучения. Поэтому целью исследования является определение влияния конструктивных и эксплуатационных показателей агрегата на продольное положение центра тяжести ДПВМ, обеспечивающего равномерное распределение нагрузок по осям колес агрегата в процессе его работы.

### Методы исследования

Рассмотрим схему сил, действующих на трактор с дополнительным прицепным ведущим мостом при его работе с орудием, то есть с нагрузкой на крюке (рис. 1). Примем следующие допущения: агрегат движется по горизонтальной поверхности с равномерной скоростью, силы сопротивления воздушной среды малы и не учитываются, геометрические размеры всех колес одинаковы.



Спроецируем силы, действующие на агрегат, на ось  $Y$  и получим:

$$\sum F_Y = 0 : Y_1 + Y_2 + Y_3 - m_{\text{тр}} \cdot g - m_{\text{м}} \cdot g - P_{\text{кр}} \sin \gamma = 0, \quad (1)$$

где  $Y_1, Y_2, Y_3$  – реакции опорной поверхности соответственно на передние, задние колеса трактора и колеса дополнительного прицепного ведущего моста, кН;

$m_{\text{тр}}, m_{\text{м}}$  – масса соответственно трактора и ДПВМ, т;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$P_{\text{кр}}$  – усилие на крюке агрегата, кН;

$\gamma$  – угол между горизонтальной плоскостью и направлением действия усилия на крюке, град.

Определим сумму моментов сил, действующих на агрегат, относительно точки  $O_3$ :

$$\sum M_{O_3} = 0 : -Y_1(L_{\text{тр}} + L_{\text{м}} + a_1) - Y_2(L_{\text{м}} + a_2) - Y_3 a_3 + m_{\text{тр}} \cdot g(L_{\text{м}} + a_{\text{тр}}) - m_{\text{м}} \cdot g \cdot a_{\text{м}} - P_{\text{кр}} \cdot h_{\text{кр}} \cos \gamma - P_{\text{кр}} \cdot a_{\text{кр}} \sin \gamma = 0, \quad (2)$$

где  $L_{\text{тр}}$  – база трактора, м;

$L_{\text{м}}$  – расстояние от задней оси трактора до оси ДПВМ, м;

$a_1, a_2, a_3$  – расстояния от точки приложения реакций опорной поверхности соответственно на передние, задние колеса трактора и колеса ДПВМ, м;

$a_{\text{тр}}$  – продольное расстояние от оси задних колес трактора до его центра масс, м;

$a_{\text{м}}$  – продольное расстояние от оси колес ДПВМ до его центра масс, м;

$h_{\text{кр}}$  – вертикальное расстояние от опорной поверхности до точки приложения усилия на крюке (прицепа орудия), м;

$a_{\text{кр}}$  – продольное расстояние от оси ДПВМ до точки приложения усилия на крюке, м.

Сумма моментов  $Y_1 \cdot a_1 + Y_2 \cdot a_2 + Y_3 \cdot a_3$  составляет момент сопротивления перемещению агрегата по полю, то есть

$$M_f = Y_1 \cdot a_1 + Y_2 \cdot a_2 + Y_3 \cdot a_3 \approx (m_{\text{тр}} + m_{\text{м}}) \cdot g \cdot r_{\text{д}} \cdot f, \quad (3)$$

где  $r_{\text{д}}$  – динамический радиус колес, м;

$f$  – коэффициент сопротивления передвижению агрегата.

Для минимизации давления ходовой системы агрегата на почву (ее уплотнения) необходимо, чтобы нагрузки на оси колес агрегата распределялись равномерно, то есть реакции опорной поверхности на движители должны быть одинаковы по величине [11]:

$$Y_1 = Y_2 = Y_3. \quad (4)$$

С учетом выражений (3), (4) преобразуем зависимости (1), (2) и получим соответственно

$$Y = \frac{m_{\text{тр}} \cdot g - m_{\text{м}} \cdot g - P_{\text{кр}} \sin \gamma}{3}, \quad (5)$$

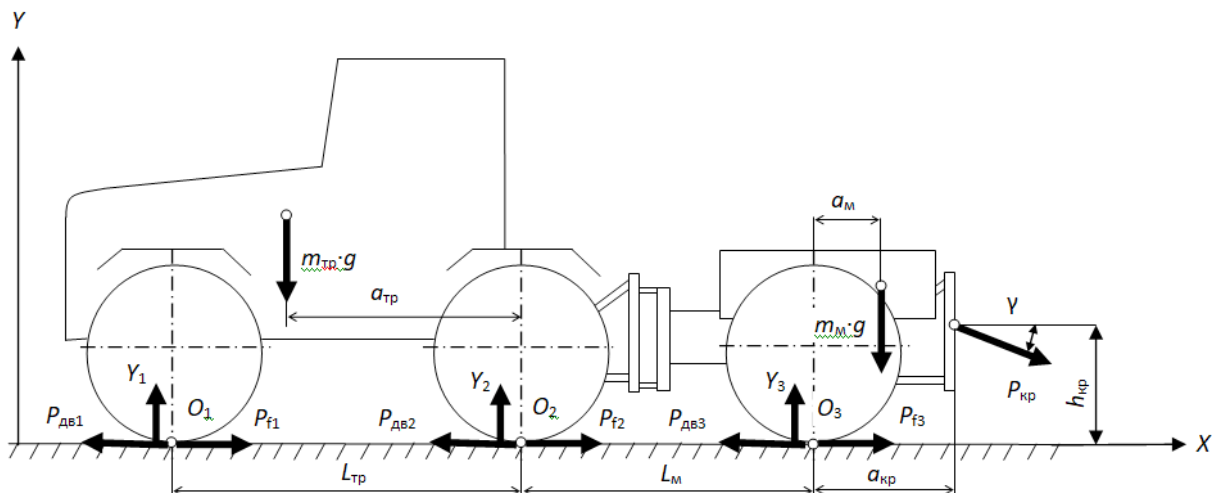


Рис. 1. Схема сил, действующих на агрегат с дополнительным прицепным ведущим мостом

$$Y = \frac{m_{\text{тр}} \cdot g(L_{\text{м}} + a_{\text{тр}}) - (m_{\text{тр}} + m_{\text{м}}) \cdot g \cdot r_{\text{д}} \cdot f}{L_{\text{тр}} + 2L_{\text{м}}} - \frac{m_{\text{м}} \cdot g \cdot a_{\text{м}} - P_{\text{кр}} \cdot h_{\text{кр}} \cos \gamma - P_{\text{кр}} \cdot a_{\text{кр}} \sin \gamma}{L_{\text{тр}} + 2L_{\text{м}}} \quad (6)$$

Одним из способов выравнивания реакций опорной поверхности на движители агрегата, позволяющего обеспечить снижение уплотнения почвы ходовой системой и улучшить тягово-сцепные свойства, является рациональное продольное расположение центра тяжести ДПВМ. Для нахождения данного показателя приравняем выражения (5) и (6), после преобразования получим:

$$a_{\text{м}} = \frac{m_{\text{тр}} \cdot g(L_{\text{м}} + a_{\text{тр}}) - (m_{\text{тр}} + m_{\text{м}}) \cdot g \cdot r_{\text{д}} \cdot f}{m_{\text{м}} \cdot g} - \frac{P_{\text{кр}} \cdot h_{\text{кр}} \cos \gamma - P_{\text{кр}} \cdot a_{\text{кр}} \sin \gamma}{m_{\text{м}} \cdot g} \quad (7)$$

$$= \frac{\frac{1}{3}(m_{\text{тр}} \cdot g + m_{\text{м}} \cdot g + P_{\text{кр}} \sin \gamma)(L_{\text{тр}} + 2L_{\text{м}})}{m_{\text{м}} \cdot g}$$

Анализируя полученную аналитическую зависимость (7), видно, что для обеспечения выравнивания нагрузок по осям колес агрегата с дополнительным прицепным ведущим мостом положение центра массы ДПВМ не должно быть постоянным, а зависит от конструктивных параметров машин (массы трактора, его базы, массы ДПВМ, расстояния от оси задних колес трактора до оси колес прицепного моста, радиусов колес, конструктивного положения точки прицепа орудия), свойств поверхности, по которой перемещается агрегат, нагрузки на крюке.

Рассчитаем рациональное значение продольного расстояния от оси колес ДПВМ до его центра масс на примере трактора РТ-М-160 с дополнительным прицепным ведущим мостом. Исходные данные представлены в таблице, а результаты расчетов – на рисунках 2...4.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

Показатель	$m_{\text{тр}}$ , Т	$a_{\text{тр}}$ , М	$L_{\text{тр}}$ , М	$r_{\text{д}}$ , М	$L_{\text{м}}$ , М
Значение	6,3	1,61	2,76	0,737	1,7

### Результаты исследований и их обсуждение

Анализируя полученные результаты теоретических расчетов, можно сделать следующие выводы:

1) рациональное положение центра масс ДПВМ имеет обратно пропорциональную зависимость от величины нагрузки на крюке агрегата (рис. 2а). При небольшом его значении ( $P_{\text{кр}} = 10...15$  кН) центр масс прицепного моста должен находиться на расстоянии 1...2 м от его оси в сторону прицепленного орудия. С увеличением значения  $P_{\text{кр}}$  рациональное положение центра масс ДПВМ должно смещаться ближе к оси колес прицепного моста, а при нагрузке  $P_{\text{кр}} = 27...30$  кН – совпадать с ней. При дальнейшем повышении усилия на крюке  $a_{\text{м}}$  принимает отрицательные значения, что указывает на необходимость смещения центра тяжести ДПВМ в противоположную сторону относительно оси его колес, то есть ближе к трактору;

2) состояние агрофона, по которому движется агрегат, несущественно влияет на рациональное положение центра масс ДПВМ (его изменение находится в пределах 30...35 см при  $f = 0,1...0,2$ ) (рис. 2а);

3) при горизонтальном приложении силы на крюке агрегата рациональное положение центра масс ДПВМ изменяется незначительно (в пределах 0,2...0,4 м при изменении нагрузки на крюке от 10 до 30 кН) (рис. 2б). Однако с увеличением угла наклона действия  $P_{\text{кр}}$  данный фактор начинает оказывать более весомое воздействие. Так, при  $\gamma = 30^\circ$  изменение рационального положения  $a_{\text{м}}$  варьируется в диапазоне 1,5...-1,0 м относительно оси прицепного моста в зависимости от нагрузки на крюке;

4) существенное влияние на рациональное продольное положение центра тяжести прицепного моста оказывает высота точки прицепа орудия (рис. 2в). Чем выше ее расположение, тем в более широком диапазоне необходимо изменять  $a_{\text{м}}$ . При  $h_{\text{кр}} = 0,1$  м продольное расстояние от оси колес ДПВМ до его центра тяжести при нагрузке на крюке 30 кН  $a_{\text{м}} = 1$  м. При снижении величины  $P_{\text{кр}}$  рациональное продольное



положение центра тяжести прицепного моста необходимо смещать примерно на 30 см на каждые 5 кН увеличения нагрузки на крюке в сторону орудия. При  $h_{кр} = 0,7$  м требуется смещение уже на большее расстояние (50 см / 5 кН);

5) с увеличением межосевого расстояния от задних колес трактора до прицепного моста рациональное значение  $a_m$  возрастает на 35...50 см на каждые 5 кН повышения нагрузки на крюке (рис. 3);

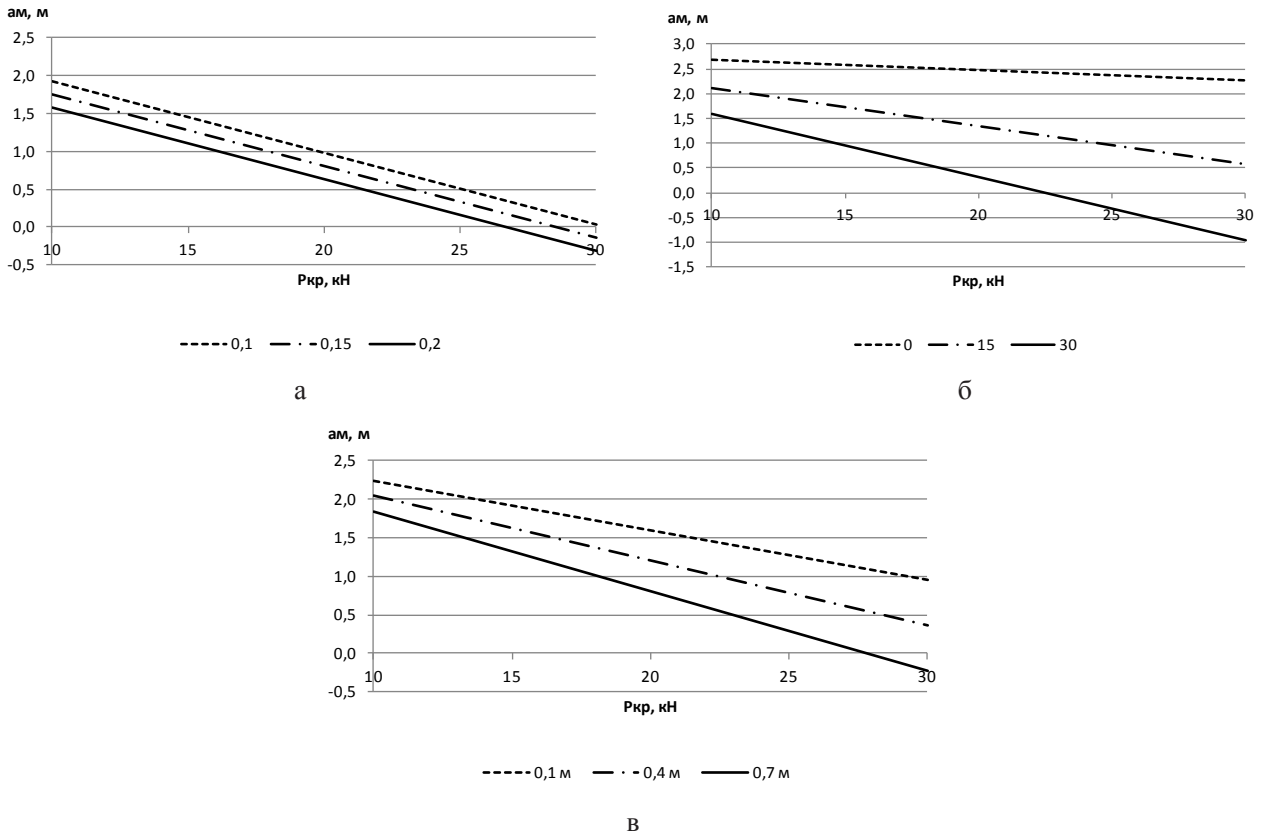


Рис. 2. Изменение рационального продольного положения центра масс ДПВМ в зависимости от нагрузки на крюке агрегата при различных значениях коэффициента сопротивления перекачиванию (а), угла приложения усилия на крюке (б), высоты точки присоединения орудия (в) (при  $m_m = 1,5$  т)

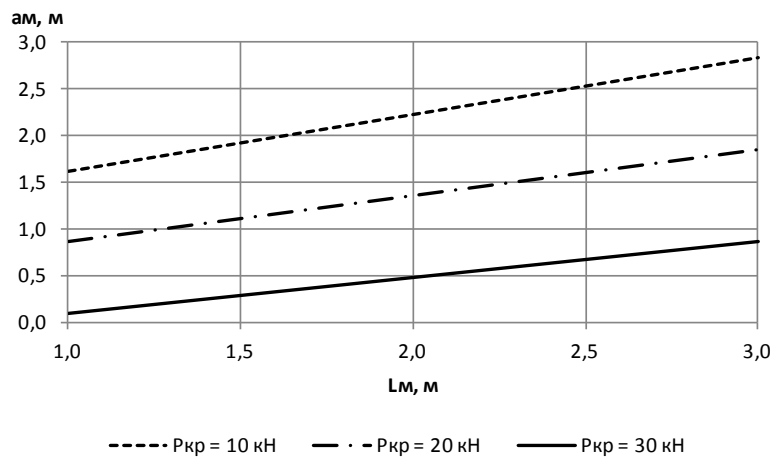


Рис. 3. Изменение рационального продольного расстояния от оси колес ДПВМ до его центра масс в зависимости от межосевого расстояния задних колес трактора и прицепного моста

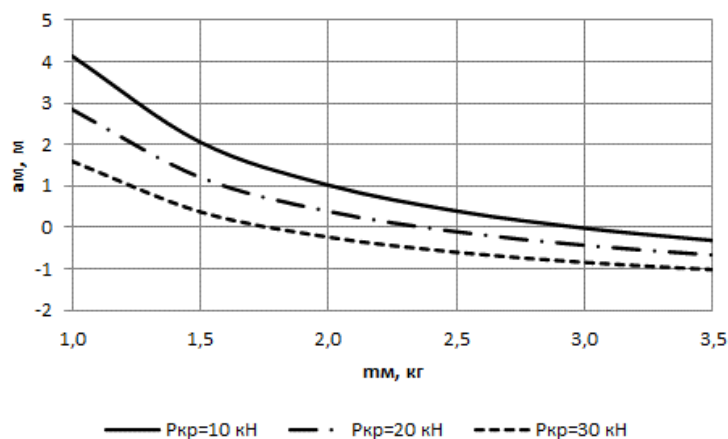


Рис. 4. Изменение рационального продольного расстояния от оси колес ДПВМ до его центра масс в зависимости от массы прицепа

б) величина массы прицепа не пропорционально влияет на  $a_m$  (рис. 4). При относительно небольшой его массе, 1,0...2,0 т для выравнивания нагрузок на оси агрегата требуется изменять положение центра тяжести ДПВМ в широком диапазоне – от 0 до 4 м. При  $m_m = 2,0...3,5$  т диапазон сужается в 2 раза и составляет от –1 до 1 м в зависимости от усилия на крюке.

Таким образом, выполненные теоретические исследования позволили выявить, что для обеспечения равномерного нагружения осей колес трактора с дополнительным прицепным ведущим мостом (с целью снижения уплотнения почвы ходовой системой агрегата и улучшения его тягово-сцепных характеристик) требуется изменение положения центра тяжести ДПВМ. Для уменьшения диапазона его варьирования необходимо: устанавливать угол действия усилия на крюке относительно опорной поверхности близкий к нулю, ниже размещать точку присоединения орудия с трактором.

#### Список литературы

1. Гайнуллин И. А., Зайнуллин А. Р. Влияние конструктивных параметров движителей и нагрузочных режимов тракторов на почву // *Фундаментальные исследования*. 2017. № 2. С. 31–36.
2. Поливаев О. И., Воищев В. С. Снижение уплотнения почвы движителями мобильных энергетических средств // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2013. № 1 (38). С. 57–59.

3. Зырянов А. П., Капкаева Е. Д. Снижение воздействия ходовой системы МТА на почву при выполнении полевых работ // *Достижения науки – агропромышленному производству : матер. ЛШ Международ. науч.-техн. конф.* / под ред. д-ра техн. наук П. Г. Свечникова. Челябинск : ЧГАА, 2014. Ч. II. С. 57–62.

4. Зырянов А. П. Исследование взаимосвязи энергетических и технико-экономических показателей работы тягово-приводных агрегатов // *АПК России*. 2015. Т. 72. № 1. С. 36–39.

5. Чумаков В. Г., Копыленко Л. Ю. Способы борьбы с уплотнением почвы // *Вестник Курганской ГСХА*. 2014. № 2. С. 65–67.

6. Zyryanov A. P., Pyataev M. V., Ognev I. I. Environmental aspects of technological impact on soil caused by technical means used in agriculture // *Ecological Agriculture and Sustainable Development* Editors: Prof. Dr Litovchenko Viktor Grigorievich, rector of South Ural State Agrarian University; Prof. Dr Mirjana Radovic Markovic, South Ural State University. 2019. С. 257–263.

7. Эксплуатационно-технологические показатели тракторов общего назначения : монография / Г. А. Окунев, С. Д. Шепелев, Н. А. Кузнецов, В. Л. Астафьев. Челябинск : ЧГАА, 2014. 184 с. : ил., табл.

8. Шепелев С. Д. Согласование параметров технических средств в уборочных процессах : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Челябинск, 2010. 37 с.

9. Мобильное энергетическое средство. Описание изобретения к авторскому свидетель-



ству: SU 1708687 A1 СССР ; заявл. 16.01.90 ;  
опубл. 30.01.92, Бюл. № 4.

10. Пат. на полезн. модель 204688 Рос.  
Федерация. Универсальный колесный трактор  
/ Г. А. Окунев [и др.] ; заявл. 25.02.2021 ; опубл.  
07.06.2021, Бюл. № 16.

11. Зырянов А. П. Повышение эффектив-  
ности использования МТА с колесными трак-  
торами высокого тягового класса путем диффе-  
ренциации их массы : дис. ... канд. техн. наук.  
Челябинск, 2009. 164 с.

---

**Окунев Геннадий Андреевич**, 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: mtpitmg@mail.ru.

**Зырянов Антон Павлович**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: mtp-chgaa@mail.ru.

**Пятаев Максим Вячеславович**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: 555maxim@mail.ru.

\* \* \*

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МЕТОДА УСТАНОВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И НАДЕЖНОСТИ АГРЕГАТОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

А. М. Плаксин, С. Д. Шепелёв, Д. Б. Власов, Е. Н. Кравченко

В статье представлены обширные материалы многолетних экспериментальных исследований показателей использования и надежности комбинированных посевных агрегатов (КПА), зерноуборочных комбайнов (ЗУК) при эксплуатации в сельхозпредприятиях Челябинской области. На основе обобщения заводских технических характеристик, анализа фактических параметров механизированных процессов, показателей безотказности и ремонтпригодности технических средств, в целом эксплуатационных свойств машинно-тракторных агрегатов установлено значимое количественное несоответствие (снижение) их потенциально высоких потребительских свойств. Выявлено противоречие посевных и уборочных процессов в темпах их реализации.

*Ключевые слова:* комбинированные посевные агрегаты, зерноуборочные комбайны, рядовая эксплуатация, надежность, ресурсосбережение.

Модернизация производственных процессов в растениеводстве является основой обеспечения продовольственной безопасности России, продукцией предприятий легкой промышленности и животноводства, индикатором социального благополучия жителей села. Определяющими производственными процессами в растениеводстве традиционно, а тем более при технико-технологическом его переоснащении стали процессы посева и уборки сельскохозяйственных культур. Именно их модернизация обеспечила увеличение объемов производства зерновых культур за прошедший период 2016–2021 гг. ежегодно в размере 125...135 млн тонн.

Массовое применение при посеве комбинированных посевных агрегатов (КПА) в составе с тракторами повышенной единичной мощности (300–500 л.с.) потенциально позволяет повысить производительность труда механизаторов в 5–7 раз, выполнить технологические операции в лучшие агротехнические сроки. Использование современных зерноуборочных комбайнов (ЗУК) с пропускной способностью молотильного аппарата  $q_{\max}$ , кг/с в диапазоне 6...10 кг/с потенциально позволяет убирать зерновые культуры на 20–30 гектарах за смену.

Однако в результате увеличения конструктивно-технологической сложности посевных и уборочных агрегатов, при эксплуатации в рядовых условиях сельхозпредприятий, дефиците квалифицированных механизаторов и деграда-

ции инженерных служб готовность своевременной (агротехнически) реализации этих важнейших механизированных процессов практически не превышает 50...70%. Как следствие, потери (недобор) зерна в среднем в зависимости от вида сельхозкультур составляют до 20...30% от выращенного урожая [6].

Поэтому исходя из вышеизложенного, экспериментальные исследования эффективности использования КПА и ЗУК, обобщение результатов исследований имеют прикладную и научную значимость. Они позволяют комплексно выявить основные причины недостаточно эффективной реализации основных процессов производства продукции растениеводства.

### Методы и методика исследований

Сущность расчетно-экспериментального метода исследования эффективности реализации механизированных процессов в рядовых условиях сельскохозяйственных предприятий заключается в следующем. Показатели использования эксплуатационных свойств машинно-тракторных агрегатов (МТА) устанавливаются по результатам экспериментальных исследований, а основные параметры процессов посевных и уборочных, обеспечения надежности их реализации в целом рассчитываются по математическим моделям.

Эмпирической основой исследования являлись комбинированные посевные агрегаты



и зерноуборочные комбайны, используемые в сельхозпредприятиях Челябинской области. При этом применялись методы: наблюдения, эксперимента, измерения, хронометража составляющих баланса рабочего времени смены. При обработке экспериментальных данных использовались методы анализа, синтеза, математической статистики.

Проведение экспериментальных исследований эксплуатационных свойств КПА при посеве зерновых культур и зерноуборочных комбайнов при их уборке осуществлялось в базовом хозяйстве – Петропавловский зерновой комплекс ООО «Птицефабрика Челябинская», выборочно в хозяйствах Агаповского, Нагайбакского, Кизильского и Октябрьского районов [3, 6].

### Результаты экспериментальных исследований

Исследованиями показателей эксплуатационных свойств посевных агрегатов, технико-экономических параметров реализации посевных процессов зерновых культур установлено следующее. Номинальные характеристики КПА позволяют выполнять, при достаточном количестве в составе агрегатов и обеспеченности квалифицированными механизаторами, посевные процессы в пределах зональных агротехнических сроков. Так (при  $\tau = 0,65$ ,  $V_p = 3$  м/с,  $K_{см} = 2$ ), за час сменного времени КПА в среднем могут засеивать до 8,5...13,5 га/ч. Это позволяет за посевной цикл полевых работ ( $D_p = 20-25$  суток) двум механизаторам засеять зерновые культуры на площади 3000...4000 гектаров. Однако выборочные данные хронометражных исследований агрегатов K-744 P1+ПК 12,2 «Кузбасс», Buhler Versatile+Salford и Buhler Versatile 2425+Great Plants NTA 3510 (ПЗК ООО «Птицефабрика Челябинская») показали, что их фактическая наработка за посевной цикл была в 1,5...2,0 раза меньше потенциально возможной. Хронометраж рабочих суток позволил установить, что основной причиной снижения производительности посевных агрегатов являются внутрисменные простои. Это предопределило величину полезного использования рабочего времени смены в диапазоне  $\tau = 0,52...0,57$  [5]. Использование КПА (CASE-315+Concept 2000, CASE-315+Maxim II, K-744P1+5СКП-2,1) в других сельхозпредприятиях степной зоны было более эффективным ( $\tau = 0,55...0,60$ ). Это обусловлено, в частности, организацией двухпозицион-

ной заправки семенами, удобрениями бункеров посевных комплексов. Заправка семенами и удобрениями осуществлялась с помощью собственного загрузочного устройства и одновременно погрузчиком из 500 кг мешков или с помощью ПЗК-10. Это позволило время простоя агрегатов сократить при загрузке с 25...30 минут до 10...15 минут, то есть при 4...5 заправках за смену простои агрегатов сократились более чем на час [1].

При проведении хронометражных исследований показателей использования времени смены одновременно проводилась обработка учетных листов по выдаче со складов хозяйств запасных частей (СЧМ) и обменных узлов для устранения последствий отказов. Это в последующем позволило установить количественные показатели составляющих баланса времени смены КПА (рис. 1).

Несмотря на увеличение рабочей скорости современных посевных агрегатов в 1,5...2,0 раза, время на развороты и их переезды не превышало 5–7% времени смены, что обусловлено большой площадью полей, длиной гона до 1,5...3,0 км. И все же потенциал современных комплексов используется недостаточно эффективно. Средняя наработка за цикл у агрегатов составляет всего 1330 га, то есть суточная производительность при нормированной (20 ч) двухсменной работе не превышала 60–65 гектаров, что значительно меньше технически обоснованных норм. Конечно, на величину выработки агрегатов за посевной цикл повлияли и погодные условия, что обуславливало их простои до 5–7 суток за посевной цикл. Кроме того, сказались и недостаточно эффективно проведенная предпосевная организационная работа, что в начальный период посевной снижало продолжительность использования агрегатов из-за несвоевременной доставки семян, удобрений, топливо-смазочных материалов.

Но все же основной причиной массовых простоев посевных комбинированных агрегатов, многофункциональных и конструктивно сложных, являются технические отказы рабочих органов, механизмов и узлов сельхозмашин. Установлено, что при средней наработке за весенний цикл посевных агрегатов ( $A_{ср} = 1330$  га/цикл) верхнее ее значение (2200 га/цикл) достигнуто агрегатами CASE-315+Maxim II (Morris Concept 2000), что обусловлено в основном в 2–3 раза большей безотказностью этих агрегатов по сравнению с K-744P1+5СКП-2,1 [5].



Отмечаем, что одной из причин низкой безотказности отечественных комбинированных посевных агрегатов является эксплуатация их за пределами сроков амортизации, который равен: в среднем у отечественных агрегатов  $T_{cp} = 19$  лет, у импортных  $T_{cp} = 4$  года; соответственно, для СХМ  $T_{cp} = 8$  лет и  $T_{cp} = 4$  года. Установлено, что наработка на отказ сельскохозяйственных машин, равная в среднем  $t_{осхм} = 10-12$  моточасов, меньше средней наработки на отказ тракторов в 10–15 раз, что и определяет многочисленность простоев посевных агрегатов, суммарную величину трудоемкости устранения последствий отказов. При дефиците обменного фонда СЧМ для устранения последствий отказов у сельхозмашин посевного комплекса, продолжительность простоя агрегатов в ожидании доставки составной части машин может составлять несколько часов. Это обусловлено отсутствием необходимого оборотного фонда запасных частей на складах сельхозпредприятий, рассредоточенностью МТА и их удаленностью от центральных технических центров, отсутствием мобильных звеньев по восстановлению работоспособности агрегатов. Очевидно явное противоречие между тенденциями реализации ресурсосберегающих технологий в растениеводстве, технологической основой которых являются потенциально высокопроиз-

водительные, но вместе с тем и конструктивно сложные комбинированные агрегаты и деградацией инженерных служб. Они по своему качественному и количественному состоянию понизились до уровня 60-х годов XX века [4].

Кроме технических причин снижения эффективности использования высокого потенциала КПА, отмечаем отсутствие у них технологической способности обеспечения заделки семян во влажный почвенный слой. При дефиците влаги в верхнем слое почвы во время посева зерновых культур (глубина заделки семян находится, по агропотребованиям,  $a = 5-6$  см) всхожесть и развитие растений ухудшаются. Очевидно стало, что в засушливых зонах посева зерновых культур требуются дифференцированные по глубине показатели посевной борозды, на дне которой размещаются во влажном почвенном слое семена. Для этого разработан учеными ЮУрГАУ способ прямого посева сельскохозяйственных культур [7], а совместно со специалистами сельхозпредприятия ОАО «АПО «Муза» Щучанского района Курганской области разработаны конструкции комбинированных посевных секций. Они стали основой новой сеялки Муза-12,7. При равной норме высева семян этой сеялкой получена лучшая полевая всхожесть, чем при посеве сеялкой СКП-2,1 на 22%. Как следствие, более чем на треть возросла урожайность зерновых культур.

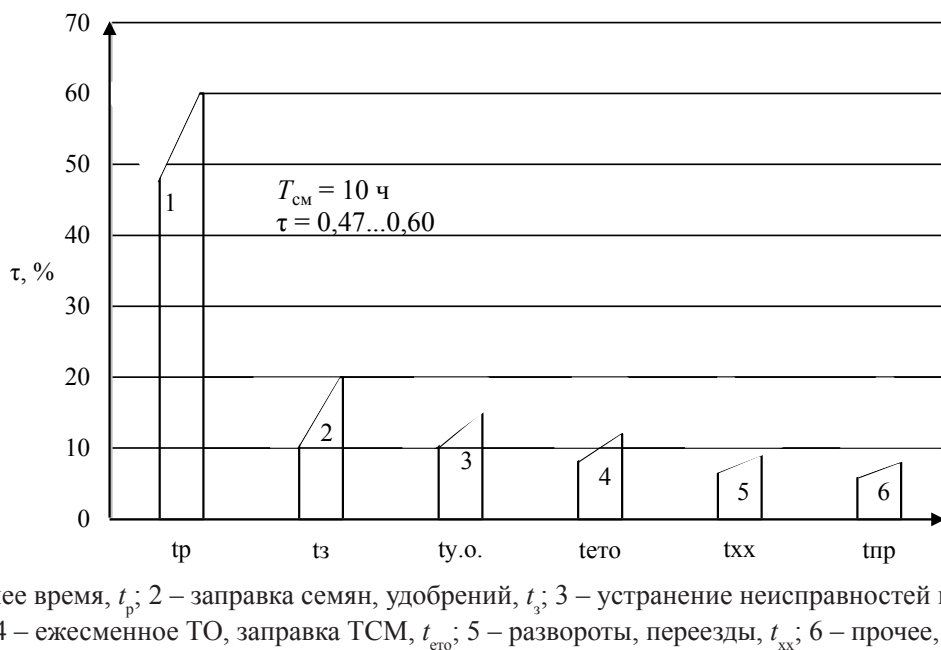


Рис. 1. Структура составляющих времени смены посевных комбинированных агрегатов (диапазон средних значений)



На основе синтеза массива экспериментальных материалов по использованию различных по составу КПА, показателей их безотказности и ремонтпригодности для математического моделирования приняты нами усредненные показатели процессов использования и обеспечения работоспособности агрегатов (табл. 1).

По результатам расчетов получены следующие количественные значения основных параметров процессов использования и восстановления работоспособности комбинированных агрегатов при посеве зерновых культур по трем вариантам (табл. 2).

Вариант 1 – с нормативными величинами баланса времени смены, при отсутствии отказов машин КПА. Сменная производительность составила 128 гектаров посева, суточная и сезонная наработки соответственно равны 256 га и 5120 га. Так как коэффициент  $\tau^3$  при учете затрат времени на холостые переезды и внутрисменные простои КПА стал меньше нормативной величины ( $\tau^3 = 0,72 < \tau^H = 0,8$ ), то снизились сменная и суточная производительности ( $W_{см} = 115$  га,  $W_{сут} = 230$  га), а сезонная наработка составила 4600 га. Это при коэффициенте готовности агрегата  $K_{га} = 1$ , что позволяет одному КПА

Таблица 1 – Основные показатели использования и надежности комбинированных посевных агрегатов

№ п/п	Наименование показателя	Обозначение	Единица измерения	Значение показателя
1	Длина рабочего гона	$L$	м	1500–2000
2	Площадь поля	$S$	га	200–300
3	КПА: трактор: Buhler Versatile 2425			
4	Посевной комплекс ПК Salford			
4	Рабочая ширина	$B_p$	м	16
5	Количество рабочих органов посевных	Пп	шт.	80
6	Мощность ДВС: номинальная эксплуатационная	$N_e^H$ $N_e^Э$	кВт	313 282
7	Мощность на привод ЦПВС	$N_{пр}$	кВт	10
8	Рабочая скорость	$V_p$	км/ч	10
9	Количество рабочих суток	$D_{р.а}$	сут.	20
10	Сменность использования	$K_{см}$		2
11	Время смены	$T_{см}$	ч.	10
12	Продолжительность посева: Суток Часов	$D_{р.а}^H$ $t_{р.а}^H$	сут. ч.	20 400
13	Коэффициент использования времени смены: Нормативный Эксплуатационный	$\tau^H$ $\tau^Э$		0,80 0,72
14	Наработка на отказ: Трактора Посевного комплекса	$t_{о.тр}$ $t_{о.схм}$	ч.	200 10
15	Трудоемкость восстановления работоспособности: Трактора СХМ	$t_{в.тр}$ $t_{в.схм}$	чел/ч	4 1
16	Количество персонала	$M$	чел.	2
17	Количество отказов за сезон: Трактора СХМ	$n_{о.тр}$ $n_{о.схм}$	шт.	2 40
18	Продолжительность доставки СЧМ: фактическая	$t_{ож}^ф$	ч	1

посев зерновых выполнить в агротехнически приемлемый срок – за 20 суток (400 часов).

Вариант 2 – с нормативными величинами баланса времени смены, коэффициентом использования его  $\tau^3 = 0,72$ . Но реально при этом учли показатели безотказности и ремонтпригодности, что обусловило простои КПА при восстановлении работоспособности его машин. Обеспеченность СЧМ принята 100%, а агрегаты работали от центральной усадьбы в радиусе 10...15 км, что обеспечило доставку СЧМ к простаивающему агрегату практически своевременно ( $t_{ож} \approx 0$ ). Коэффициент готовности агрегата за время выполнения нормативной наработки

(при принятых величинах показателей безотказности и ремонтпригодности машин) стал равен  $K_{га} = 0,9$ . В результате, в среднем, сменная производительность КПА снизилась до  $W_{см} = 104$  га/см, а суточная – до 208 га/сут. Как следствие, продолжительность выполнения нормативной сезонной наработки КПА ( $W_{сез}^н = 4600$  га) фактически стала равной  $D_{р.а} = 27$  сут.,  $t_{ра}^ф = 444$  ч, т.е. на 11 % больше агротехнически установленной.

Вариант 3 – процесс использования КПА более адекватен реальному, действительно имеющему место при их эксплуатации в рядовых условиях сельхозпредприятий. Обеспеченность СЧМ в хозяйстве для восстановления работо-

Таблица 2 – Результаты расчетов параметров процесса эксплуатации КПА при посеве зерновых культур

№ п/п	Наименование показателей	Обозначение	Единица измерения	Значение параметра
1	<u>Вариант первый</u> Сменная производительность	$W_{см}$	га	128
2	Суточная производительность	$W_{сут}$	га	256
3	Сезонная наработка	$W_{сез}$	га	5120
4	Продолжительность расчетная посева одним КПА	$D_{р.а}$ $t_{р.а}$	сут. ч.	20 400
5	Коэффициент готовности агрегата	$K_{га}$	–	1,0
6	Коэффициент использования рабочего времени смены	$\tau^3$	–	0,72
7	Производительности: Сменная Суточная	$W_{см}$ $W_{сут}$	га	115 230
8	Нарботка сезонная нормативная	$W_{п\acute{a}с}^i$	га	4600
9	Продолжительность посева в агротехнически приемлемый срок составил	$\ddot{A}_{\acute{o}.\acute{a}}$	сут/час	20/400
10	<u>Вариант второй</u> Производительность: Сменная Суточная	$W_{см}$ $W_{сут}$	га	104 208
11	Сезонная фактическая	$W_{сез}$	га	4160
12	Продолжительность посева фактическая при выполнении нормативного объема ( $W_{сез}^{норм} = 4600$ га) стала равной	$D_{р.а}$	сут/час	22/444
13	<u>Вариант третий</u> Производительность: Сменная Суточная	$W_{см}$ $W_{сут}$	га	94 188
14	Сезонная фактически	$W_{сез}$	га	3760
15	Продолжительность посева фактическая при выполнении норматив $W_{сез} = 4600$ га	$D_{р.а}$	га	24,3/488
16	Коэффициент готовности реализации посевного процесса	$K_{ГРП}$	–	0,82



способности КПА после отказов у машин составляет около 50%. Следовательно, при двух отказах у трактора и 40 отказов у сельхозмашин за 400 часов сезонной работы КПА, для 50% отказов потребуются поставки СЧМ от дилеров (удаленных от хозяйств на 50...150 км). В результате как минимум продолжительность простоев агрегатов в ожидании запчастей ( $t_{\text{ож.СЧМ}} = 1$  ч на один отказ) составит 40 часов.

Коэффициент готовности реализации процесса посева агрегатом с таким уровнем безотказности и ремонтпригодности, обеспеченности фонда СЧМ на 50% будет равен  $K_{\text{ГРП}} = 0,82$ . Продолжительность посева зерновых увеличится (при выполнении нормативного объема работы ( $W_{\text{сез}}^{\text{н}} = 4600$  га) до 24 суток, т.е. до 488 часов или на 22% больше по сравнению с нормативным агротехническим сроком. Следовательно, для выполнения нормативного сезонного посева зерновых, при двухсменной работе агрегата, каждый механизатор должен работать ежедневно практически по 11 часов. Или при размере посевной площади в пять раз большей в хозяйстве ( $S_{\Sigma} = 23\ 000$  га) потребуется не пять КПА, а на один больше, и дополнительно нужно будет привлечь двух квалифицированных механизаторов.

Последовательное по времени проведение экспериментальных исследований процессов посева и уборки зерновых культур позволило установить их противоречивость по основным параметрам реализации: производительности (сменной, суточной, сезонной); продолжительности выполнения (суток, часов); потребности посевных комплексов и зерноуборочных комбайнов. Установлено влияние посевных и уборочных агрегатов на весомость потерь (недобора) урожая, потребность в механизаторах, зональных условий реализации. Установлено, что сменная производительность КПА, в среднем, в 5–7 раз выше по сравнению с зерноуборочными комбайнами по причинам:  $\tau_{\text{посев}}^3 = 0,60 \dots 0,70$ , а  $\tau_{\text{зук}}^3 = 0,55 \dots 0,65$ ; коэффициент сменности  $K_{\text{см.КПА}} = 2$ , а  $K_{\text{см.зук}} = 1,0$  (что предопределило фактическую продолжительность смены комбайнеров до 12–13 часов); рабочая скорость у посевных агрегатов в 1,3...1,5 раза выше, чем у ЗУК.

Разнообразие реализуемых процессов в осенний период полевых работ (уборка овощей, почвообработка, транспортные и др.) при дефиците механизаторов предопределило превышение нормативных сроков уборки в 2–3 раза, что в свою очередь обуславливает потери урожая.

В уборочный цикл полевых работ потребность в технике и механизаторах возрастает в 2,0–2,5 раза. Это происходит одновременно при неблагоприятном демографическом процессе в России, который в наибольшей мере влияет на обеспеченность трудовыми ресурсами в сельском хозяйстве, сокращение сельского населения. Именно этим обусловлено возникновение понятий «эффект пустого гнезда» и «русский крест» (пересечение на графике линий смертности – возрастающей с линией рождаемости – убывающей). В настоящее время эта взаимосвязь (по прогнозу и в перспективе) сохраняется. Поэтому в уборочный период дефицит комбайнеров составляет до 20–30%, т.е. комбайны есть, а механизаторов нет. В результате при осенней дождливой погоде (а порой выпадение снега в конце сентября) до 10–25% зерновых не убирается.

Влияют значительно на снижение полезного времени использования ЗУК их простои по техническим и организационным причинам (рис. 2).

Как видно из рисунка 2, 56% времени составило рабочее время, 5% времени смены затрачивается на устранение последствий отказов; 11% – на техническое обслуживание и заправки; 1% – на технологические отказы; 6% – ожидание транспорта; 8% – прием пищи; 7% – простои из-за влажности хлебной массы; 2% – простои по организационным причинам. Результаты исследований показали, что значение коэффициента использования времени смены изменяется от 0,28 до 0,78 и принимает среднее значение для ЗУК 56%.

Для решения проблемы повышения эффективности реализации важнейших процессов в растениеводстве – уборочного и посевного – разрабатываются инновационные технологические организационные решения. В работе [8] предложена и экспериментально апробирована задача увеличения продолжительности уборочного цикла зерновых культур без нарушения агротехнических сроков их реализации, что предполагает одновременное сокращение уровня технического оснащения производства зерновых культур в уборочные циклы и, соответственно, сокращение потребности в механизаторах. Для этого обосновывается структура возделывания зерновых культур, разные сорта которых отличаются по длине вегетационного периода. Нахождение рационального соотношения раннеспелых

и позднеспелых сортов позволяет снизить потери урожая, обеспечить работу ЗУК в несколько циклов, увеличить их сезонную нагрузку. Теоретически установлено и экспериментально доказано, что повысить эффективность уборочных процессов позволяет рациональное соотношение культур, сортов и гибридов в зависимости от сезонной нагрузки и надежности технологических машин. Установлено, что при согласовании параметров функционирования уборочных и посевных процессов (длительности выполнения, производительности, временных режимов использования агрегатов, их надежности и т.д.) снижается потребность в техническом оснащении и трудовых ресурсах уборочно-транспортных комплексов в 1,8...2,0 раза.

Но эти локальные решения сглаживания противоречий между посевными и уборочными процессами не исключили главное. Более высокая, в 3–5 раз суточная и сезонная производительности комбинированных посевных агрегатов как и ранее предопределяют превышение площади посевов зерновых культур, технико-технологические, трудовые потенциальные возможности, параметры предстоящих уборочных процессов. Именно они в итоге определяют результаты производства продукции растениеводства. Для глобального повышения эффективности реализации двух важнейших процессов в растениеводстве последующими исследованиями обосновано согласование ресурсной оснащенности посевных и зерноуборочных процессов в условиях их реализации на сель-

хозпредприятиях [2]. В этом случае размеры площадей зерновых культур должны соответствовать практическим возможностям своевременной, качественной, без потерь выращенного урожая реализации уборочных процессов. Соотношение посевных и уборочных агрегатов должно находиться в диапазоне от 0,3–0,5 в зависимости от конкретных зональных условий производства сельскохозяйственных культур. Установлено, что согласование параметров функционирования механизированных процессов посева и уборки зерновых культур, использование сортов с различными вегетационными сроками созревания в совокупности снижают темп проведения посевных работ в 1,5–2,0 раза, а уборочных в 1,1...1,4 раза. Внедрение разработанных способов реализации посевных и уборочных процессов зерновых культур позволяет снизить энергообеспеченность овеществленного труда при эксплуатации комбинированных посевных агрегатов и зерноуборочных комбайнов на 40–45%, а живого труда на 50–55%. Но главное – при этом повышаются объемы и качество производства зерновых культур в зонах рискованного земледелия.

### Выводы

1. Установлено, что высокая конструктивно-технологическая сложность комбинированных посевных агрегатов при использовании на повышенных рабочих скоростях предопределяет снижение показателей свойств безотказности и ремонтпригодности при эксплуатации

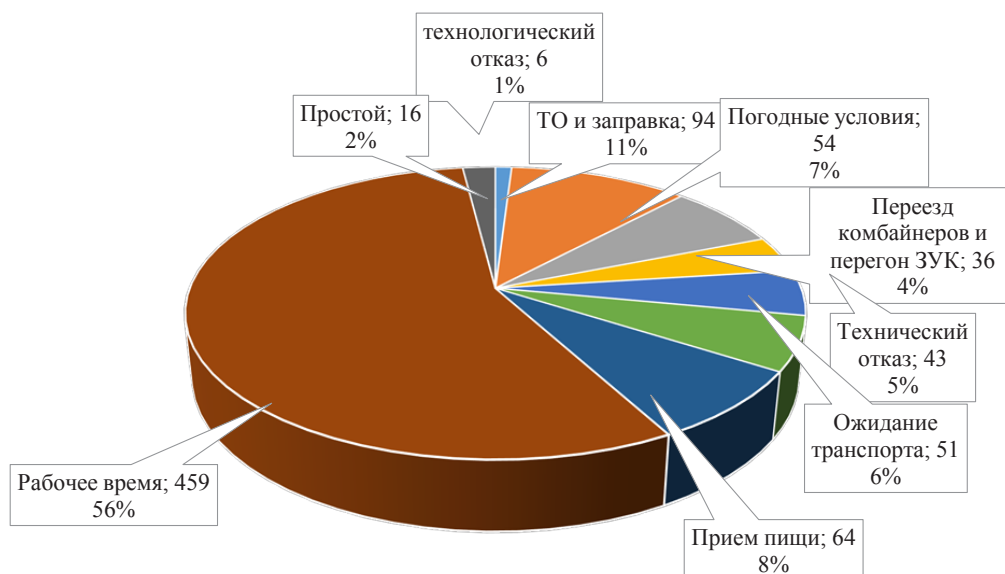


Рис. 2. Структура составляющих затрат времени рабочей смены ЗУК (минут, %)



в рядовых условиях сельхозпредприятий. Простой КПА при восстановлении их работоспособности, в основном из-за отказов сельхозмашин посевного комплекса, достигают 10...30% рабочего времени смены.

2. Выявлена зависимость уборочного процесса зерновых культур от: уровня технологического оснащения, суточного режима использования, природно-климатических условий, дефицита комбайнеров, несогласованности объемов и темпов выполнения посевных и уборочных процессов. Все это в совокупности предопределяет потери (недобор) урожая до 20–30% от его потенциально возможного в конкретных зональных условиях производства сельхозкультур.

3. Установлено, что повышение технико-технологической и экономической эффективности реализации уборочных процессов возможно путем возделывания сельхозкультур с различными сроками вегетации, согласованием размеров и темпов посева с потенциальными параметрами уборочного процесса, его циклического характера реализации.

#### Список литературы

1. Качурин В. В. Обоснование количества мобильных звеньев для восстановления работоспособности посевных комбинированных агрегатов : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2014. С. 150.

2. Кравченко И. Н. Обоснование технической оснащенности посевных и уборочных процессов в условиях ограниченности ресурсного потенциала растениеводства (на примере лесостепной зоны Зауралья) : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2012. С. 134.

3. Плаксин А. М., Качурин В. В. Показатели использования и эксплуатационной надежности посевных комбинированных агрегатов // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 69. С. 63–69.

4. Плаксин А. М. Взаимосвязь ресурсного потенциала земледелия с человеческим капиталом села // Вестник ЧГАУ. 2012. Т. 62. С. 29–36.

5. Плаксин А. М., Качурин В. В. Взаимосвязь процессов использования и восстановления работоспособности машинно-тракторных агрегатов в растениеводстве // Вестник ЧГАА. 2013. Т. 63. С. 74–78.

6. Шепелев С. Д. Согласование технических средств в уборочных процессах : дис. ... д-ра техн. наук. Челябинск, 2010. С. 290.

7. Пат. на изобр. 2729525С1. Способ прямого посева сельскохозяйственных культур / С. Д. Шепелев, Е. Н. Кравченко, И. Н. Кравченко, Н. А. Теличкина. № 2019133466 ; заявл. 21.10.2019 ; опубл. 07.08.2020.

8. Шепелев С. Д. Обоснование соотношения площадей посева различных по скороспелости сортов яровой пшеницы // Зерновое хозяйство. 2006. № 8. С. 15–20.

---

**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.1944@mail.ru.

**Шепелёв Сергей Дмитриевич**, д-р техн. наук, доцент, директор Института агроинженерии, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: shepelev2@yandex.ru.

**Власов Дмитрий Борисович**, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: dimon.vlasoff2012@yandex.ru.

**Кравченко Евгений Николаевич**, соискатель кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: nich\_csaa@mail.ru.

\* \* \*

## УСТАНОВКА РЕКУПЕРАЦИИ ПАРОВ БЕНЗИНА АДСОРБЦИОННОГО ТИПА ДЛЯ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

А. Г. Попова, В. О. Апаликов

Выбросы паров бензина, содержащие летучие органические соединения, становятся серьезной экологической проблемой. В работе предложена установка рекуперации паров бензина для автозаправочных станций (АЗС). Система рекуперации паров углеводородов основана на хорошо известном процессе адсорбции силикагелем. Актуальной проблемой современной химии неорганических сорбционных материалов является изучение строения и структуры гелей оксигидратных соединений тяжелых металлов. Исследование данных систем вносит в науку некоторые фундаментальные положения, которые в существенной степени могут изменить существующие представления. Это относится к вопросам о природе гелей неорганических полимеров, к синтезу неорганических макромолекул и химическим превращениям в полимерных цепях, к модификации ряда свойств гелей и их характеристике. Для оксигидратных материалов эти вопросы осложняются явлениями структурирования и образования мезофаз, подобных существующим в органических полимерных жидких кристаллах, поэтому необходима работа по систематическому исследованию *эволюции* свойств гелей оксигидратов тяжелых металлов. Изучение механизмов структурообразования позволит в конечном итоге синтезировать с большой долей вероятности гели с заданными сорбционными свойствами. Активированный уголь является хорошим сорбентом паров бензина, но его применение затрудняется из-за легкой окисляемости, что может привести к сильному разогреву и даже к возгоранию угля. Силикагель по адсорбционным свойствам несколько уступает углю, но он более прочен и не окисляется кислородом, может подвергаться многократной регенерации, относительно дешев. Авторы исследовали динамическую вязкость оксигидратного геля кремниевой кислоты во времени. В соответствии с поставленной целью были решены следующие задачи: 1) изучены зависимости вязкости гелей кремниевой кислоты от времени при приложении деформации сдвига в зависимости от условий синтеза и скорости сдвига; 2) установлено соответствие полученных зависимостей структурно-морфологическим особенностям гелеобразования; 3) произведена математическая обработка полученных данных и проанализированы экспериментальные отображения первого и второго возвращения.

*Ключевые слова:* адсорбент, силикагель, рекуперация, пары бензина.

Актуальность работы:

- улучшение экологической обстановки: снижение выброса паров топлива при хранении, транспортировке и заправке автомобилей;
- экономия товарного сырья и ресурсов (98% возврата в жидкое состояние паров бензина; получение конденсата товарного качества);
- повышение безопасности автозаправочных станций (уменьшение пожаро-взрывоопасной обстановки) [2, 3, 4].

Почва, а точнее ее твердая фаза является главным сорбентом загрязняющих веществ, в том числе нефти и нефтепродуктов. Попадая в почву, они подвергаются интенсивному воздействию внешних агентов, способствующих их выветриванию, трансформации и т. д. К числу наиболее активных агентов относятся солнеч-

ная радиация, режим температуры и влажности, минеральный состав почвы и активность биологических и микробиологических процессов. Таким образом, загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами вызывает резкие реакции во всех ее компонентах, при этом происходят глубокие и часто необратимые изменения морфологических, физических, физико-химических, микробиологических свойств, что приводит к уменьшению продуктивности естественных и искусственных биоценозов, в частности к снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

**Цель работы** – исследование динамической вязкости оксигидратного геля кремниевой кислоты (неньютоновской жидкости) во времени.

Объектом исследования являются аморфные кремнеземы  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .



### Методы исследования

В процессе работы проводили синтез гелей кремниевой кислоты при различном значении рН среды и постоянном значении температуры и концентрации и исследовали зависимость динамической вязкости силикагеля от скорости сдвига.

Метод проведения эксперимента – реологические исследования динамической вязкости гелей на ротационном вискозиметре «Reotest-2».

В процессе исследования зафиксирован колебательный характер изменения вязкости силикагелей, который объяснен с точки зрения структурных перестроек [1].

### Результаты исследования

Синтез силикагеля проводили по патенту №2420454. РФ «Способ получения нанодисперсного кремнезема» [5]. Для приготовления геля кремниевой кислоты использовали раствор  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  ( $\rho = 1,562 \text{ г/см}^3$ ),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\rho = 1,020 \text{ г/см}^3$ ). Каждый образец подвергался сушке, отмывке дистиллированной водой.

Рассчитана удельная поверхность силикагеля по изотерме адсорбции бензола (основного компонента паров бензина) на его поверхности. Площадь, занимаемая молекулой бензола,  $S_0 = 2,892 \cdot 10^{-17} \text{ м}^2$ . Основываясь на соответствующих давлениях и значениях адсорбции, рассчитали удельную поверхность адсорбента.

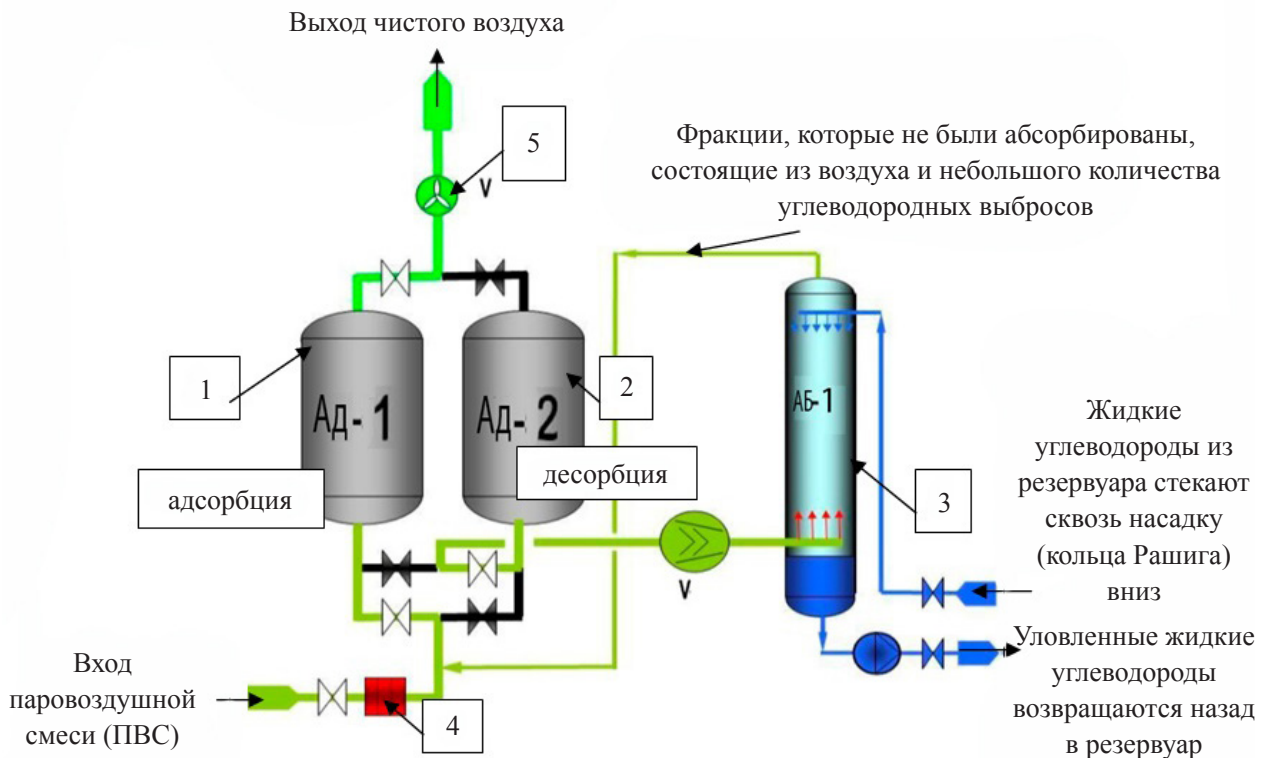
Удельная поверхность силикагеля  $S_{\text{уд}}$ , ( $\text{м}^2/\text{г}$ ) =  $250 \text{ м}^2/\text{г}$ .

Предельный сорбционный объем пор,  $V_s = 1,0 \text{ см}^3/\text{г}$ .

Предложена система улавливания паров нефтепродуктов на автозаправочных станциях (АЗС).

Отличительные особенности установки рекуперации паров (УРП):

- высокая степень улавливания паров бензина (до 99 %);
- компактность;
- максимально увеличена пожаровзрывобезопасность процесса;
- простота и безопасность в обслуживании;



1, 2 – адсорбер; 3 – абсорбер; 4 – пламегаситель (антидетонатор); 5 – насос

Рис. 1. Схема работы установки рекуперации паров (УРП)



– улучшена экологическая обстановка на АЗС;

– повышение имиджа АЗС среди автоладельцев (размещение знака «ЭКО-АЗС»).

Недостатки использования установки рекуперации паров (УРП):

– регенерация адсорбента;

– стоимость установки рекуперации.

Принцип работы предлагаемой установки рекуперации паров (УРП) (рис. 1).

### Обсуждения

В данной научно-исследовательской работе проанализирована динамическая вязкость геля  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  во времени, используя ротационный вискозиметр «Reotest-2», соединенный через аналого-цифровой преобразователь с персональным компьютером. Это позволило проводить непрерывное снятие данных в течение 7 часов с частотой опроса 5 раз в секунду с целью получения большого массива экспериментальных данных. Обработка результатов экспериментов проведена с использованием терминологии и методики нелинейной динамики, что является новым подходом в анализе коллоидно-химических систем.

Проведенное исследование геля кремниевой кислоты показало зависимость состояния структуры геля от сдвиговых деформаций и обнаружило колебательный характер этих зависимостей, что связывается с конформационными перестройками структуры геля, сопровождающимися выплеском ионно-молекулярных потоков либо их поглощением.

Экспериментально полученные фазовые портреты аттракторов сопоставимы с отображениями, которые ранее были получены лишь эмпирическим путем (методом решения дифференциальных уравнений) [6, 7].

Таким образом, существующая модель формообразования гелей под влиянием внешней деформации была расширена и дополнена.

Результаты проведенного исследования дают основу для дальнейшего определения условий, позволяющих более гибко управлять процессами гелеобразования и целенаправленно формировать многофункциональные сорбенты с широкой вариацией состава и свойств.

Исследования формирования оксигидратов и механизмов сорбции, проводимые профессором, д.х.н. Ю.И. Сухаревым и профессором,

д.х.н. В.Д. Тхай на кафедре химии твердого тела и нанопроцессов на химическом факультете Челябинского государственного университета, относятся к нелинейным динамическим системам, при этом обнаружена периодичность изменения ряда физико-химических (в том числе и сорбционных) свойств гелей оксигидратов тяжелых металлов. Эволюционные процессы в оксигидратных гелях имеют автоколебательный характер. Подобный подход к теории гелевых систем является абсолютно новым в коллоидной химии. Использование данного подхода позволило обнаружить ряд необычных явлений, не укладывающихся в рамки традиционных взглядов [6, 7].

### Выводы

Предложена установка рекуперации паров бензина для автозаправочных станций (АЗС). Система рекуперации паров углеводородов основана на процессе адсорбции силикагелем.

### Список литературы

1. Сухарев Ю. И., Апаликова И. Ю. Нанотоковые сегнетоэлектрики гелевых оксигидратов : монография. Казань : ООО «Инновационно-издательский дом «Бутлеровское наследие», 2019. 440 с.
2. Шубов Л. Я. Проблема загрязнения окружающей среды от деятельности АЗС // Экология и промышленность России. 2005. № 12. С. 34–39.
3. Варнакова Е. А. Снижение потерь топлива от испарения при заправке на автозаправочной станции // Инновационные технологии в гуманитарных науках : тр. 6-й Междунар. конф. Ульяновск, 2012. С. 75–76.
4. Кобылкин Н. И., Гельфанд Б. Е. Перевалка нефтепродуктов. Опасности, которые необходимо предотвратить // Международный технико-экономический журнал. 2010. № 5. С. 90–98.
5. Пат. на изобр. 2420454 Российская Федерация. Способ получения нанодисперсного кремнезема / С. Л. Лось ; опубл. 22.12.2009.
6. Коллоидно-химические нанопроцессы на основе оксигидратных систем редкоземельных элементов / Ю. И. Сухарев, В. Д. Тхай, И. Ю. Апаликова, В. О. Апаликов // XVIII Междунар. конф. по науке и технологиям Россия-Корея-СНГ : тр. конф. (Москва, 2018 год). М. : Изд-во МГУ, 2018. С. 131–137.



7. Sukharev Yu. I., Apalikova I. Yu. Cluster Electric Spectroscopy of Colloid Chemical Oxyhydrate Systems : monograph // Trans Tech Publications Ltd. Churerstrasse 20. Switzerland. 2015. 585 p.

---

**Попова Анна Георгиевна**, канд. техн. наук, доцент, ФГКБОУ ВПО Филиал военного учебно-научного центра военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия» в г. Челябинске.

E-mail: krasata79@mail.ru.

**Апаликов Виталий Олегович**, магистрант, группа П-214, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: apalikov74ru@yandex.ru.

\* \* \*

## МОДЕЛЬ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОБМОТОК ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Л. А. Саплин, В. А. Буторин, А. М. Молчан

В работе рассмотрено построение математической модели долговечности погружных водозаполненных электродвигателей с учетом скорости изменения тока утечки и показателя характера его изменения от наработки при двух различных испытательных напряжениях. При этом предварительный анализ существующих параметров технического состояния их изоляция, включая сопротивление, коэффициент абсорбции, емкость – частота, тангенс угла диэлектрических потерь, частичные разряды, ток утечки, позволил выбрать основной – относительные приращения тока утечки при изменении прикладываемого напряжения от 600 В до 1000 В. В технической литературе известны функции описания изменения параметра технического состояния от наработки, к ним относятся линейная, экспоненциальная, логарифмическая, степенная и другие. Из этих функций наиболее универсальной является степенная, нашедшая широкое распространение при описании надежности объектов электрооборудования. На основании этой функции были описаны зависимости величины тока утечки от скорости его изменения и показателя характера взаимосвязи тока утечки от наработки. При достижении предельного значения относительного приращения тока утечки наработка погружного электродвигателя будет являться его ресурсом. В дальнейшем выражение для определения ресурса можно будет использовать при проведении контрольных испытаний на надежность отремонтированных погружных электродвигателей и оценки их соответствия техническим требованиям на капитальный ремонт.

*Ключевые слова:* погружной электродвигатель, надежность, ремонт, долговечность, контрольные испытания.

Ресурс электродвигателей общепромышленного назначения определяется обмоткой и подшипниковыми узлами [1, 2]. Основными элементами погружного электродвигателя, определяющими его ресурс, являются обмотка и упорный подшипниковый узел. Данные элементы также определяют ресурс капитально отремонтированных погружных электродвигателей, ресурс которых должен быть не менее 80% ресурса новых погружных электродвигателей [3, 4].

Анализ параметров технического состояния основных элементов погружного электродвигателя показывает, что для обмотки в качестве такого параметра целесообразно использовать относительное приращение токов утечки при увеличении напряжения от 600 до 1000 В. Величина этого приращения не должна превышать 0,9 отн. ед. [5, 6, 7].

В исправной изоляции ток утечки изменяется пропорционально прикладываемому напряжению. При появлении местных дефектов в изоляции ток утечки возрастает по мере увеличения напряжения. Величина и характер дефектов изоляции проявляется при разных напряжениях [8, 9, 10, 11].

### Методика

В технической литературе различными авторами используются методики оценки долговечности, использующие разные виды функций, описывающих зависимость параметра технического состояния от наработки. Наиболее универсальной функцией следует считать степенную, отражающую широкий спектр условий эксплуатации электрооборудования. Данная функция изменения параметра технического состояния электрооборудования от наработки применялась в трудах Г.В. Дружинина [12], В.А. Буторина [13, 14, 15], Р.В. Банина [16], Б.С. Сотскова [17], Н.Л. Кузнецова [18], Е.Г. Мякинина [19], К.П. Вовденко [20] и др. Отсюда зависимость тока утечки  $I_y$  от наработки  $t$  можно представить уравнением:

$$I_y = Vt^\alpha, \quad (1)$$

где  $V$  и  $\alpha$  – показатели процесса изменения тока утечки.

Показатель  $V$  характеризует условия эксплуатации электродвигателя, включая режим работы, величину нагрузки, характеристики



среды и другие факторы. Показатель  $\alpha$  зависит от конструктивных особенностей электродвигателей и величины испытательного напряжения. Вид функции (1) представлен на рисунке 1.

### Результаты

Согласно техническим требованиям на капитальный ремонт погружных электродвигателей, качество их восстановления оценивается долговечностью [3, 4]. Для получения модели долговечности обмотки погружных электродвигателей возьмем производную по наработке для нахождения выражения скорости изменения тока утечки:

$$y = \frac{dI_y}{dt} = \alpha V t^{\alpha-1}. \quad (2)$$

При наработке  $t = 1$  [2] уравнение (2) можно представить в виде

$$y_0 = \alpha \tau V \text{ или } V = \frac{y_0}{\alpha \tau}, \quad (3)$$

где  $y_0$  – скорость изменения тока утечки при наработке  $t = 1$ ;

$\tau$  – коэффициент размерности.

Величина  $\tau$  количественно равна единице, ее размерность – степени, основание которой единица измерения наработки  $t_0$  испытываемого объекта, показатель степени равен  $\alpha - 1$ . В качестве наработки могут использоваться:  $t_0 =$  секунда,  $t_0 =$  минута,  $t_0 =$  час и др. В связи с этим коэффициент размерности можно представить в виде

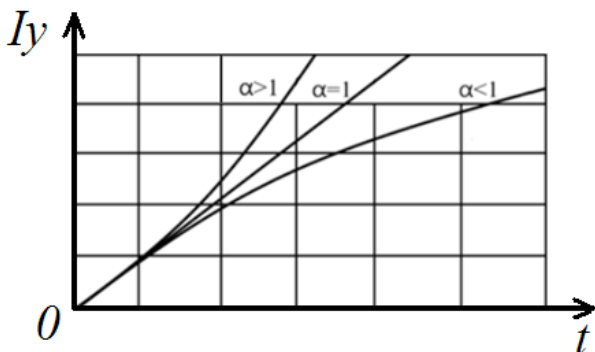


Рис. 1. Характер изменения относительного приращения тока утечки при постоянных условиях старения в зависимости от наработки

$$\tau = t_0^{\alpha-1}. \quad (4)$$

Запишем уравнение (1) следующим образом:

$$I_y = \frac{y_0}{\alpha \cdot t_0^{\alpha-1}} \cdot t^\alpha. \quad (5)$$

Рассмотрим зависимость тока утечки от наработки при двух различных испытательных напряжениях  $U_1$  и  $U_2$ :

$$I_{y1} = \frac{y_{01}}{\alpha_1 \cdot t_0^{\alpha_1-1}} \cdot t^{\alpha_1}; \quad (6)$$

$$I_{y2} = \frac{y_{02}}{\alpha_2 \cdot t_0^{\alpha_2-1}} \cdot t^{\alpha_2}. \quad (7)$$

Изоляция считается исправной, если относительное приращение тока утечки при напряжении  $U_1 = 600$  В и  $U_2 = 1000$  В не превышает 0,9 [5, 6].

Изоляция будет находиться в состоянии отказа при достижении следующего состояния:

$$\frac{I_{y2} - I_{y1}}{I_{y1}} \geq 0,9. \quad (8)$$

С учетом (6) и (7) получим:

$$\frac{\frac{y_{02}}{\alpha_2 \cdot t_0^{\alpha_2-1}} \cdot t^{\alpha_2} - \frac{y_{01}}{\alpha_1 \cdot t_0^{\alpha_1-1}} \cdot t^{\alpha_1}}{\frac{y_{01}}{\alpha_1 \cdot t_0^{\alpha_1-1}} \cdot t^{\alpha_1}} \geq 0,9. \quad (9)$$

Преобразуем формулу (9)

$$\frac{\frac{y_{02}}{\alpha_2 \cdot t_0^{\alpha_2-1}} \cdot t^{\alpha_2}}{\frac{y_{01}}{\alpha_1 \cdot t_0^{\alpha_1-1}} \cdot t^{\alpha_1}} \geq 1,9. \quad (10)$$

Отсюда

$$\frac{t^{\alpha_2}}{t^{\alpha_1}} \geq 1,9 \cdot \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \cdot \frac{y_{01}}{y_{02}} \cdot \frac{t_0^{\alpha_2-1}}{t_0^{\alpha_1-1}}. \quad (11)$$

Обе части неравенства (11) возводим в степень  $\frac{1}{\alpha_2 - \alpha_1}$ .

$$\left(\frac{t^{\alpha_2}}{t^{\alpha_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_2 - \alpha_1}} \geq \left(1,9 \cdot \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \cdot \frac{y_{01}}{y_{02}} \cdot \frac{t_0^{\alpha_2 - 1}}{t_0^{\alpha_1 - 1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_2 - \alpha_1}}. \quad (12)$$

Наработка, соответствующая состоянию отказа, будет равна:

$$t \geq \left(\frac{1,9 \cdot \alpha_2 \cdot y_{01}}{\alpha_1 \cdot y_{02}}\right)^{\frac{1}{\alpha_2 - \alpha_1}} \cdot t_0. \quad (13)$$

Тогда ресурс  $T$  обмотки будет равен:

$$T = t_0 \cdot \left(\frac{1,9 \cdot \alpha_2 \cdot y_{01}}{\alpha_1 \cdot y_{02}}\right)^{\frac{1}{\alpha_2 - \alpha_1}}. \quad (14)$$

### Выводы

Таким образом, уравнение (14) является моделью определения ресурса  $T$  обмотки погружного электродвигателя после изготовления или после капитального ремонта. Для ее реализации необходимо по результатам стендовых испытаний установить показатель  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  характера изменений тока утечки от наработки, а также скорость изменения тока утечки  $y_{01}$  и  $y_{02}$  при испытательных напряжениях  $U_1$  и  $U_2$ .

### Список литературы

1. Inhibitory protection of bearing units of electric motors in animal husbandry / V. A. Butorin [et al.] // E3S Web of Conferences. International Conference “Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic” (EFSC2021). 2021. С. 07018.
2. Буторин В. А., Саплин Л. А., Молчан А. М. Математическая модель контрольных испытаний на надежность отремонтированных погружных электродвигателей // АПК России. 2021. Т. 28. № 2. С. 193–199.
3. ТК 70.0009.001-84. Электродвигатели трехфазные асинхронные короткозамкнутые водозаполненные погружные. Технические требования на капитальный ремонт. М. : ГОСНИТИ, 1985. 78 с.
4. ТК 70.0001.086-78. Электродвигатели трехфазные асинхронные водозаполненные погружные. Технические требования на капитальный ремонт. М. : ГОСНИТИ, 1974. 52 с.

5. Амерханов Р. А., Ерошенко Г. П., Шелиманова Е. В. Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем. М. : Энергоатомиздат, 2008. 448 с.

6. Ерошенко Г. П., Медведько Ю. А., Таранов М. А. Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий. Ростов-на-Дону : Терра, 2001. 592 с.

7. Ерошенко Г. П., Кондратьева Н. П. Эксплуатация электрооборудования. М. : ИНФА-М, 2014. 336 с.

8. Эксплуатация электрооборудования / Г. П. Ерошенко [и др.]. М. : КолосС, 2013. 344 с.

9. Пястолов А. А., Ерошенко Г. П. Эксплуатация электрооборудования. М. : Агропромиздат, 1990. 287 с.

10. Ткачев А. Н. Прогнозирование долговечности пленочных электронагревателей методом статистического моделирования // Достижения науки – агропромышленному производству : матер. ЛIII Междунар. науч.-техн. конференции. Челябинск : ЧГАА, 2014. Ч. III. С. 287–292.

11. Ткачев А. Н. Прогнозирование ресурса пленочных электронагревателей // Достижения науки – агропромышленному производству : матер. Междунар. науч.-техн. конференции. Челябинск : ЧГАА, 2013. С. 196–199.

12. Дружинин Г. В. Надежность автоматизированных производственных систем. Изд. 4-е. М. : Энергоатомиздат, 1986. 480 с.

13. Butorin V. A., Tsarev I. B., Guseynov R. T. Bench-Scale Tests Aimed at Finding Rate and Acceleration of Wear Determining Service Life of Thrust Bearing in Submersible Electric Motor // Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). Lecture Notes in Mechanical Engineering. Cham, 2020. С. 1089–1095.

14. Butorin V. A., Guseynov R. T. Main factors affecting the bearing units service life in submersible electric motors // LIII international scientific and technical conference “Science achievements for agro-industrial production”. Russia, Chelyabinsk, February. 2014. Part. 2014. № 3. С. 241.

15. Буторин В. А., Царев И. Б., Буторин Д. В. Определение среднего ресурса для оценки надежности пленочного электронагревателя с проволочным резистивным элементом // АПК России. 2020. Т. 27. № 2. С. 280–283.

16. Банин Р. В., Буторин В. А., Царев И. Б. Исследование скорости увеличения радиального зазора в подшипниках асинхронного дви-



гателя при передаче крутящего момента механической муфтой в условиях сельскохозяйственного производства // АПК России. 2021. Т. 28. № 2. С. 183–187.

17. Сотсков Б. С. Основы теории и расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники. М. : Высш. шк., 1970. 270 с.

18. Кузнецов Н. Л. Надежность электрических машин. М. : Изд. дом МЭИ, 2006. 432 с.

19. Мякинин Е. Г. Исследование увлажнения изоляции электрических машин в различных ее состояниях // Вопросы эксплуатации и повышения надежности электрооборудования. 1975. № 91. С. 10–18.

20. Вовденко Н. П. Прогнозирование долговечности осветительных приборов со светодиодами для условий защищенного грунта : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2013. 22 с.

---

**Саплин Леонид Алексеевич**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: lsaplin@mail.ru.

**Буторин Владимир Андреевич**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: butorin\_chgau@list.ru.

**Молчан Александр Михайлович**, аспирант, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: a.molchan@list.ru.

\* \* \*

УДК 636.2:619

**СТИМУЛЯЦИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТИ НОВОРОЖДЕННЫХ ТЕЛЯТ****А. Н. Миронов, В. А. Плешков, Т. В. Зубова**

В статье представлены результаты исследования по действию иммуномодулирующего препарата Ронколейкин на организм новорожденных телят черно-пестрой породы в условиях товарного хозяйства Кемеровской области. Целью проведения исследования являлось изучение эффективности воздействия препарата на параметры крови, характеризующие резистентность организма телят, а также их продуктивные показатели. Проводили взвешивание животных и учитывали следующие зоотехнические показатели: живую массу на начало и конец опыта, абсолютный прирост живой массы, среднесуточный прирост живой массы и относительный прирост. Особенности формирования прироста живой массы изучали при проведении индивидуального взвешивания в начале и конце учетного периода. Для проведения исследования было сформировано 2 группы телят (контрольная и опытная) по 10 голов в каждой. Новорожденным телятам вводили препарат согласно инструкции, прилагаемой к препарату (в первые сутки после рождения подкожное введение препарата Ронколейкин в дозе 100 000 МЕ на голову однократно), затем вели наблюдение за экспериментальным поголовьем до 30-дневного возраста. При использовании препарата отмечается положительное влияние на формирование показателей резистентности организма телят. У телят из опытной группы за период исследования увеличение лизоцимной активности сыворотки крови составило 14,4% ( $p < 0,05$ ), бактерицидной активности сыворотки крови 16,7% ( $p < 0,05$ ). Разница между показателями бактерицидной активности сыворотки крови в экспериментальных группах в возрасте 30 дней составила 13,9% ( $p < 0,05$ ). В конце исследования телята из опытной группы по абсолютному приросту превосходили аналогов из контрольной группы на 6,23% или 2,3 кг ( $p < 0,05$ ), по относительному приросту на 6,89% ( $p < 0,05$ ). В контрольной группе за период проведения исследования было выявлено 4 телят с расстройствами желудочно-кишечного тракта, в опытной группе 3 телят. Сохранность экспериментального поголовья в опытной группе составила 100%, в то время как в контрольной группе 2 телят пало, и сохранность составила 80%.

*Ключевые слова:* новорожденные телята, иммуномодулятор, Ронколейкин, скорость роста, резистентность.

Получение и выращивание физиологически здорового молодняка крупного рогатого скота возможно только при правильном научно обоснованном подходе. Молочный период выращивания телят считается одним из главных этапов в животноводстве. В этот период на ранних этапах роста и развития животного в его жизни происходит закладка, формирование и развитие систем органов и организма в целом, что в дальнейшем будет обуславливать его продуктивные характеристики [12, 18, 20].

Для полноценного роста и развития телят необходимо соблюдать все нормы и правила, которые предусмотрены технологией выращивания молодняка крупного рогатого скота.

Причем для этого необходимо взаимодействие целого ряда факторов, взаимосвязанных между собой и влияющих на увеличение продуктивных показателей крупного рогатого скота. Важнейшими из них являются генетически обусловленные хозяйственно-полезные качества, условия содержания и рациональное кормление животных на протяжении всего периода выращивания [1, 9].

Залогом успешного развития животноводства является хорошее здоровье животного на всех этапах его выращивания. Комплексный подход производства продукции животноводства способствует достижению высоких экономических показателей в отрасли. Для этого необходимо на-



личие поголовья с высоким генетическим потенциалом продуктивных показателей, надлежащее содержание и сбалансированное кормление, соответствующее уровню продуктивности и физиологическому состоянию [5, 13, 27].

В период формирования иммунитета и резистентности в первые дни жизни молодняка крупного рогатого скота падеж по различным причинам может достигать 80%, поэтому этот период в жизни новорожденного теленка является особенно значимым. У новорожденного теленка иммунитет имеет пассивный характер и обеспечивается материнскими антителами, поступающими с молозивом. Основной причиной слабого иммунитета молодняка крупного рогатого скота может является низкое содержание иммуноглобулинов в составе молозива [2, 10, 17].

Специфика периодов развития молодняка крупного рогатого скота является ключевым фактором при организации правильного выращивания. Необходимо учитывать, что в первые месяцы жизни теленка отличаются наибольшей интенсивностью роста и происходит адаптация организма к внешним условиям среды, формирование факторов иммунной защиты организма. В первые дни жизни теленка происходит становление рубцового пищеварения, а наиболее значительным и критичным этапом является время первого приема молозива. Поэтому необходимо внимательно следить за тем, чтобы новорожденный теленок получил первую порцию качественного молозива вовремя [14, 21, 23].

Молочный период, или фаза жидкого кормления, молодняка в начальный период жизни является одним из ключевых факторов. Этот факт объясняется тем, что молоко матери в указанный период играет главную роль в питании телят. Потребность в питательных веществах в этот период очень велика, так как идет интенсивный рост молодого организма, также постепенно угасают молозивные факторы защиты в организме, а собственные – еще вырабатываются недостаточно, также слабо развита иммунная система. В это время телятам выпаивают натуральное молоко либо заменители цельного молока (ЗЦМ) согласно схемам, принятым в хозяйстве, проводят витаминизацию и вакцинацию [6, 8, 15].

Для выработки активного искусственного иммунитета проводят вакцинацию, которую начинают с первых дней жизни и осуществляют регулярно на протяжении всего индивидуального развития животного. При этом вакцинация

по ряду заболеваний является одним из ключевых факторов при выращивании крупного рогатого скота. Также для развития и укрепления иммунитета новорожденных телят применяют специальные препараты направленного иммуномодулирующего действия [7, 11, 19].

Применение иммуномодуляторов способствует оптимизации работы иммунной системы и резистентности, оказывает благоприятное воздействие на рост и развитие животного, параметры крови, бактерицидную, фагоцитарную и лизоцимную активность. Включение таких методов иммуностимулирующей терапии и профилактики заболеваний является важным аспектом для молодняка, у которого только начинает формироваться организм, иммунная система и резистентность [9, 24, 25].

Тем не менее, при соблюдении всех вышеперечисленных факторов в нашей стране отмечается низкий уровень сохранности молодняка и остро стоит проблема получения здорового и крепкого потомства. Это может является одной из причин отсутствия роста поголовья крупного рогатого скота [4, 22, 26]. Одним из возможных путей получения здорового потомства является применение иммуномодулирующих препаратов в первые дни жизни молодняка [1, 3, 16].

Поэтому изучение воздействия иммуностимулирующих препаратов на организм молодняка крупного рогатого скота является актуальной задачей в животноводстве.

**Целью проведения исследования** являлось изучение эффективности воздействия иммуномодулирующего препарата Ронколейкин на параметры крови, характеризующие резистентность организма телят, а также продуктивные показатели телят.

В связи с этим решались следующие задачи.

1. Изучить показатели крови, характеризующие резистентность организма телят при рождении и в 30-дневном возрасте при введении им препарата Ронколейкин.

2. Оценить интенсивность роста телят от рождения и до 30-дневного возраста при введении им препарата Ронколейкин.

#### **Методы исследования**

Экспериментальные исследования проводили в товарном хозяйстве ООО «Горское» Гурьевского района Кемеровской области в 2020 году. При разработке схемы исследования руководствовались инструкцией



по использованию изучаемого препарата. С целью изучения эффективности действия препарата были сформированы две экспериментальные группы из новорожденных телят по принципу пар-аналогов. В каждую группу было отобрано по 10 телят с учетом пола, возраста, живой масса и породы (табл. 1).

Экспериментальное поголовье телят содержалось с соблюдением всех ветеринарных и зоотехнических требований. Условия содержания и кормления телят контрольной и опытной групп на протяжении всего периода проведения исследования были аналогичными, предусмотренными технологией животноводческого предприятия (длительность молочивного периода – 7 дней, молочного периода – 60 дней). Содержание телят было стойловое в индивидуальных станках.

Взятия крови у экспериментальных телят осуществляли из яремной вены в утренние часы до начала кормления. Исследования образцов крови проводили на базе лаборатории ГБУ «Беловская межрайонная ветеринарная лаборатория» (г. Белово, Кемеровская область) на анализаторе автоматическом гематологическом URIT 3020 и анализаторе биохимическом фотометрическом кинетическом АБхФк-02- «НПП-ТМ».

Для контроля физиологического состояния, изучения формирования и становления неспецифической резистентности организма проводили исследования параметров крови экспериментального поголовья в первые сутки после рождения (до введения препарата) и по завершении опыта в 30-дневном возрасте.

С целью изучения влияния препарата на скорость роста проводили контрольные взвешивания в начале и конце эксперимента (при

рождении и в 30-дневном возрасте). В ходе эксперимента проводили взвешивание животных и учитывали следующие зоотехнические показатели: живую массу на начало и конец опыта, абсолютный прирост живой массы, среднесуточный прирост живой массы и относительный прирост. Особенности формирования прироста живой массы изучали при проведении индивидуального взвешивания в начале и конце учетного периода.

Полученный цифровой материал обработан методом вариационной статистики по Н.А. Плохинскому. Уровни достоверности определены: \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$ .

### Результаты

Анализ образцов крови телят позволил установить определенные различия между экспериментальными группами по некоторым изучаемым показателям (табл. 2). Гематологические показатели крови телят статистически не различались в изучаемых группах. Содержание эритроцитов у телят контрольной группы при рождении –  $6,3 \pm 0,3 \cdot 10^{12}/л$ , в возрасте 30 дней –  $6,8 \pm 0,5 \cdot 10^{12}/л$ , что выше на 7,94%. При рождении содержание эритроцитов в опытной группе отмечено на уровне  $6,2 \pm 0,3 \cdot 10^{12}/л$ , в 30 дней –  $7,0 \pm 0,4 \cdot 10^{12}/л$ , разница составила 12,9%. В опытной группе исследуемого поголовья за этот период отмечается увеличение эритроцитов по сравнению с контрольной группой на 4,96%.

У телят контрольной группы содержание гемоглобина при рождении –  $83,7 \pm 4,8$  г/л, в возрасте 30 дней –  $86,2 \pm 4,6$  г/л, что оказалось выше на 2,98%. В опытной группе при рождении содержание гемоглобина –  $81,3 \pm 3,5$  г/л,

Таблица 1 – Схема проведения исследования

Показатель	Группа	
	Контрольная	Опытная
Количество голов	10	10
Пол	Телочки	Телочки
Возраст, дней	Новорожденные	Новорожденные
Порода	Черно-пестрая	Черно-пестрая
Живая масса, кг	$29,3 \pm 1,5$	$29,7 \pm 1,4$
Продолжительность, дней	30	30
Схема введения препаратов		В первые сутки после рождения подкожное введение препарата Ронколейкин в дозе 100 000 МЕ на голову однократно



в 30 дней – 88,1±4,7 г/л, разница составила 8,36%. Отмечается более интенсивное увеличение содержания эритроцитов в опытной группе исследуемого поголовья по сравнению с контрольной группой на 5,38%.

При рождении содержание лейкоцитов у телят контрольной группы – 7,3±0,3 10<sup>9</sup>/л, в возрасте 30 дней – 8,4±0,6 10<sup>9</sup>/л, что оказалось выше на 15,07%. Содержание лейкоцитов при рождении в опытной группе – 7,4±0,2 10<sup>9</sup>/л, в 30 дней – 8,1±0,5 10<sup>9</sup>/л, разница – 9,46%. У исследуемого поголовья контрольной группы отмечается более значительное увеличение лейкоцитов по сравнению с опытной группой на 5,61%.

В ходе исследования установлена более высокая лизоцимная активность сыворотки крови у телят из опытной группы. У животных из опытной группы ЛАСК при рождении – 26,8±3,9%, в 30 дней – 41,2±4,5%, разница – 14,4% ( $p < 0,05$ ) (увеличение за период исследования составило 53,73%). В контрольной группе при рождении данный показатель отмечен на уровне – 24,9±2,2%, в 30 дней 30,2±5,4%, что разнилось на 5,3% (увеличение за период исследования составило 21,29%). В опытной группе исследуемого поголовья за период исследования отмечается более высокая лизоцимная активность сыворотки крови по сравнению с контрольной группой на 32,44%.

Изучение фагоцитарной активности сыворотки крови показало, что при рождении этот показатель в контрольной группе – 34,2±2,8%, в возрасте 30 дней – 36,3±3,5%, и разница – 2,1% (увеличение за период исследования составило 6,14%); в опытной группе при рождении – 31,3±3,7%, в возрасте 30 дней – 42,5±4,1%

и разница – 11,2% (увеличение за период исследования – 35,78%). В опытной группе исследуемого поголовья за период исследования отмечается более высокая фагоцитарная активность сыворотки крови по сравнению с контрольной группой на 29,64%.

Результатами исследований бактерицидной активности сыворотки крови животных выявлены более высокие показатели в опытной группе телят в сравнении с контрольной группой. Изучение бактерицидной активности сыворотки крови показало, что при рождении этот показатель в контрольной группе – 50,2±4,5%, в возрасте 30 дней – 54,3±4,2%, и разница составила 4,1% (увеличение за период исследования – 8,17%); в опытной группе при рождении – 51,5±3,9%, в возрасте 30 дней – 68,2±4,3% и разница – 16,7% ( $p < 0,01$ ) (увеличение за период исследования составило 32,43%). Разница между показателями бактерицидной активности сыворотки крови в экспериментальных группах в возрасте 30 дней – 13,9% ( $p < 0,05$ ).

В опытной группе исследуемого поголовья за период исследования отмечается более высокая бактерицидная активность сыворотки крови по сравнению с контрольной группой на 24,26%.

Применение Ронколейкина позитивно сказалось на формировании показателей резистентности организмов экспериментального поголовья, что, возможно, отразилось на низкой заболеваемости, скорости роста и лучшей сохранности молодняка крупного рогатого скота.

Экспериментальное поголовье телят при постановке на опыт не имело существенных отличий по живой массе, и в среднем этот показатель был отмечен на уровне 29,5 кг, а разница

Таблица 2 – Показатели крови телят

Показатель	Группа			
	контрольная		опытная	
	Возраст, дней			
	1	30	1	30
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л	6,3±0,3	6,8±0,5	6,2±0,3	7,0±0,4
Гемоглобин, г/л	83,7±4,8	86,2±4,6	81,3±3,5	88,1±4,7
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	7,3±0,3	8,4±0,6	7,4±0,2	8,1±0,5
Фагоцитарная активность, %	34,2±2,8	36,3±3,5	31,3±3,7	42,4±4,1
ЛАСК, %	24,9±2,2	30,2±5,4	26,8±3,9	41,2±4,5 <sup>0*</sup>
БАСК, %	50,2±4,5	54,3±4,2	51,5±3,9	68,2±4,3 <sup>0***к*</sup>

Примечание: здесь и далее разница достоверна при: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ .

между группами 1,01%. В ходе проведения опыта установлено, что интенсивность роста экспериментального молодняка крупного рогатого скота в группах была неравномерной. Показатели изменения живой массы молодняка по группам за период эксперимента приведены на рисунках 1 и 2.

У телят из контрольной группы абсолютный прирост за период исследования составил  $18,1 \pm 0,7$  кг, у аналогов опытной группой этот показатель был достоверно выше на 6,23% или

2,3 кг ( $p < 0,05$ ), где этот показатель зафиксирован на уровне  $20,4 \pm 0,7$  кг.

Относительный прирост, который показывает истинную скорость роста, за период проведения исследования у животных опытной группы –  $68,67 \pm 2,0\%$ . В сравнении с контрольной группой выше на 6,89% ( $p < 0,05$ ), где этот показатель составил  $61,78 \pm 2,2\%$ .

В период проведения исследования желудочно-кишечные заболевания телят, протекающие с симптомами диареи, наблюдались

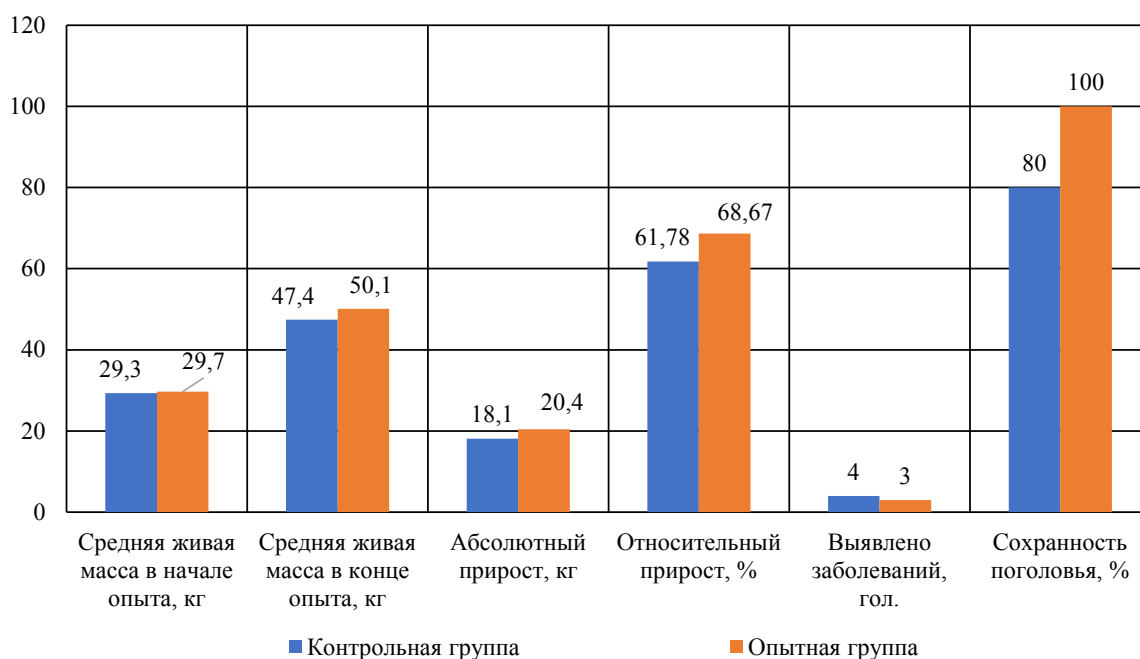


Рис. 1. Результаты опыта

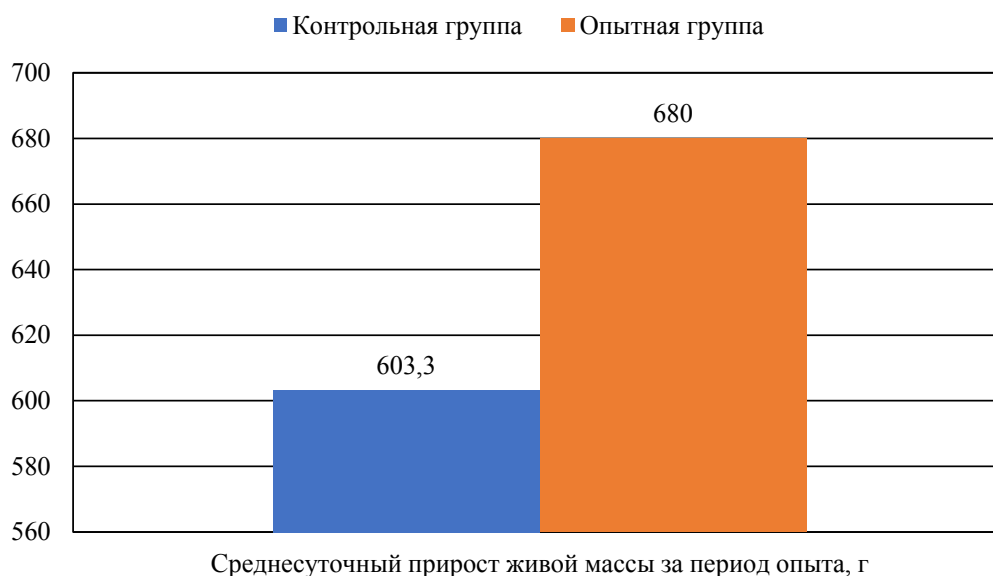


Рис. 2. Среднесуточный прирост экспериментального поголовья, г



в обеих экспериментальных группах. В контрольной группе было выявлено 4 теленка с расстройствами желудочно-кишечного тракта, в опытной группе 3 теленка.

Сохранность экспериментального поголовья за период проведения исследования в опытной группе составила 100%, в то время как в контрольной группе 2 теленка пало и сохранность составила 80%.

Среднесуточный прирост живой массы у молодняка из контрольной группы составил  $603,3 \pm 42,6$  г, в то же время в опытной группе это значение составило  $680,0 \pm 51,3$  г.

### Обсуждения

При использовании современных технологий крупных животноводческих комплексов и интенсивного выращивания телят возникают определенные трудности получения здорового потомства. Поскольку получение и выращивание здорового молодняка – важное звено при увеличении численности поголовья и рентабельности отрасли в целом, этому необходимо уделять особенное внимание [1, 9, 15].

Для этих целей в хозяйствах используют специально разработанные под каждый период роста схемы выращивания телят, применяют витаминизацию и вакцинацию. Отдельным способом, способствующим развитию сильного иммунитета и резистентности, можно выделить использование специальных иммуномодулирующих препаратов [7, 11, 22].

Анализ результатов, полученных нами в ходе проведенного исследования, позволяет говорить о положительном действии изучаемого препарата Ронколейкин. В сравнении с контрольной группой телят лучшие результаты получены в опытной группе при использовании препарата Ронколейкин. Нами определено, что применение изучаемого препарата положительно сказалось на формировании резистентности экспериментального поголовья, что, вероятно, отразилось на низкой заболеваемости молодняка крупного рогатого скота, лучшей сохранности и увеличении живой массы.

Исследования образцов крови экспериментального поголовья позволили установить достоверные различия по некоторым изучаемым показателям в разные возрастные периоды. Выявлено увеличение лизоцимной активности сыворотки крови у телят из опытной группы от рождения до 30-дневного возраста на 14,4%

( $p < 0,05$ ). Исследование бактерицидной активности сыворотки крови показало, что в опытной группе от рождения до 30-дневного возраста разница между этими значениями составила 16,7% ( $p < 0,01$ ). Отмечена разница на 13,9% ( $p < 0,05$ ) между показателями бактерицидной активности сыворотки крови в экспериментальных группах в возрасте 30 дней.

Можно предположить, что использование иммуномодулирующего препарата Ронколейкин положительно отразилось на формировании и становлении резистентности организма экспериментального поголовья, что в свою очередь повлияло на низкий уровень заболеваемости, хорошую скорость роста и сохранность молодняка из опытной группы. У телят из опытной группы абсолютный прирост за период исследования был достоверно выше на 6,23% или 2,3 кг ( $p < 0,05$ ), чем у аналогов контрольной группы. Относительный прирост у животных из опытной группы был выше на 6,89% ( $p < 0,05$ ), чем у их сверстников контрольной группы. Также можно отметить, что желудочно-кишечные заболевания телят, протекающие с симптомами диареи, наблюдались в контрольной группе у 4 телят, а в опытной группе у 3 телят. Сохранность экспериментального поголовья за период проведения исследования в опытной группе – 100%, в то время как в контрольной группе 2 теленка пало и сохранность составила 80%.

После введения препарата телятам на 30-й день после их рождения установлено достоверно большее содержание в крови молодняка опытной группы таких показателей, как бактерицидная и лизоцимная активность сыворотки крови. Также можно отметить увеличение эритроцитов, гемоглобина и более высокую фагоцитарную активность сыворотки крови. Увеличение этих показателей может указывать на формирование факторов, характеризующих резистентность организма [1, 6, 19]. Более высокое содержание лейкоцитов в крови молодняка контрольной группы может свидетельствовать о напряженности резистентности, а также протекающих инфекционных воспалительных процессах в организмах животных [5, 18, 22].

### Заключение

На основании проведенных исследований и полученных экспериментальных данных можно сделать вывод, что использование иммуномодулирующего препарата Ронколейкин

для молодняка крупного рогатого скота оказывает положительное влияние на интерьерные показатели, характеризующие формирование и становление резистентности телят опытной группы, что, возможно, оказало положительное действие на продуктивные показатели экспериментального поголовья.

### Список литературы

1. Blecha F. Immunomodulation: a means of disease prevention in stressed livestock // *J Anim Sci*. 1988. Aug. № 66 (8). P. 2084-90. DOI: 10.2527/jas1988.6682084x. PMID: 3061993.
2. Borad S. G., Singh A. K. Colostrum immunoglobulins: Processing, preservation and application aspects. Review // *International Dairy Journal*. October 2018. Vol. 85. P. 201–210.
3. Phytochemical, microbiological, and technological studies in the field of obtaining a hydroalcoholic extract with antimicrobial activity from the liquorice root / N. Boyko [et al.] // *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 2019. Vol. 12. Issue 1. P. 403–407.
4. The use of immunomodulators in the control of infectious bovine rhinotracheitis / G. Castucci [et al.] // *Comp Immunol Microbiol Infect Dis*. 2000 Jul. № 23 (3). P. 163-73. DOI: 10.1016/S0147-9571(99)00069-7. PMID: 10855662.
5. Association between growth rates, age at first calving and subsequent fertility, milk production and survival in Holstein-Friesian heifers / J. Cooke, Z. Cheng, N. Bourne, D. Wathes // *Open J. Anim. Sci*. 2013. № 3. P. 1–12.
6. The effect of colostrum storage conditions on dairy heifer calf serum immunoglobulin G concentration and preweaning health and growth rate / C. Cummins [et al.] // *Journal of Dairy Science*. January 2017. Vol. 100. Issue 1. P. 525–535.
7. Immunomodulatory effects of Echinacea and Pelargonium on the innate and adoptive immunity in calves / C. Seckin [et al.] // *Food and Agricultural Immunology*. 2018. № 29:1. P. 744–761. DOI: 10.1080/09540105.2018.1444738.
8. Strategies for reduced antibiotic usage in dairy cattle farms / E. Trevisia [et al.] // *Research in Veterinary Science*. April 2014. Vol. 96. P. 229–233.
9. Sayber G., Kabu M. Effects of Two Different Immunomodulators on Calf Diarrhea in Neonatal Calves // *Kocatepe Veterinary Journal*. 2021. DOI: 10.30607/KVJ.868684.
10. Grice K. D., Glosson K. M., Drackley J. K. Effects of feeding frequency and protein source in milk replacer for Holstein calves // *Journal of Dairy Science*. November 2020. Vol. 103. Issue 11. P. 10048–10059.
11. Ian R. Tizard. Vaccines for Veterinarians. Chapter 11 // *Production, assessment, and regulation of vaccines*. 2021. P. 131–140.
12. Weller J. I. Gershoni M., Ezra E. Genetic and environmental analysis of female calf survival in the Israel Holstein cattle population // *Journal of Dairy Science*. March 2021. Vol. 104. Issue 3. P. 3278–3291.
13. Review. A 100-Year Review: Calf nutrition and management / A. F. Kertz [et al.] // *Journal of Dairy Science*. December 2017. Vol. 100. Issue 12. P. 10151–10172.
14. Analgesic effectiveness of new nanosilver drug / A. M. Kovalenko [et al.] // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. № 10 (1). P. 300–306. DOI: 10.15421/2020\_47.
15. Marnila, P., Korhonen H. Reference Module in Food Science // *Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition)*. 2011. P. 591–597.
16. Efficacy of an Immune Modulator In Enteric Pneumonia of Dairy Calves / M. Metzner [et al.] // *Journal of veterinary medicine*. Vol. 46.5. P. 293–299. DOI: 10.1046/j.1439-0442.1999.00218.x.
17. A calf-level study on colostrum management practices associated with adequate transfer of passive immunity in Québec dairy herds / M. P. Morin, J. Dubuc, P. Freycon, S. Buczinski // *Journal of Dairy Science*. April 2021. Vol. 104. Issue 4. P. 4904-4913.
18. The effect of calf nutrition on the performance of dairy herd replacements / S. J. Morrison [et al.] // *Animal*. 2012. Vol. 6. Issue 6. P. 909–919.
19. Quinn P. J. Mechanisms of Action of Some Immunomodulators Used in Veterinary Medicine // *Advances in Veterinary Science and Comparative Medicine*. 1990. Vol. 35. P. 43–99.
20. Metabolic parameters in transition cows as indicators for early-lactation culling risk / T. Roberts [et al.] // *J. Dairy Sci*. 2012. № 95. P. 3057–3063.
21. Immune Parameters of Dry Cows Fed Mannan Oligosaccharide and Subsequent Transfer of Immunity to Calves / S. T. Franklin, M. C. Newman, K. E. Newman, K. I. Meek // *Journal of Dairy Science*. 2005. Vol. 88. № 2.
22. A survey of management practices that influence calf welfare and an estimation of the annual calf mortality risk in pastured dairy herds



in Uruguay / C. O. Schild [et al.] // Journal of Dairy Science. October 2020. Vol. 103. Issue 10. P. 9418–9429.

23. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part II. Factors associated with colostrum quality and passive transfer status of dairy heifer calves / C. B. Shivley [et al.] // Journal of Dairy Science. October 2018. Vol. 101. Issue 10. P. 9185–9198.

24. Red propolis as an additive for preweaned dairy calves: Effect on growth performance, health, and selected blood parameters / G. S. Slanzon [et al.] // Journal of Dairy Science. October 2019. Vol. 102. Issue 10. P. 8952–8962.

25. The effect of probiotics, phytobiotics and their combination as feed additives in the diet of

dairy calves on performance, rumen fermentation and blood metabolites during the preweaning period / B. Stefańska [et al.] // Animal Feed Science and Technology. February 2021. Vol. 272. P. 114738.

26. Tautenhahn A., Merle R., Müller K. E. Factors associated with calf mortality and poor growth of dairy heifer calves in northeast Germany // Preventive Veterinary Medicine. November 2020. Vol. 184. P. 105154.

27. Strategies for reduced antibiotic usage in dairy cattle farms / E. Trevisi [et al.] // Research in Veterinary Science. April 2014. Vol. 96. Issue 2. P. 229–233.

---

**Миронов Александр Николаевич**, аспирант, начальник ГБУ «Беловская СББЖ», ФГБОУ ВО Кузбасская ГСХА.

E-mail: mironvet@mail.ru.

**Плешков Владимир Александрович**, канд. с-х. наук, доцент, ФГБОУ ВО Кузбасская ГСХА.

E-mail: 6110699@mail.ru.

**Зубова Татьяна Владимировна**, д-р биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО Кузбасская ГСХА.

E-mail: suta54@mail.ru.

\* \* \*

## **БИОХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ КРОВИ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МЯСА ПТИЦЫ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОГО И ТЕПЛООВОГО СТРЕССОВ У ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

**Э. Р. Сайфульмулюков, А. В. Мифтахутдинов, Е. А. Ноговицина, М. Б. Ребезов**

Факторы транспортного и теплового стрессов сопровождают промышленный откорм птицы, так как убою цыплят-бройлеров всегда предшествует перевозка. Уровень стрессирования зависит от того, насколько бережное было обращение с птицей во время ловли, погрузки и выгрузки, от плотности посадки, микроклимата, движения транспортного средства, продолжительности пути. Исходя из этого и итог может быть разным – от невидимых адаптационных изменений до гибели птиц. Применение специализированных средств фармакологической поддержки позволяет нивелировать негативное проявление стресса в организме. Результаты проведенных исследований выявили статистически значимые изменения в биохимических показателях крови опытной птицы – снижение уровня альфа-глобулинов на 2,0%, глюкозы на 14,7%, повышение бета- и гамма-глобулинов на 1,7 и 2,6%, кальция на 13,0% и минеральном составе мяса – снижение концентрации цинка на 17,2 и повышение марганца на 11,1%.

*Ключевые слова:* кровь, мясо, цыплята-бройлеры, транспортный стресс, тепловой стресс, фармакологические средства.

Для решения проблемы транспортного и теплового стрессов специалисты пытаются регулировать условия перевозки, обращают внимание экспертов на состояние транспортных средств и активно применяют различные фармакологические стресс-протекторы.

Транспортный стресс птицы, отягощенный тепловым, является неотъемлемым составляющим промышленного выращивания и откорма цыплят-бройлеров, который может возникнуть на следующих этапах: во время ловли, погрузки и выгрузки, а также самой транспортировки [1, 2]. Факторы, влияющие на степень стрессирования птицы: скученность, температура, резкое ускорение и торможение транспортного средства, вибрации и шум, голодание и отсутствие воды [3, 4]. В результате транспортного стресса выявляют: нарушения микрофлоры кишечника – развитие в нем патогенных бактерий, приводящих к повышению риска обсеменения тушек птицы при убое [5, 6]; потерю веса и повреждение сердца у цыплят [7], причем снижение живой массы и смертность птицы во время транспортировки коррелирует с длительностью перевозки [8]. Высокую эффективность при транспортном стрессе показало средство, разработанное группой авторов, состоящее

из витаминов, витаминоподобных веществ и микроэлементов [9]. Предпосылками для проведения исследований стали эксперименты по изучению влияния фармакологических средств на адаптационные возможности организма при предубойном стрессе цыплят-бройлеров в промышленном птицеводстве [10, 11].

**Целью работы** являлось изучение влияния комплексного транспортного и теплового стресса на организм птицы на фоне применения фармакологического средства, обладающего стресспротекторными, адаптогенными и антиоксидантными свойствами.

### **Методы исследования**

Для опытов была сформирована группа ( $n = 20$ ) цыплят-бройлеров кросса Arbor Acres, 2-недельного возраста, со средней живой массой 444,9 г. Птица содержалась на глубокой подстилке из сосновых опилок, площадь помещения 9,5 м<sup>2</sup>, объем – 18,05 м<sup>3</sup>, вентиляция естественная. Плотность посадки, фронт кормления и поения соответствовали требованиям, предъявляемым к кроссу. Кормление было сбалансированным и соответствовало требованиям кросса. Поение птицы осуществляли при помощи вакуумных поилок, кормление – при помощи бункерных кормушек.



Откорм птицы осуществляли до достижения ею средней живой массы 2628,8 г (1,9-месячный возраст). Контроль за ростом и развитием птицы осуществлялся путем индивидуального взвешивания на электронных весах. За 5 суток до воздействия стресс-фактора птица была разделена на контрольную и опытную группы по 10 голов в каждой. Птица опытной группы, помимо основного рациона, в течение 5 суток получала кормовую добавку «ПИК-Антистресс», в дозе 50 мг/кг живой массы в сутки. Птица контрольной группы получала только основной рацион. На 6-е сутки было смоделировано воздействие транспортного и теплового стрессов на организм птицы опытной и контрольной групп.

Для создания локального стресс-фактора птицу перевозили при помощи автомобильного транспорта в течение 3 часов в состоянии скученности и повышенной температуры воздуха ( $t = 30-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Перед убоем у птицы брали кровь из подкрыльцовой вены, в вакуумные пробирки с активатором свертывания. Биохимические показатели крови и химический состав мяса определяли общепринятыми методами. Статистическую обработку результатов выполняли в программе STATISTICA 12. Для статистической оценки межгрупповых отличий использовали

непараметрический U-Критерий Манна-Уитни, при уровне значимости  $p = 0,05$ .

### Результаты и обсуждение

Живая масса птицы за период эксперимента росла стабильно с среднесуточным приростом от 44,1 г на 2 день эксперимента до 54,7 г в последний день эксперимента, что свидетельствовало об отсутствии негативных факторов при выращивании.

Использование в составе комбикорма кормовой добавки «ПИК-Антистресс» оказало влияние на обменные процессы, о чем свидетельствовали результаты биохимических исследований крови птицы (табл. 1).

Уровень общего белка в сыворотке крови бройлеров опытной группы по отношению к контролю вырос на 3,6%, мочевины на 5,7%, АсАТ – на 2,1%.

Вместе с тем концентрация  $\beta$ - и  $\gamma$ -глобулинов повысилась на 1,7 и 2,6%, на фоне снижения альбуминов и  $\alpha$ -глобулинов на 2,4 и 2,0% соответственно. Содержание общих липидов в крови цыплят опытной группы выросло на 9,9%,  $\beta$ -липопротеидов на 15,7%, холестерина на 5,2% по отношению к контрольной группе. Концентрация глюкозы в крови птицы значительно снизилась в опытной группе на 14,7%. Содержание кальция и фосфора повысилось в крови

Таблица 1 – Биохимические показатели крови птицы ( $\bar{X} \pm Sx$ ;  $n = 10$ )

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Общий белок, г/л	36,19 $\pm$ 4,22	37,47 $\pm$ 4,98
Альбумины, %	44,73 $\pm$ 4,63	42,34 $\pm$ 5,28
Альфа-глобулины, %	20,14 $\pm$ 1,45	18,16 $\pm$ 2,31*
Бетта-глобулины, %	8,63 $\pm$ 1,57	10,37 $\pm$ 1,04*
Гамма-глобулины, %	26,49 $\pm$ 4,60	29,11 $\pm$ 4,33*
Мочевина, ммоль/л	0,65 $\pm$ 0,10	0,69 $\pm$ 0,19
АсАТ, ммоль/л·час	1,49 $\pm$ 0,19	1,53 $\pm$ 0,26
Общие липиды, г/л	3,71 $\pm$ 0,70	4,08 $\pm$ 0,58
Бетта-липопротеиды, мг %	120,87 $\pm$ 28,74	139,86 $\pm$ 7,58
Холестерин, ммоль/л	2,24 $\pm$ 0,38	2,35 $\pm$ 0,34
Глюкоза, ммоль/л	8,48 $\pm$ 1,33	7,23 $\pm$ 1,07*
Кальций, ммоль/л	3,14 $\pm$ 0,23	3,55 $\pm$ 0,32*
Фосфор, ммоль/л	2,32 $\pm$ 0,18	2,35 $\pm$ 0,35
Щелочной резерв, об. % $\text{CO}_2$	37,73 $\pm$ 3,40	40,30 $\pm$ 3,53

Примечание: здесь и далее \* –  $p \leq 0,05$ .



птицы опытной группы на 13,0 и 1,3% соответственно. Щелочной резерв крови птицы опытной группы был выше контроля на 6,8%.

Изменения в химическом составе мяса птицы под влиянием кормовой добавки не носили значимого характера (табл. 2).

В мясе бройлеров опытной группы содержание сухого вещества увеличилось на 0,21%, а уровень протеина, жира и зольность были незначительно ниже контроля на 0,19, 0,06 и 0,02% соответственно.

Оценка содержания тяжелых металлов в мясе позволила выявить некоторые различия в опытной и контрольной группах (табл. 3).

В белом мясе птицы опытной группы сохранилось больше железа на 7,2%, меди на 15,3, марганца на 11,1 и никеля на 9,1% и меньше, цинка на 17,2% по отношению к контрольной группе.

Изменения в аминокислотном составе мяса не носили значимый характер и были установлены на уровне тенденций (табл. 4).

Таблица 2 – Химический состав мяса, % ( $X \pm Sx$ ;  $n = 10$ )

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Сухое вещество	23,60±0,05	23,81±0,10
Сырой протеин	23,48±0,48	23,29±0,34
Сырой жир	0,32±0,05	0,26±0,04
Сырая зола	1,22±0,03	1,20±0,03

Таблица 3 – Содержание тяжелых металлов в мясе птицы, мг/кг ( $X \pm Sx$ ;  $n = 10$ )

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Железо	2,27±0,18	2,43±0,32
Медь	0,37±0,02	0,43±0,03
Цинк	5,29±0,12	4,38±0,15*
Кобальт	0,01±0,001	0,01±0,001
Свинец	0,02±0,001	0,02±0,001
Марганец	0,12±0,001	0,13±0,001*
Кадмий	0,001±0,001	0,001±0,001
Никель	0,014±0,001	0,016±0,001

Таблица 4 – Аминокислотный состав мяса птицы, мг/100 г ( $X \pm Sx$ ;  $n = 10$ )

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Аргинин	1320,00±19,32	1410,00±34,64
Лизин	1883,33±36,94	1900,00±60,11
Тирозин	726,67±11,16	730,00±40,41
Фенилаланин	1063,33±109,81	950,00±213,62
Гистидин	753,33±40,06	756,67±23,48
Лейцин+изолейцин	2530,00±45,61	2480,00±118,38
Метионин	803,33±43,26	706,67±54,20
Валин	910,00±15,92	896,67±33,93
Пролин	726,67±12,82	726,67±29,74
Треонин	1056,67±23,19	1050,00±38,12
Серин	926,67±28,36	886,67±24,31
Аланин	1760,00±39,50	1663,33±62,96
Глицин	863,33±18,01	826,67±33,13



В опытной группе отмечено снижение треонина на 0,6%, валина на 1,5%, лейцина и изолейцина на 2,0%, глицина на 4,2%, серина на 4,3%, аланина на 5,5%, фенилаланина на 10,7% и метионина на 12,0% по отношению к контрольной группе. Вместе с тем в опытной группе наблюдалось повышенное содержание гистидина на 0,4%, тирозина на 0,5%, лизина на 0,9% и аргинина на 6,8%.

Применение кормовой добавки оказало влияние на белковый, липидный и минеральный обмены. Транспортировка птицы и особенно продолжительность перевозки может значительно повлиять на содержание глюкозы в плазме крови. В научных публикациях отмечается, что содержание в крови глюкозы при короткой транспортировке увеличивалось за счет гликогенолиза, длительность же перевозки продолжительностью более 3 часов снижала уровень глюкозы, что связано с истощением резервов гликогена, находящегося в печени [12]. Повышение концентрации общего белка в крови, возможно, связано с некоторой степенью обезвоживания организма птицы в результате отсутствия воды при транспортировке, что отмечено другими авторами [13].

### Выводы

Применение кормовой добавки «ПИК-Антистресс» цыплятам-бройлерам кросса Arbor Acres в течение 5 суток в дозе 50 мг/кг массы тела в условиях комплексного воздействия транспортного и теплового стрессов статистически значимо снизило в крови птицы опытной группы содержание альфа-глобулинов на 2,0%, глюкозы на 14,7%, повысило уровень бета- и гамма-глобулинов на 1,7 и 2,6%, кальция на 13,0%. В мясе бройлеров опытной группы отмечено значимое снижение концентрации цинка на 17,2 и повышение уровня марганца на 11,1%.

### Список литературы

1. Приходько О. В., Бабкина Т. Н. Терапия транспортного стресса у голубей // Ветеринарная патология. 2015. № 3 (53). С. 49–54.
2. Харлап С. Ю., Дерхо М. А., Лоретц О. Г. Роль белков крови в реализации стрессиндуцирующего воздействия шуттелирования в организме цыплят // Аграрный вестник Урала. 2016. № 3 (145). С. 66–71.
3. Мифтахутдинов А. В. Взаимосвязь стрессовой чувствительности кур и развития

адаптационных реакций в условиях промышленного содержания // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 9 (83). С. 65–68.

4. Мифтахутдинов А. В. Стресс-чувствительность кур и методы ее оценки // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2011. № 3 (11). С. 31–38.

5. Influence of stressors on normal intestinal microbiota, intestinal morphology and susceptibility to Salmonella enteritidis colonization in broilers / K. M. Burkholder [et al.] // Poultry Science. 2009. Vol. 87. P. 1734–1741. DOI: 10.3382/ps.2008-00107.

6. Журавель Н. А. Организация производственного ветеринарно-санитарного контроля при выращивании бройлеров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2015. Т. 224. С. 53–57.

7. Transport stress induces weight loss and heart injury in chicks: disruption of ionic homeostasis via modulating ion transporting ATPases / Z. Y. Li [et al.] // Oncotarget. 2017. Vol. 8. № 15. P. 24142–24153. DOI: 10.18632/oncotarget.15903.

8. The effect of management of transport and lairage conditions on broiler chicken breast meat quality and DOA (Death on Arrival) / A. Oba [et al.] // Brazilian Archives of Biology and Technology. 2009. Vol. 52. № 2. P. 205–211. DOI: 10.1590/S1516-89132009000700026.

9. Пат. № 2580761 Российская Федерация. Средство для профилактики стресса у кур / А. В. Мифтахутдинов [и др.]. № 2015115387/15 : заявл. 23.04.2015 ; опубл. 10.04.2016.

10. Miftakhutdinov A. V., Saifulmulyukov E. R., Nogovitsina E. A. Alleviation of technological stresses by a feed supplement // Agronomy Research. 2021. Vol. 19. № 2. P. 552–561. DOI: 10.15159/AR.21.039.

11. Miftakhutdinov A. V., Saifulmulyukov E. R., Nogovitsina E. A. Safety monitoring of broiler chicken meat when correcting pre-slaughter stress using feed supplement PIK-Antistress // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. This link is disabled. 2021. Vol. 624. № 1. P. 012175. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012175.

12. Transport stress in broilers: I. Blood metabolism, glycolytic potential, and meat quality / L. Zhang [et al.] // Poultry science. 2009. Vol. 88. P. 2033–2468. DOI: 10.3382/ps.2009-00128.

13. The changes of the body weight and some blood parameters of Pekin ducklings dependent on transportation duration / Z. Erisir [et al.] // Journal of Animal and Veterinary Advances. 2008. Vol. 7. P. 1190–1195.

---

**Сайфульмулюков Эрнест Раисович**, канд. ветеринар. наук, доцент, доцент кафедры инфекционных болезней и ветеринарно-санитарной экспертизы, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: ernest\_saif@mail.ru.

**Мифтахутдинов Алевтин Викторович**, д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой морфологии, физиологии и фармакологии, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: nirugavm@mail.ru.

**Ноговицина Елена Александровна**, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры морфологии, физиологии и фармакологии, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: madzuga74@mail.ru.

**Ребезов Максим Борисович**, д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» Российской академии наук.

E-mail: rebezov@ya.ru.

\* \* \*

---

---

## ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

### STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCE

---

---

УДК 637.521.004.12

#### КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЛУФАБРИКАТА РУБЛЕННОГО МЯСОСОДЕРЖАЩЕГО СО ЖМЫХОМ КЕДРОВОГО ОРЕХА (СЕМЯН *PINUS SIBIRICA*)

**Б. А. Идырышев, А. Н. Нургазезова, М. Б. Ребезов, С. К. Касымов,  
А. В. Мифтахутдинов, Ж. М. Атамбаева**

Мясная промышленность является важной отраслью в производстве продуктов питания. В пищевом производстве очень большое место занимает мясоперерабатывающая отрасль. Международный рынок мясной продукции динамично развивается и переживает устойчивый процесс роста. Обеспечение населения высококачественными продуктами питания является одним из основных положений Концепции государственной политики в области здоровья населения Республики Казахстан и Российской Федерации. В статье представлены результаты исследования химического состава жмыха, полученного двумя различными методами из жмыха кедрового ореха (семян сосны сибирской), произрастающего в восточном регионе Республики Казахстан. Исследовано и проанализировано влияние жмыха кедрового ореха на качественные показатели образцов, включенных в состав мясосодержащего полуфабриката в различных комбинациях. Авторами исследован минеральный состав мясосодержащего полуфабриката со жмыхом кедрового ореха. Представлены результаты исследований по пищевой безопасности разработанного перспективного мясосодержащего продукта.

*Ключевые слова:* жмых кедрового ореха, функциональный продукт, показатели безопасности, мясной полуфабрикат.

Производство мясной продукции функциональной направленности является новым перспективным направлением для современной мясоперерабатывающей отрасли [1]. Функциональные мясные продукты положительно влияют на здоровье человека, повышают его устойчивость к заболеваниям и способны улучшить многие физиологические процессы в организме человека [2]. Эти продукты предназначены для многих групп потребителей и являются самым простым видом пищи. Их можно и нужно употреблять регулярно, как часть нормальной диеты [3].

Разработка функциональных мясных продуктов имеет свои особенности, так как в процессе технологической обработки сырья необходимо поддерживать биологическую активность смеси и не ухудшать качественные показатели готовой продукции. При выборе смесей особое внимание уделяется их безопасности, при этом учитывается суточное содержание ве-

ществ в продуктах и его влияние на организм человека [4, 5].

В качестве ценного природного компонента для решения пищевых и экологических проблем широко используется вторичное сырье растительного происхождения. Это сырье используется в пищевой и кормовой промышленности в качестве источника белков, углеводов и ряда биологически активных веществ. Белковые концентраты получают путем переработки богатых белком зерен [6–8].

Использование в мясных полуфабрикатах различных растительных компонентов приводит к обогащению продукта растительным белком, а также необходимыми организму витаминами, макро- и микроэлементами. Полуфабрикаты из мяса с использованием этого вида сырья являются одним из самых перспективных методов производства [9–13].

При выборе смесей особое внимание уделяется их безопасности, при этом учитывается

суточное содержание веществ в продуктах и его влияние на организм человека [14–16].

В кедровом зерне до 64% приходится на масло, а 36% – на остальные элементы. В свою очередь жмых кедрового ореха содержит до 55% легкоусвояемых белков, до 25% кедрового масла и до 20% пищевых волокон и других элементов. Поэтому с уверенностью можно назвать жмых кедрового ореха уникальным продуктом, богатым белком и витаминами [17]. Одним из таких видов сырья является кедр сибирский (*Pinus sibirica du tour*), произрастающий в Восточно-Казахстанской области и на большей части территории Сибири и Дальнего Востока России.

Кедр (лат. *Pinus sibirica*) – высокое хвойное дерево, относящееся к семейству сосновых. В Казахстане есть только один вид кедра сибирского, который произрастает в горах Алтая, Тарбагатая и Сауыра. Его высота около 30 м, диаметр ствола 175 см. В августе-сентябре вместе с бутонами созревают плоды. Зерно желтоватое, с темными прожилками. Через 15–20 лет начинает плодоносить, срок жизни 300–500 лет. Распространение: Кедр сибирский – быстрорастущий, светолюбивый, устойчивый к холоду, жаре и сильным ветрам, поэтому его выращивают как лесное дерево в Северном и Восточном Казахстане [18].

После отжима масла из кедрового зерна остается полезный и высокоценный продукт – кедровый жмых. После процесса отжима масла в жмыхе остается большое количество полезных веществ и витаминов. При этом остается 15–25% жира.

Внешний вид жмыха напоминает тонкие хлопья зерна, а если перемолоть, то обычную муку. Вкус слегка смолистый, сладкий и с легкой горчинкой. По вкусовым свойствам напоминает сухие кедровые семена. Причина кроется в том, что масло выжимается в больших количествах. Кроме того, при отжиге состав жмых кедрового ореха теряет часть сахарозы.

В составе жмыха кедрового ореха содержится 17 незаменимых аминокислот, которые участвуют в процессе обмена веществ в организме человека. В том числе и самые дефицитные аминокислоты: лизин, метионин, триптофан и т.д. Для человеческого организма польза от всех этих веществ огромна: они помогают поддерживать и формировать иммунитет, обладают и антихолестериновыми функциями.

Кроме того, жмых кедрового ореха содержит макро- и микроэлементы, полисахариды и витамины группы А, Е, Р, D и В. Минеральный состав также очень богат: в нем содержится большое количество калия, магния, фосфора, меди, цинка и йода [19].



Рис. 1. Процесс производства жмыха кедрового ореха



### Материалы и используемые методы

В качестве объекта исследования научной работы были взяты виды жмыха, полученные методами отжима масла и термической экстракции из зерна кедрового ореха, произрастающего в Восточно-Казахстанской области.

Мясной полуфабрикат с добавлением жмыха кедрового ореха создан на основе разработанной рецептуры и технологии [20].

Содержание массовой доли влаги и жира; зольности в жмыхе кедрового ореха определяли по стандартам ГОСТ 34159-2017.

Массовую долю белка в жмыхе кедрового ореха определяли по ГОСТ 13496.4-93.

Органолептические показатели продукции мясного полуфабриката определены по ГОСТ 9959-2015.

Технология получения жмыха кедрового ореха выполнена на электрическом маслопрессовом оборудовании DREAM MODERN ODM-01 в лабораторных условиях (рис. 1).

### Результаты исследований и их обсуждение

Изучен химический состав продуктов жмыха кедрового ореха, полученных методами отжима масла из кедрового ореха и термической экстракции. Результаты исследования представлены на рисунке 2.

По результатам исследований видно, что жмых, полученный методом холодного отжима

масла кедрового ореха, содержит большое количество белка и углеводов. Это в свою очередь свидетельствует о высокой пищевой ценности кедрового жмыха. Кроме того, низкое содержание жира в жмыхе кедрового ореха, полученном методом холодного отжима масла, позволяет нам более широко использовать при разработке комбинированных рецептур мясных и мясосодержащих продуктов, которые соответствуют общемировым тенденциям нутрициологии. В таблице 1 представлен аминокислотный состав жмыха кедрового ореха, полученный различными методами.

Было отмечено, что жмых кедрового ореха, полученный методом холодного прессования, имеет высокое содержание незаменимых аминокислот: фенилаланина, лейцина+изолейцина, треонина, триптофана, валина.

Коллективом исследователей предложена рецептура и модернизирована технология мясных полуфабрикатов со жмыхом, полученных холодным прессованием масла из зерна кедрового ореха [12].

Органолептические показатели мясных полуфабрикатов оценивались по 5-балльной системе. Балльная система предусматривает классификацию продукции по группам, даже если каждая группа имеет максимальную группу баллов. Оценка производится с точностью, если в качестве основы выбран стандартный образец



Рис. 2. Химический состав жмыха кедрового ореха

(контроль) с известными суммами баллов. Неоднократно проводилась исследовательская работа, позволяющая рассчитать конечную сумму баллов как среднее значение для всесторонней оценки исследуемого разработанного полуфабриката.

Органолептические показатели мясного полуфабриката с добавлением различного количества жмыха кедрового ореха (1 образец – 5%, 2 образец – 10%, 3 образец – 15%, 4 образец – 20%, 5 образец – 25%,) приведены в таблице 2.

При органолептической оценке оценивались такие свойства, как внешний вид, товарный вид и цвет на разрезе, запах, консистенция, вкус, сочность. Наиболее высокие показатели были у мясосодержащего полуфабриката опытного образца с добавлением 10% жмыха кедрового ореха. Органолептические показатели опытных образцов с добавлением 20% и 25% жмыха, полученного холодным отжимом масла из зерна кедрового ореха, были низкими. Основная при-

Таблица 1 – Аминокислотный состав жмыха кедрового ореха

Название аминокислот	Фактически получено		
	Жмых, полученный методом холодного отжима масла	Жмых, полученный в результате термической экстракции	Единица измерения
Фенилаланин	7,61±0,38	7,24±0,36	г/100 г
Лейцин + Изолейцин	16,67±0,84	15,55±0,80	г/100 г
Лизин	6,10±0,36	6,85±0,34	г/100 г
Треонин	3,65±0,19	2,51±0,18	г/100 г
Валин	4,14±0,20	4,03±0,20	г/100 г
Метионин	2,24±0,12	2,31±0,10	г/100 г
Триптофан	2,03±0,05	1,20±0,06	г/100 г
Аргинин	14,12±0,70	13,20±0,67	г/100 г
Глутаминовая кислота	10,06±0,50	11,33±0,57	г/100 г
Серин	6,58±0,33	6,76±0,34	г/100 г
Пролин	5,25±0,26	5,45±0,27	г/100 г
Аланин	5,22±0,26	5,22±0,27	г/100 г
Глицин	4,71±0,24	4,95±0,24	г/100 г
Аспарагиновая кислота	4,42±0,22	4,52±0,22	г/100 г
Тирозин	3,14±0,17	3,07±0,16	г/100 г
Гистидин	2,64±0,13	4,34±0,13	г/100 г
Цистин	1,42±0,07	1,47±0,07	г/100 г

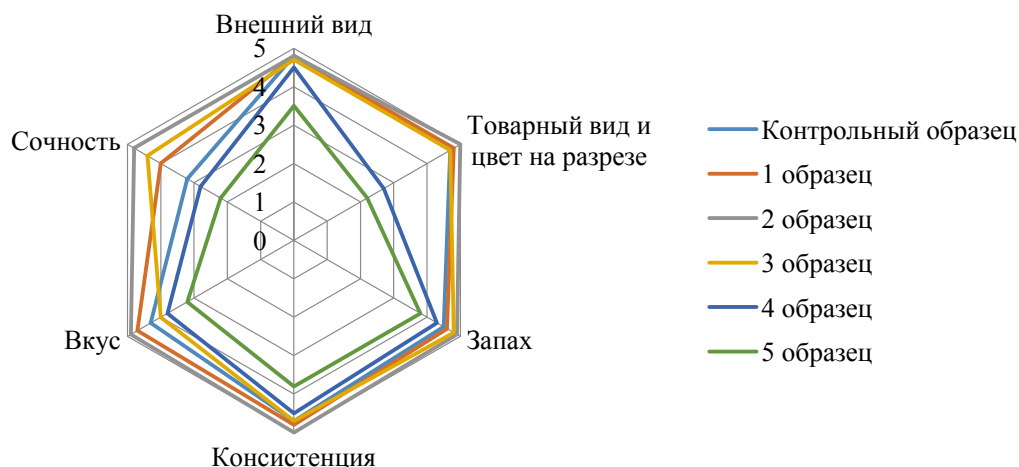


Рис. 3. Органолептические показатели разработанных мясных полуфабрикатов с добавлением жмыха кедрового ореха



чина низкой оценки этих образцов объясняется сильным выражением специфического запаха и вкуса жмыха кедрового ореха.

Содержание макро- и микроэлементов в составе мясного полуфабриката с добавлением жмыха кедрового ореха (№ 2 образец) представлено ниже в таблице 2.

Результаты исследования показали, что мясной полуфабрикат с добавлением жмыха кедрового ореха удовлетворяет содержанию магния и железа более 15% суточной нормы, необходимой для организма человека.

В результате исследований мясного полуфабриката с добавлением жмыха кедрового ореха не обнаружено токсических веществ – свинца, мышьяка, кадмия, ртути; не обнаружены гексахлорциклогексан ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -изомеры), ДДТ (дихлордифенил трихлорметилметан) и его метоболиты, кислота 2.4-Д, ее соли, эфиры; содержание цезия-137 было ниже допустимого.

Результаты исследования представлены в таблице 3.

Таким образом, в ходе проведенных исследований выяснилось, что применение жмыха кедрового ореха (семян сосны сибирской) в технологии мясосодержащего полуфабриката положительно влияет на качественные показатели готовой продукции. Имеются основания дальнейшего изучения по разработке функциональных продуктов питания с использованием в качестве компонента жмыха кедрового ореха (семян сосны сибирской).

### Список литературы

1. Патентный поиск при проектировании функциональных продуктов питания / М. Б. Ребезов [и др.] // Научное обеспечение инновационного развития животноводства : сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практ. конференции. Жодино, 2013. С. 435–436.
2. Особенности оценки мясной продукции биокорректирующего действия / Д. Р. Тазеддинова, М. Б. Ребезов, Л. С. Прохасько, Е. А. Цыбина // Научный диалог: молодой ученый : сб. науч.

Таблица 2 – Минеральный состав мясных полуфабрикатов с жмыхом кедрового ореха

Наименование показателей, размер	Мясной полуфабрикат мг/100 г	Суточная потребность норма, мг	Суточная потребность удовл., %
Макроэлементы			
Кальций (Ca)	75,30±15,06	1000	7,53
Магний (Mg)	100,40±20,08	400	25,1
Микроэлементы			
Железо (Fe)	2,78±0,56	14	19,8
Цинк (Zn)	0,948±0,27	12	7,9

Таблица 3 – Показатели безопасности мясного полуфабриката с жмыхом кедрового ореха

№	Наименование показателей, ед. изм.	НД на методы исследований	Нормы по НД	Фактически получено
1	Токсичные элементы, мг/кг, не более: Свинец Мышьяк Кадмий Ртуть	ГОСТ 26932 ГОСТ 26930 ГОСТ 26933 ГОСТ 26927	0,5 0,1 0,05 0,03	Не обнаружено Не обнаружено Не обнаружено Не обнаружено
2	Пестициды, мг/кг, не более: Гексахлорциклогексан ( $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ -изомеры) ДДТ и его метоболиты	ГОСТ 32308-2013	0,1 0,1	Не обнаружено Не обнаружено
3	Антибиотики, мг/кг, не более: левомецетин тетрациклиновая группа	ГОСТ ISO 13493-2014 ГОСТ 31694-2012	Не допускается Не допускается	Не обнаружено Не обнаружено
4	Радионуклиды Бк/кг, не более: Цезий-137	ГОСТ 32161-2013	200	5,9



тр. по матер. XI Междунар. науч. конф. / Международная научно-исследовательская Федерация «Общественная наука». 2017. С. 42–45.

3. Role of calcium, magnesium and phosphorous in human body / E. Okuskhanova [et al.] // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. Т. 9. № 6. С. 258–261.

4. Улучшение химического состава мышечной и жировой ткани / А. В. Ильтяков, И. Н. Миколайчик, Л. А. Морозова, Е. С. Ступина // *Вестник биотехнологии*. 2015. № 2 (4). С. 4.

5. Функционально-технологические свойства комплекса животных белков / Л. С. Кудряшов, О. А. Кудряшова, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. : Пищевые и биотехнологии*. 2017. Т. 5. № 2. С. 17–24.

6. Исследование функционально-технологических характеристик модельных фаршевых систем, обогащенных пищевыми волокнами / В. В. Прянишников [и др.] // *Инновационные пути в разработке ресурсосберегающих технологий хранения и переработки сельскохозяйственной продукции : матер. Всерос. науч.-практ. конф. (6 апреля)*. Курган : Изд-во Курганская ГСХА, 2017. С. 142–148.

7. Морозова Л. А., Миколайчик И. Н. Современные аспекты совершенствования технологии сырокопченых колбас с использованием пищевых волокон // *Инновационные направления и разработки для эффективного сельскохозяйственного производства : матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти члена-корр. РАН В.И. Левахина (27–28 октября)*. Оренбург, 2016. С. 130–133.

8. Применение арабиногалактана при производстве колбасных изделий из мясного сырья с отклонениями в процессе автолиза / А. А. Ногина [и др.] // *АПК России*. 2017. Т. 24. № 1. С. 160–164.

9. Мотовилов О. К., Морозов А. И., Гергардт О. С. Использование кедрового жмыха в технологии колбасных изделий из мяса кур механической обвалки: оценка качества // *Новые технологии*. 2010. № 4. С. 38–41.

10. Гуринович Г. В., Субботина М. А., Гаргаева А. Г. Мясной паштет с кедровым жмыхом улучшенного жирнокислотного состава // *Мясная индустрия*. 2015. № 1. С. 22–24.

11. Лю Я. Разработка рецептур полуфабрикатов с использованием порошка из кедрового жмыха // *Вестник КрасГАУ*. 2016. № 3 (114). С. 180–187.

12. Хантургаева В. А., Хамаганова И. В. Изучение химического состава кедрового жмыха для создания продуктов здорового питания // *Международная науч.-практ. конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова*. 2018. № 1. С. 280–281.

13. Иванова И. В., Ратушный А. С. Использование жмыха кедрового ореха при производстве функциональных продуктов питания // *Наука и Образование*. 2020. Т. 3. № 2. С. 331.

14. Control by the accuracy of the results of studies for the cadmium content in samples applying the microwave laboratory system PLP-01M / L. N. Tretyak [et al.] // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall., Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. С. 12183.

15. Application of the PLP-01M microwave laboratory system using control samples to assess the accuracy of the results of studies of cadmium content / N. N. Maksimiuk [et al.] // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall., Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. С. 12186.

16. Evaluation of the use of the PLP-01M microwave laboratory system using working samples to control the accuracy of the results of examining product samples for lead content / M. B. Rebezov [et al.] // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall., Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. С. 12191.

17. Гиро Т. М., Чиркова О. И. Мясные продукты с растительными ингредиентами для функционального питания // *Мясная индустрия*. 2007. № 1. С. 43–46.

18. Nutritive and biological value of sea buckthorn grown in east Kazakhstan region and its beneficial effects to human health / A. Kassenov [et al.] // *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2019. № 11 (1). P. 754–757.

19. Effects of *Boswellia Serrata* and Whey Protein Powders on Physicochemical Properties of Pork Patties / F. Yang [et al.] // *Foods*. 2020. № 9 (3). P. 334. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9030334>.



20. Пат. Республики Казахстан № 5165 А23L 13/60 (2006.01). Композиция для получения мясорастительных котлет функционального назначения / Б. А. Идырышев [и др.]. № 2020/0374.2 ; заявл. 17.07.2020.

**Идырышев Берік Арыстанбекұлы**, магистр техн. наук, преподаватель кафедры «Технология пищевых производств и биотехнология», Некоммерческое акционерное общество «Университет имени Шакарима города Семей» Министерства образования и науки Республики Казахстан.  
E-mail: B\_1991@mail.ru.

**Нургазезова Алмагул Нургазезовна**, канд. техн. наук, ассорц. профессор кафедры «Технология пищевых производств и биотехнология», Некоммерческое акционерное общество «Университет имени Шакарима города Семей» Министерства образования и науки Республики Казахстан.  
E-mail: almanya1975@mail.ru.

**Ребезов Максим Борисович**, д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» Российской академии наук.  
E-mail: rebezov@ya.ru.

**Касымов Самат Кайратович**, канд. техн. наук, ассорц. профессор кафедры «Технология пищевых производств и биотехнология», Некоммерческое акционерное общество «Университет имени Шакарима города Семей» Министерства образования и науки Республики Казахстан.  
E-mail: samat-kasymov@mail.ru.

**Мифтахутдинов Алевтин Викторович**, д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой морфологии, физиологии и фармакологии, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.  
E-mail: nirugavm@mail.ru.

**Атамбаева Жибек Манаповна**, магистр техн. наук, преподаватель кафедры «Технология пищевых производств и биотехнология», Некоммерческое акционерное общество «Университет имени Шакарима города Семей» Министерства образования и науки Республики Казахстан.  
E-mail: zh.atambayeva@mail.ru.

\* \* \*

## МЯСО КОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СТРАТЕГИЧЕСКИЙ РЕЗЕРВ ПРОИЗВОДСТВА МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ МАССОВОГО И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**В. Г. Шелепов, В. А. Углов, Е. В. Бородай, В. М. Позняковский**

В настоящее время проблема использования нетрадиционного мясного сырья остается актуальной, учитывая перспективу развития производства говядины и свинины. Эта проблема может быть частично решена за счет рационального применения: оленины, мяса яков, лося, различных гибридов (хайнаки, например), маралов, кроликов, страусов, боровой дичи, а также овцебыка, поголовье которого растет на Крайнем Севере. Цель исследования – сравнительное изучение биохимических и физико-химических показателей мяса оленей, лося и овцебыка, обитающих в районах Енисейского Севера, и обоснование рецептур по производству специализированной мясной продукции в качестве полноценного белка. Готовые мясопродукты сочетают в себе свойства мяса и растительные компоненты, обладающие комплексом биологически активных веществ. Установлена высокая биологическая и пищевая ценность мяса этих животных по величине белково-качественного показателя, содержанию витаминов Е, группы В, микро- и макроэлементов. Исследования выполнены на базе НИИСХ Крайнего Севера. Научная новизна работы состоит в получении новых данных о пищевой ценности и качестве мяса аборигенных животных. В работе использованы общепринятые и специальные методы исследований. Полученные результаты обработаны методом математической статистики с привлечением компьютерного моделирования.

*Ключевые слова:* мясо копытных животных, белково-качественный показатель, аминокислоты, витамины, макроэлементы, микроэлементы.

Результаты широких эпидемиологических исследований и организованного в последние годы мониторинга пищевого статуса убедительно показывают, что в силу имеющихся проблем структура питания населения Крайнего Севера, в том числе и детей, характеризуется серьезными нарушениями. Результатом является возникновение алиментарных заболеваний, снижение работоспособности, сокращение продолжительности жизни, что в целом приводит к неоправданным социальным и экономическим потерям. По данным ВОЗ, здоровье и физическое развитие населения на 70% зависят от фактора питания [1].

Наиболее эффективным и быстрым путем улучшения рациона и ликвидации дефицита микронутриентов может стать использование местных сырьевых ресурсов, в рамках создания аборигенного метаболического типа питания [2, 3, 4, 5].

Одним из направлений является обогащение продуктов питания функциональными ингредиентами. С их помощью можно регулировать поступление в организм человека необходимых эссенциальных веществ [6, 7].

Немаловажное значение приобретает производство комбинированных мясопродуктов из мяса аборигенных животных с добавками растительного сырья, обладающими высокими потребительскими свойствами [8, 9, 10, 11].

### **Объекты и методы исследования**

Объектом исследования служили мясо копытных животных различных половозрастных групп и образцы мясопродуктов функциональной направленности. Изучали массовую долю влаги по ГОСТ 23042-86, массовую долю белка – методом Кьельдаля по данным определения азота ГОСТ 25011-81, минеральный состав – методом масс-спектрометрии. При определении аминокислотного состава использовали аминокислотный анализатор Hitachi L-8800 и Hitachi-835, содержание химически чистого жира проводили в аппаратах Сокслета по ГОСТ 23042-86, жирнокислотный состав сырья исследовали методом газожидкостной хроматографии, витаминов – методом инфракрасной спектроскопии. Бактерии группы кишечной палочки анализировали по ГОСТ Р 52816-2007, сальмонеллы – по ГОСТ Р 50480-93. Микро-



структурные показатели мяса получены с помощью микроскопа «Stereo discovery V8». Снимки выполнены с использованием компьютерной видеосистемы с помощью объективов фирмы «Цейс» с увеличением в 192 раза.

### Результаты и их обсуждение

На первом этапе выполнены исследования аминокислотного, витаминного и минерального состава мясного сырья. На втором – раз-

работаны технологии производства колбасных изделий.

Одним из критериев оценки пищевой ценности продукции является величина качественного белкового показателя (КБП) – отношение количества триптофана к оксипролину. Этот метод позволяет определить соотношение мышечных и соединительно-тканых белков. Данные по КБП мяса копытных животных приведены на рисунке 1.

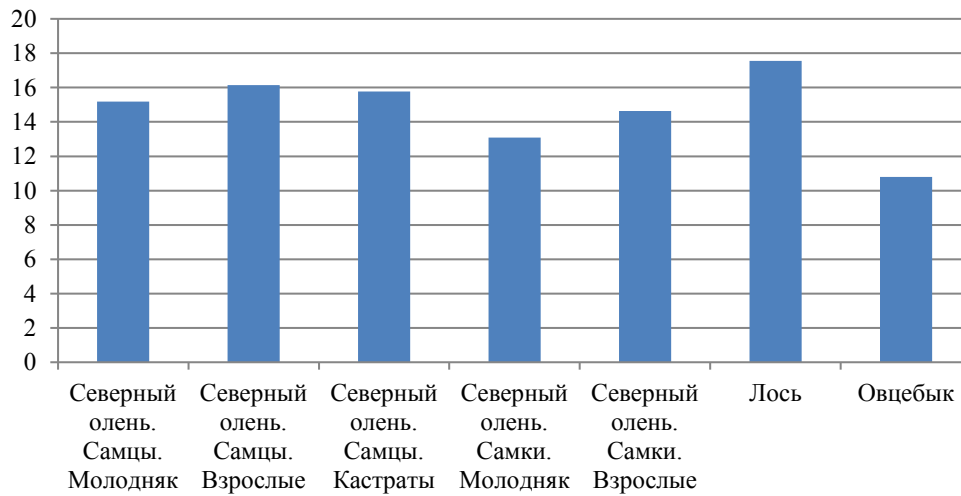


Рис. 1. Качественный белковый показатель мяса, г/100 г продукта

Таблица 1 – Аминокислотный состав мяса различных половозрастных групп домашнего северного оленя

Аминокислота	Телята		молодняк		Взрослые		
	самец	самка	самец	самка	самка	самец	кастраты
Триптофан	0,71±0,03	0,75±0,01	0,72±0,01	0,79±0,02	0,79±0,02	0,84±0,01	0,82
Оксипролин	0,052±0,006	0,052±0,008	0,055±0,01	0,052±0,004	0,054±0,01	0,052±0,01	0,052
Изолейцин	3,87±0,11	3,85±0,10	3,92±0,16	3,85±0,08	3,36±0,19	3,94±0,07	3,89
Треонин	3,20±0,06	3,30±0,07	3,14±0,05	3,19±0,05	3,11±0,06	3,29±0,05	3,23
Серин	2,38±0,03	2,33±0,05	2,51±0,03	2,36±0,02	2,49±0,07	2,33±0,03	2,41
Глицин	3,75±0,03	3,66±0,05	4,03±0,05	3,74±0,03	3,83±0,07	3,66±0,04	3,73
Аланин	3,16±0,12	3,19±0,04	3,47±0,05	3,12±0,09	3,38±0,07	3,17±0,03	-
Валин	4,33±0,06	4,20±0,07	4,55±0,07	4,32±0,05	4,46±0,10	4,23±0,07	4,32
Метионин	1,35±0,03	1,36±0,02	1,31±0,02	1,33±0,02	1,34±0,04	1,36±0,01	1,35
Метион. + цистин	2,48±0,05	2,53±0,04	2,45±0,04	2,49±0,04	2,44±0,05	2,54±0,03	2,49
Лейцин	6,81±0,54	7,32±0,16	7,96±0,11	6,84±0,42	7,88±0,17	7,30±0,13	7,99
Глутамин	6,82±0,07	6,63±0,14	7,19±0,11	6,81±0,06	6,98±0,16	6,69±0,10	6,76
Пролин	3,89±0,11	3,67±0,17	3,86±0,16	3,84±0,09	4,18±0,24	3,55±0,12	3,87
Фенилаланин	3,47±0,05	3,37±0,07	3,68±0,06	3,46±0,04	3,56±0,09	3,35±0,04	3,52
Лизин	4,69±0,08	4,76±0,05	4,64±0,06	4,68±0,07	4,69±0,08	4,75±0,04	4,72
Аргинин	4,16±0,25	4,28±0,11	4,46±0,07	4,59±0,19	4,26±0,14	4,27±0,08	4,25
Незаменимые	30,91±0,59	31,45±0,45	32,37±0,13	30,95±0,43	31,63±0,44	31,60±0,22	32,33
Заменимые	24,68±0,30	24,27±0,38	26,07±0,27	24,98±0,23	25,66±0,37	24,19±0,27	24,82
Сумма аминокислот	55,59±0,70	55,72±0,81	58,44±0,23	55,93±0,53	57,29±0,79	55,79±0,49	57,15

Обращает внимание более высокий уровень КБП в мясе лося. Возможно, это связано с особенностями питания этого вида животных.

В таблице 1 представлена характеристика мяса северного оленя.

Проведенными исследованиями установлено, что из 8 незаменимых аминокислот в мясе молодняка самок содержится 5 кислот, молодых самцов – 5, взрослых самцов – 7, самок – 5 и быков кастратов – 6. По содержанию незаменимых аминокислот мясо домашнего северного оленя можно отнести к сбалансированному виду мясного сырья.

Известно, что триптофан превращается в организме в биологически активные соединения, содержащие кольцо индола, – триптамин, серотонин, адренохром и кольцо пиридина – никотиновую кислоту (витамин РР). Триптофан используется при заболеваниях сердца, для кон-

троля над массой тела, уменьшения аппетита, помогает при мигренозных приступах, способствует уменьшению вредного воздействия никотина. Фенилаланин окисляется в организме в тирозин. Данные аминокислоты являются субстратами для синтеза гормонов тироксина, адреналина и норадреналина. Фенилаланин принимает участие в синтезе коллагена и соединительной ткани, улучшает память, внимание, функционирование кровеносной сети, способствует образованию инсулина. Серосодержащие аминокислоты необходимы в организме в качестве биологически активных соединений, являясь субстратом для синтеза глутатиона, инсулина, липоевой кислоты, витамин В<sub>1</sub> и ряда ферментов.

Проведены исследования жирнокислотного, витаминного и минерального состава мяса северного оленя (табл. 2–4).

Таблица 2 – Содержание жирных кислот в мясе северного оленя по половозрастным группам

Показатели	Телята		Молодняк		Взрослые	
	самец	самка	самец	самка	самец	самка
Лауриновая	1,10±0,04	1,14±0,04	1,11±0,03	1,1±0,03	1,14±0,03	1,08±0,03
Миристиновая	0,06±0,003	0,06±0,004	0,05±0,01	0,06±0,01	0,06±0,01	0,06±0,01
Пальмитиновая	2,26±0,05	2,28±0,09	2,12±0,03	2,18±0,05	2,28±0,06	2,25±0,04
Пальмитоолеиновая	0,81±0,01	0,80±0,02	0,90±0,01	0,88±0,03	0,80±0,01	0,80±0,01
Стеариновая	5,62±0,09	5,37±0,19	5,42±0,12	5,30±0,09	5,34±0,15	5,58±0,07
Олеиновая	4,55±0,04	4,53±0,03	4,59±0,02	4,59±0,02	4,53±0,02	4,54±0,02
Линолевая	0,83±0,03	0,83±0,07	0,81±0,03	0,70±0,04	0,83±0,05	0,81±0,02
Линоленовая	0,15±0,004	0,15±0,01	0,16±0,02	0,14±0,01	0,15±0,01	0,15±0,01
Арахидовая	0,07±0,001	0,07±0,003	0,06±0,01	0,07±0,01	0,07±0,01	0,07±0,01
Насыщенные	7,65±0,07	7,44±0,17	8,76±0,09	8,73±0,10	8,90±0,11	9,04±0,07
Ненасыщенные	7,78±0,03	7,79±0,05	6,46±0,04	6,32±0,05	6,32±0,06	6,30±0,03
Сумма кислот	15,44±0,09	15,23±0,20	15,23±0,12	15,04±0,10	15,21±0,15	15,33±0,09

Таблица 3 – Содержание витаминов в мясе различных половозрастных групп домашнего северного оленя

Показатели	Телята		Молодняк		Взрослые		
	самец	самка	самец	самка	самка	самец	кастраты
Е, мг/кг	5,41±0,14	5,52±0,09	5,62±0,07	5,23±0,10	5,79±0,10	5,50±0,06	5,55±0,09
В <sub>1</sub> , мг/кг	1,16±0,03	1,19±0,02	1,23±0,01	1,18±0,02	1,24±0,02	1,18±0,01	1,12±0,03
В <sub>2</sub> , мг/кг	1,67±0,04	1,74±0,03	1,81±0,02	1,71±0,03	1,91±0,03	1,72±0,02	1,79±0,04
В <sub>3</sub> , мг/кг	5,04±0,11	5,08±0,08	5,17±0,05	4,96±0,08	5,30±0,09	5,8±0,05	5,12±0,11
В <sub>5</sub> , мг/кг	56,22±1,27	55,02±2,12	59,11±0,57	55,57±0,92	59,45±1,10	55,57±1,42	57,98±1,21
В <sub>6</sub> , мг/кг	2,25±0,06	2,27±0,04	2,45±0,06	2,31±0,04	2,38±0,04	2,56±0,03	2,32±0,07
В <sub>12</sub> , мкг/кг	26,87±0,70	27,31±0,44	28,69±0,20	26,64±0,50	29,43±0,45	28,09±0,33	29,12±0,32



Результаты исследования показали, что разница между взрослыми и молодыми самцами по содержанию ненасыщенных, насыщенных и отношению между жирными кислотами составила в пользу мяса молодых самцов 0,14 и 0,03% соответственно. Между самками разница в содержании ненасыщенных кислот и их отношением была незначительна и составила 0,02%. Установлено значительное содержание насыщенных кислот (0,31%) у молодых самок ( $P < 0,01$ ).

Из полученных данных следует, что мясо достаточно хорошо сбалансировано по количеству витаминов. При сравнении половозрастных групп видно, что в молодом возрасте преобладание витаминов выявлено в мясе самок, с возрастом содержание их увеличивается.

Проведенные исследования свидетельствуют, что с возрастом животных отмечается

увеличение содержания в мясе макро- и микроэлементов, преобладают образцы мяса, полученные от самцов.

Доминирующее место в мясе лосося занимают: фосфор, калий, и натрий. Фосфор участвует в обмене веществ, находясь в составе органических соединений в фосфолипидах, нуклеотидах, фосфопротеидах, поддерживает кислотно-щелочное равновесие в организме. Калий и натрий являются элементами ретикуло-эндотелиальной системы, которые включаются в гидратный слой кристаллов костной ткани, играют важную роль в поддержании осмотического давления крови. Из микроэлементов отмечается значительное содержание железа. Известно, что оно входит в состав гемоглобина и способствует переносу кислорода от легких к тканям, выполняет каталитическую функцию, участвуя в окислительно-восстановительных

Таблица 4 – Минеральный состав мяса различных половозрастных групп домашнего северного оленя

Показатели	Телята		Молодняк		Взрослые		
	самец	самка	самец	самка	самка	самец	кастраты
Кальций, %	0,13±0,04	0,15±0,02	0,15±0,04	0,12±0,02	0,13±0,03	0,22±0,08	0,17±0,05
Фосфор, %	0,78±0,03	0,79±0,05	0,70±0,11	0,77±0,03	0,66±0,09	0,73±0,02	0,70±0,12
Калий, г/кг	12,95±0,62	13,12±0,45	11,63±0,38	13,51±0,43	12,71±0,42	13,92±0,33	12,82±0,44
Натрий, г/кг	2,83±0,15	2,86±0,15	2,67±0,15	2,75±0,11	2,76±0,12	2,83±0,06	2,79±0,11
Магний, мг/кг	1,25±0,07	1,23±0,11	1,18±0,13	1,25±0,12	1,17±0,11	1,23±0,06	1,19±0,11
Железо, мг/кг	183,25±18,12	255,25±46,61	161,67±12,65	178,5±13,8	187,92±16,97	191,4±15,8	189,21±13,12
Марганец, мг/кг	2,25±0,36	2,39±0,23	1,87±0,19	2,22±0,29	2,63±0,42	2,37±0,30	246±0,17
Медь, мг/кг	5,43±0,87	5,36±0,75	4,03±0,47	4,91±0,65	5,47±0,50	5,16±0,58	5,33±0,41
Цинк, мг/кг	99,59±10,34	99,13±11,11	86,25±9,51	96,73±8,21	103,50±8,46	109,67±8,81	106,20±7,23

Таблица 5 – Аминокислотный состав мяса лосося Таймырской популяции

Аминокислота	Кол-во, г/100 г	Аминокислота	Кол-во, г/100 г
Триптофан	0,79	Метионин + цистин	2,67
Оксипролин	0,045	Лейцин	3,47
Изолейцин	3,82	Глутамин	3,66
Треонин	3,52	Пролин	0,98
Серин	2,02	Фенилаланин	1,72
Глицин	2,22	Лизин	4,89
Аланин	2,70	Аргинин	3,66
Валин	2,26	Незаменимые	24,57
Метионин	1,43	Заменимые	15,29

реакциях. Показано довольно высокое содержание цинка и меди, участвующих во многих биохимических процессах.

Изучено содержание аминокислот, синтеза жирных кислот, витаминов и минералов в мясе лося Таймырской популяции (табл. 5–8).

Суммарный уровень аминокислот в мясе лося составляет 39,9 г/100 г. Концентрация незаменимых аминокислот превалирует над заменимыми и составляет 24,6%. Среди незаменимых аминокислот преобладают лейцин, лизин, валин и изолейцин, их суммарное количество 34,61% от общей суммы аминокислот. В мясе лося содержится относительно высокая концентрация наиболее дефицитных аминокислот: триптофана, фенилаланина и суммы серусодержащих метионин и метионин + цистин (5,9 г или 24,9% от суммы незаменимых аминокислот).

В группе заменимых аминокислот доминируют глутамин, аланин и аргинин, на их суммарную долю приходится 28,6% от общей суммы. Аргинин является важнейшим компонентом обмена веществ мышечной ткани, способствует поддержанию оптимального азотного баланса в организме, замедляет рост опухолей, стимулирует иммунную систему.

Биохимический анализ мяса лося свидетельствует о его высокой биологической ценности.

Содержание ненасыщенных жирных кислот преобладает над насыщенными, их соотношение к насыщенным кислотам составляет 1,58:1, что более чем в 1,5 раза превышает уровень насыщенных кислот и свидетельствует о качестве межмышечного жира. Известно, что чем больше содержится ненасыщенных жирных кислот, тем ценнее с биологической точки

Таблица 6 – Жирнокислотный состав мяса лося Таймырской популяции

Кислота	Кол-во, г/кг	Кислота	Кол-во, г/кг
Лауриновая	1,08	Линолевая	1,09
Миристиновая	0,73	Линоленовая	0,16
Пальмитиновая	25,37	Арахидовая	0,08
Пальмитоолеиновая	6,54	Насыщенные	32,62
Стеариновая	5,36	Ненасыщенные	51,39
Олеиновая	43,60	Сумма кислот	84,1

Таблица 7 – Содержание витаминов в мясе лося Таймырской популяции, мг/кг

Витамин	Концентрация	Витамин	Концентрация
А	–	В <sub>5</sub>	46,33
Е	4,53	В <sub>6</sub>	3,62
В <sub>1</sub>	0,91	*В <sub>12</sub>	30,22
В <sub>2</sub>	1,36	Сумма	60,83
В <sub>3</sub>	4,08		

\* – концентрация указана в мкг/кг.

Таблица 8 – Минеральный состав мяса лося Таймырской популяции

Элемент	Концентрация	Элемент	Концентрация
Макроэлементы, г/кг		Микроэлементы, мг/кг	
Кальций	1,37	Железо	130,00
Фосфор	7,47	Марганец	1,70
Калий	13,50	Медь	5,40
Натрий	1,67	Цинк	125,00
Магний	0,96		



зрения качество жира и, соответственно, мясное сырье.

Во всех образцах доминирующее место среди ненасыщенных жирных кислот занимает олеиновая кислота, ее уровень к общей сумме ненасыщенных кислот составляет 84,9%.

Среди витаминов группы В установлена более высокая концентрация витаминов пантотеновой кислоты и цианокобаламина.

Минеральный состав мяса лося представлен основной группой жизненно необходимых элементов, таких как кальций, фосфор, калий, натрий, магний, железо, марганец, медь и цинк, которые образуют хелатные, ионные и другие комплексы, обладающие выраженной биологической активностью и направленными функциональными свойствами.

Установлено, что содержание белка составляет 85,85%, жира – 1,63%, зольных элементов

4,84%. Калорийность 100 г мяса находится на уровне 358,07 ккал, энергии – 1500 кДж.

Выполнен анализ аминокислотного, жирнокислотного, витаминного и минерального состава мяса овцебыков (табл. 9–12).

Суммарное количество аминокислот в мясе овцебыков составляет 44,23±2,32%. Содержание незаменимых аминокислот несколько превалирует над заменимыми кислотами и составляет 23,9%.

Анализ заменимых аминокислот показывает, что по количественному содержанию доминируют глутамин, аланин и аргинин. На их суммарную долю приходится 28,58% от общей.

Испытуемые аминокислоты являются субстратами для синтеза гормонов тироксина, адреналина и норадреналина. Метионин является донатором метильной группы для образования многих соединений, таких как адреналин,

Таблица 9 – Аминокислотный состав мяса овцебыков, г/%

Аминокислота		Аминокислота	
Триптофан	0,54±0,11	Метионин	1,08±0,11
Оксипролин	0,05±0,01	Лейцин	4,86±0,63
Изолейцин	3,26±0,07	Глутамин	6,18±0,45
Треонин	2,65±0,40	Пролин	2,33±0,22
Серин	2,59±0,48	Фенилаланин	2,34±0,32
Глицин	2,72±0,51	Лизин	3,91±0,56
Аланин	3,65±0,70	Аргинин	2,81±0,06
Валин	3,28±0,39	Незаменимые	23,90±2,11
Метионин + цистин	1,98±0,40	Заменимые	20,33±1,69

Таблица 10 – Жирнокислотный состав мяса овцебыков, г/кг

Кислота		Кислота	
Миристиновая	1,57±0,32	Линолевая	3,83±0,13
Пальмитиновая	18,58±0,50	Линоленовая	0,73±0,09
Пальмитоолеиновая	3,67±0,27	Насыщенные	33,60±0,54
Стеариновая	13,45±0,79	Ненасыщенные	55,82±0,62
Олеиновая	47,58±0,24	Сумма кислот	89,42±0,80

Таблица 11 – Содержание витаминов в мясе овцебыков, мг/кг

Витамин	Концентрация	Витамин	Концентрация
Д	1,62±0,09	В <sub>3</sub>	28,38±0,69
Е	248,33±6,12	В <sub>5</sub>	19,35±0,47
В <sub>1</sub>	37,38±0,92	В <sub>6</sub>	16,61±0,41
В <sub>2</sub>	9,37±0,24	*В <sub>12</sub>	124,57±3,08

\* концентрация указана в мкг/кг.



креатин, ансерин, холин, а также участвует в синтезе цистеина. Цистеин в организме превращается в цистеамин, который защищает организм от поражающего действия ионизирующего излучения. Биологическая активность многих ферментов организма обусловлена наличием в молекуле сульфгидрильных групп цистеина.

В мясе овцебыка содержание ненасыщенных жирных кислот преобладает над насыщенными кислотами, их соотношение к насыщенным кислотам варьирует в пределах от 1,66:1, что почти в 2 раза превышает уровень насыщенных.

Во всех образцах доминирующее место среди ненасыщенных жирных кислот занимает олеиновая кислота, ее уровень к общей сумме ненасыщенных кислот составляет 85 %.

Отмечается довольно высокое содержание суммы жирорастворимых витаминов (50 мг/кг) и особенно витамина Е. Мясо овцебыков отличается более высокой концентрацией витамина В<sub>12</sub> (125 мкг/кг) в сравнении с олениной (27–29 мкг/кг) и мясом лоса (30).

Доминирующее место в мясе овцебыков занимают фосфор, калий и натрий. Фосфор участвует в обмене веществ, входит в состав органических соединений в фосфолипидах, нуклеотидах, фосфопротеидах, обеспечивает поддержание кислотно-щелочного равновесия. Калий и натрий являются элементами ретикуло-эндотелиальной системы, играют важную роль в поддержании осмотического давления крови. Из микроэлементов отмечается высокое содержание железа. Оно входит в состав гемоглобина и способствует переносу кислорода от легких к тканям, выполняет каталитическую функцию, участвуя в окислительно-восстановительных реакциях. Установлена относительно высокая концентрация в мясе цинка, который необходим

для поддержания иммунитета, играет незаменимую роль в защите организма от инфекций.

Полученные данные о химическом составе и пищевой ценности мяса аборигенных животных нашли применение при разработке технологии производства колбасных изделий.

Для производства сырокопченых колбас: северной, полярной, колбасок-снегов, охотничьих, норильских, сыровяленой колбаски к пиву использована оленина 1 с; сыровяленых колбас: таймырской, суджука и сырокопченной таймырской – оленина односортной жиловки, шпик хребтовый, мышечная ткань оленины, измельченная кубиками (4×4 мм). Сыровяленые колбаски таймырские и колбаски к пиву изготавливаются без оболочки. При производстве сырокопченых и сыровяленых колбас применяли стартовые культуры.

Молочнокислые бактерии, входящие в состав стартовых культур, перерабатывают сахар, образуя молочную кислоту, рН продукта снижается до необходимого уровня в течение 24–48 ч, создавая оптимальные условия для уплотнения консистенции колбас, снижения микробиологической обсемененности и быстрого равномерного их высушивания.

Для оценки качества вырабатываемых изделий выбраны следующие показатели: микробиологические, органолептические (качество продукта по товарному виду, цвету на разрезе, аромату, вкусу, консистенции и общей оценке), физико-химические (величина рН, содержание влаги).

Выявлено, что введение концентрата стартовых культур в мясной шрот при посоле улучшает органолептические, цветовые, физико-химические, структурно-механические, микроструктурные, микробиологические показатели в мясных изделиях, повышает биологическую активность готового продукта.

Таблица 12 – Минеральный состав мяса овцебыка

Элемент	Концентрация	Элемент	Концентрация
Макроэлементы, г/кг		Микроэлементы, мг/кг	
Кальций	0,50±0,10	Железо	96,67±8,82
Фосфор	4,40±0,50	Марганец	1,07±0,13
Калий	5,40±2,32	Медь	5,60±1,19
Натрий	2,78±0,28	Цинк	81,23±9,56
Магний	0,60±0,05		



Таблица 13 – Рецептúra некоторых видов сырокопченых и сыровяленых колбас из оленины

Наименование сырья, пряностей и материалов	Норма для колбас			
	Северная с/к	Полярная с/к	Таймырская с/в	Таймырская с/к
Сырье несоленое, кг на 100 кг				
Оленина жилованная первого сорта	50	75	–	–
Оленина односортная	–	–	75	75
Свинина жилованная полужирная	25	–	–	–
Грудинка свиная	25	–	–	–
Шпик хребтовый	–	25	25	25
Пряности и материалы, г (на 100 кг несоленого сырья)				
Соль поваренная пищевая	3000	3000	3000	3000
Нитрит натрия (в растворе)	10	10	10	10
Сахар-песок или глюкоза	100	100	100	100
Перец черный или белый молотый	150	150	100	100
Кардамон или орех мускатный молотый	25	–	–	–
Чеснок свежий очищенный измельченный	–	150	300	300
Кориандр молотый	–	–	200	200
Мадера	250	–	–	–
Коньяк	–	250	–	–
Химический состав				
Белок, не менее	33	30	27	29
Жир, %	40	37	37	37
Энергетическая ценность, ккал /100 г	492	453	441	449

Таблица 14 – Биохимический состав комбинированного фарша из оленины, моркови и сыра

Показатели	Наименование продукта		
	Оленина	Оленина сушеная	
		с морковью	с сыром
Белок (не менее), %	20,5	33,0	39,0
Жир, %	5,0	4,6	19,0
Энергетическая ценность, ккал/100 г	127	173	327
Аминокислоты, %			
Лейцин	4,07	2,82	3,15
Изолейцин	2,03	1,24	1,71
Лизин	1,46	2,72	4,61
Метионин + цистин	0,51	0,90	0,79
Фенилаланин	1,50	1,80	1,51
Треонин	0,35	2,36	1,88
Валин	0,33	2,42	1,90
Триптофан	0,22	0,26	0,30
Витамины, мг/кг			
Е	12,75	3,76	5,06
В <sub>1</sub>	1,27	0,75	1,01
В <sub>2</sub>	3,83	1,13	1,52
В <sub>3</sub>	–	3,26	4,44
В <sub>5</sub>	17,80	37,00	50,49
В <sub>6</sub>	2,55	1,50	2,03
Макро-микроэлементы			
Кальций, %	0,53	0,156	0,493
Натрий, г/кг	10,70	32,90	12,49
Калий, г/кг	4,30	10,32	8,92
Магний, г/кг	0,41	0,65	0,95
Железо, мг/кг	60,30	110,10	129,70
Марганец, мг/кг	0,70	5,70	1,40
Медь, мг/кг	3,00	0,70	0,80
Цинк, мг/кг	45,20	68,80	81,10
Фосфор, %	0,58	0,41	0,54

Процесс созревания продуктов из оленины базируется на жизнедеятельности молочнокислых бактерий, которые постепенно становятся доминирующими, подавляя развитие нежелательной микрофлоры.

Внесение стартовых культур позволило повысить уровень молочнокислой микрофлоры в приготовленном фарше на 2–3 порядка.

Применение стартовых бактериальных культур в производстве мясопродуктов исключает этапы обработки мясопродукта при высоких температурах, при этом сохраняется качество исходных белковых компонентов мясного сырья.

По данным микроструктурного анализа установлено, что процесс ферментации мышечной ткани, а следовательно, и формирование структуры продукта протекает более интенсивно в мясных изделиях с использованием стартовых культур. Направленное использование бактериальных препаратов позволяет ускорить и стабилизировать структурные изменения фарша.

В течение технологического процесса происходит постепенное уменьшение величины рН с 5,8 до 5,0–5,1. Содержание влаги снижается с 59,79 до 30%, соли увеличивается на 2,55–2,60%, однако не превышает общепринятого предельно допустимого значения. Колбасы сушат до конечной влаги: сырокопченые 32–39%, сыровяленые 25–37%.

В процессе изготовления сырокопченой колбасы по мере понижения содержания влаги существенно уменьшается обсемененность фарша микроорганизмами. Общее количество микробов в 1 г продукта снижается с 2690 до 140–150 микробных клеток.

У жителей Крайнего Севера сформировался специфический белково-углеводный тип питания [12]. Для обеспечения полноценного рациона разработаны технологии и рецептуры колбасных изделий длительного срока хранения с добавлением 20% моркови или сыра.

В таблице 13 в качестве примера представлен рецептурный состав разработанной продукции.

Добавление в фарш из оленины моркови и сыра позволило увеличить энергетическую ценность продуктов до 173–324 ккал/100 г продукта и содержание белка до 33% с сохранением необходимого уровня незаменимых аминокислот и витаминов.

## Выводы

Установлено, что мясо копытных животных содержит целый комплекс биологически активных веществ, включающий эссенциальные ненасыщенные жирные кислоты, аминокислоты, витамины и минералы. Изученное сырье отличается сбалансированностью по жизненно необходимым в питании микронутриентам и может служить источником восполнения их недостатка у населения, проживающего в условиях Крайнего Севера.

Разработанные колбасные изделия с добавлением моркови и сыра позволят внести определенный вклад в обеспечении рационального питания жителей Крайнего Севера, исходя из имеющихся традиций и особенностей проживания и расширить ассортимент местной мясной продукции.

## Список литературы

1. Медико-экологический мониторинг состояния здоровья населения в зоне промышленного освоения Севера. Режим доступа : <https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/instituty/mi/nauchnaya-rabota/nir/monit/>.
2. Сусь И. В. Оленина-дополнительный источник сырья для мясной промышленности // Все о мясе. 2012. № 3. С. 5–9.
3. Горбунова Н. А., Насонова В. В. Нетрадиционные источники мясного сырья животного происхождения // Все о мясе. 2015. № 5. С. 46–50.
4. Кайзер А. А., Шелепов В. Г. Технологическая схема заготовки и оценки качества мяса и субпродуктов копытных животных Енисейского Севера : пособие / Россельхозакадемия Сиб. отд.-ние. ГНУ НИИСХ Крайнего Севера. Норильск, 2013. 110 с.
5. Южаков А. А. Качественные показатели мяса северных оленей Арктической зоны. Россия в новых реалиях мирового продовольств. рынка / Сев.-Зап. центр междисциплинар. исслед. проблем продовольств. обеспечения. СПб. ; Пушкин, 2016. С. 153–157.
6. Кайшев В. Г., Серегин С. Н. Состояние и перспективы развития рынка функциональных продуктов питания // Мясные технологии. 2017. № 1. С. 24–27.
7. Основные принципы создания мясных продуктов функционального назначения для питания учащейся молодежи и людей, занимающихся умственным трудом (в условиях Бело-



руссии) : монография / А. В. Мелешеня [и др.] ; Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию, РУП «Ин-т мясо-молоч. пром-сти». Минск : РУП «Ин-т мясо-молоч. пром-сти», 2017. 159 с.

8. Utrilla M. C., Soriano A., Garcia Ruiz A. Determination of the optimal fat amount in dry-ripened venison sausage // *Italian Journal of Food Science*. 2015. Vol. 27. № 4. P. 409–415.

9. Karwowska M., Dolatowski Z. J. Effect of acid whey and freeze-dried cranberries on lipid oxidation and fatty acid composition of nitrite/nitrate-free fermented sausage made from deer meat // *Asian-Australasian journal of Animal Sciences*. 2017. Vol. 30. № 1. P. 85–93.

10. Богдан Е. Г., Туршук Е. Г. Исследование компонентов, используемых в процессе разра-

ботки рецептур блюд из мяса одомашненного северного оленя // *Вестник МГТУ*. 2015. Т. 18. № 1. С. 69–73.

11. Биотехнологические основы направленной конверсии сельскохозяйственного сырья и вторичных биоресурсов для получения пищевых ингредиентов, функциональных продуктов питания и кормов : монография / Е. М. Серба [и др.]. М. : БИБЛИО-ГЛОБУС, 2017. 178 с.

12. Роль оленины в питании коренного населения Севера / Н. С. Роббек [и др.] // *Аграрный вестник Урала*. 2015. № 9. С. 25–31.

13. Товароведение и экспертиза мясных и мясосодержащих продуктов / В. И. Криштафович, В. М. Позняковский, О. А. Гончаренко, Д. В. Криштафович ; под общ. ред. В. И. Криштафович. СПб. : Лань, 2017. 432 с.

---

**Шелепов Виктор Григорьевич**, д-р с.-х. наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник лаборатории продуктов функционального питания, Сибирский научно-исследовательский и проектно-технологический институт животноводства Сибирского федерального научного центра агробiotехнологий Российской академии наук.

E-mail: pvm1947@bk.ru.

**Углов Владимир Александрович**, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, Сибирский научно-исследовательский и проектно-технологический институт животноводства Сибирского федерального научного центра агробiotехнологий Российской академии наук.

E-mail: pvm1947@bk.ru.

**Бородай Елена Валерьевна**, ведущий научный сотрудник, Сибирский научно-исследовательский и проектно-технологический институт животноводства Сибирского федерального научного центра агробiotехнологий Российской академии наук.

E-mail: pvm1947@bk.ru.

**Позняковский Валерий Михайлович**, д-р биол. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, руководитель научно-образовательного центра «Прикладная биотехнология и нутрициология», профессор кафедры «Гигиена», Кемеровский государственный медицинский университет; заведующий кафедрой «Биотехнологии и производства продуктов питания», Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия.

E-mail: pvm1947@bk.ru.

\* \* \*

## TECHNICAL SCIENCE

### Wear intensity of bearing shields in electric motors used in animal husbandry with torque belt transmission

V. A. Butorin, L. A. Saplin, K. P. Vovdenko, A. N. Tkachev

The paper notes that the weak links of the electric motor are the winding and its bearing units. These units account for up to 98-99% of electric motor failures. The high failure rate of electric motors in agricultural production is due to the harsh operating conditions in this industry. The quality of manufacturing and repair of electric motors reflects their reliability, i.e. durability. The bearing assembly has two weak links, a bearing and a seat in the bearing shield for the bearing. The durability of the seat in the endshield is related to its wear rate. The aim of the work is to evaluate the wear intensity of the bearing shield seat under the electric motor bearing in animal husbandry conditions with V-belt torque transmission. In the work, the object of study was chosen, the factors influencing the wear rate of the seat in the bearing shield were determined, and the levels of their variation during testing were established. The developed stand simulated the impact of factors on the object of study. The tests were carried out according to active planning according to the plan 2<sup>3</sup>. The results obtained during the experiments were checked for reproducibility according to Cochran criterion, for the significance of the regression coefficients according to Student's criterion, for the adequacy of the model according to Fisher criterion. Based on the results of the study, a polynomial model of wear intensity from influencing factors was obtained. The average wear rate was  $1,14 \cdot 10^{-3} \mu\text{m/h}$ . In the selected intervals of variation in the case of V-belt torque transmission, the main influence on wear is exerted by a constant load. The article will be useful to employees of repair and service organizations involved in the reliability of electric motors.

*Keywords:* electric motor, bearing assembly, seat, bearing shield, wear rate.

#### References

1. Gol'dberg O. D., Xelemskaya S. P. Nadezhnost' elektricheskix mashin. M. : Izd. centr "Akademiy", 2010. 288 s.
2. Gol'dberg O. D. Proektirovanie elektricheskix mashin. M. : Vyssh. shk., 2006. 210 s.
3. Kuznecov N. L. Nadezhnost' elektricheskix mashin. M. : Izd. dom MEI, 2006. 432 s.
4. Mishin I. S., Glebovich A. A. Osnovnye napravleniya povysheniya nadezhnosti elektrodvigatelij v sel'skom khozyajstve // Trudy VSXIZO. 1977. № 135.
5. Inhibitory protection of bearing units of electric motors in animal husbandry / V. A. Butorin [et al.] // E3S Web of Conferences. International Conference "Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic" (EFSC2021). 2021. S. 07018.
6. Banin R. V., Butorin V. A., Carev I. B. Issledovanie skorosti uvelicheniya radial'nogo zazora v podshipnikax asinxronnogo dvigatelya pri peredache krutyashhego momenta mexanicheskoy muftoj v usloviyax sel'skoxozyajstvennogo proizvodstva // APK Rossii. 2021. T. 28. № 2. S. 183–187.
7. Butorin V. A., Tsarev I. B., Guseynov R. T. Bench-Scale Tests Aimed at Finding Rate and Acceleration of Wear Determining Service Life of Thrust Bearing in Submersible Electric Motor // Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). Lecture Notes in Mechanical Engineering. Cham, 2020. S. 1089–1095.
8. Butorin V. A., Guseynov R. T. Main factors affecting the bearing units service life in submersible electric motors // LIII international scientific and technical conference "Science achievements for agro-industrial production". Russia, Chelyabinsk, February 2014, Part. 2014. № 3. S. 241.
9. Izakov F. Ya. Planirovanie eksperimenta i obrabotka opytnyx dannyx : ucheb. posobie. Chelyabinsk : CHGAU, 2003. 198 s.
10. Serafimovich L. P. Planirovanie eksperimenta. Tomsk : Tomskij mezhvuzovskij centr distancionnogo obrazovaniya, 2006. 128 s.



11. Ivobonenko B. A., Il'inskij N. F., Kopylov I. P. Planirovanie eksperimenta v elektromexanike. M. : Energiya, 1975. 184 s.
12. Yudin Yu. V. Organizaciya i matematicheskoe planirovanie eksperimenta. Ekaterinburg : Izd-vo Ural'skogo universiteta, 2018. 124 s.
13. Gmurman V. E. Rukovodstvo k resheniyu zadach po teorii veroyatnostej i matematicheskoy statistike. M. : Vyssh. shk., 1997. 400 s.
14. Ventcel' E. S. Teoriya veroyatnostej. M. : Vyssh. shk., 2001. 575 s.
15. Butorin V. A., Saplin L. A., Molchan A. M. Matematicheskaya model' kontrol'nyx ispytaniy na nadezhnost' otremonirovannyx pogruzhnyx elektrodvigatelej // APK Rossii. 2021. T. 28. №2. S. 193–199.

**Butorin Vladimir Andreyevich**, D. Sc. (Engineering), Professor, South Ural State Agrarian University.

E-mail: butorin\_chgau@list.ru.

**Saplin Leonid Alekseyevich**, D. Sc. (Engineering), Professor, South Ural State Agrarian University.

E-mail: lsaplin@mail.ru.

**Vovdenko Konstantin Petrovich**, Cand. Sc. (Engineering), senior lecturer, Trekhgornyy Technological Institute is a branch of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education: "National Research Nuclear University "MEPhI".

E-mail: vovdenkokp@rambler.ru.

**Tkachev Andrey Nikolayevich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Educational Institution of Higher Education "The South Ural University of Technology".

E-mail: tkachevan@inueco.ru

### **Increased wear resistance of cast iron gears due to thermal diffusion coating**

**A. A. Veselovsky, A. E. Nemtsev, V. V. Erofeev, I. P. Troyanovskaya**

The statistics of the time between failures of agricultural machines due to the limiting wear of gears revealed that the limiting value of tooth wear is 0.5-0.8 mm. Replacing steel gears traditionally used in transmissions and gearboxes of transport and technological machines of the agro-industrial complex with gears made of high-strength cast iron VCh 60 is economically beneficial. To increase the wear resistance and service life of cast iron gears, the use of thermal diffusion coatings is proposed. Thermal diffusion saturation of spur gears was carried out by the contact method in a powder medium containing ferroalloys of the main diffusants, aluminum oxide and ammonium chloride. Vanadium, chromium and manganese were chosen as diffusing elements. The saturation temperature was 1020-1050°C, the treatment duration was 5 hours for vanadium coatings and 10-12 hours for chromium and manganese coatings. After that, studies were carried out to evaluate the wear resistance of cast iron gears with thermal diffusion carbide coatings of chromium, vanadium and manganese compared to traditional steel gears after carburizing and subsequent hardening. Wear resistance tests were carried out in the assembled gearbox using a lathe, the kinematics of which provided the loading moment of resistance. The test time corresponded to the operating time of the output shaft of the gearbox 5×10<sup>6</sup> cycles of rotation. After the required number of cycles was completed, the gears were sent for electron microscopic examination, weighed to the third decimal place to determine mass wear before and after testing. As a result, graphs of the dependence of mass wear on the number of loading cycles were constructed. It has been found that the wear resistance of cast iron gears with thermal diffusion carbide coatings is several times higher than the wear resistance of steel gears after carburizing and hardening.

*Keywords:* gear wear, thermal diffusion carbide coatings, cast iron gears, time to failure.

## References

1. Miroslavskij E. G. Statisticheskie materialy i rezul'taty issledovaniy razvitiya agropromyshlennogo proizvodstva Rossii / Otdelenie ekonomiki i zemel'nyx otnoshenij. M. : RASXN, 2015. 215 s.
2. Russia's agro industrial complex: Economic and political influence factors and state support / V. P. Samarina, T. P. Skufina, A. V. Samarin, S. V. Baranov // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2020. Vol. 138. P. 579–593. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-15577-3\\_55](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15577-3_55).
3. Perfil'eva E. V., Oxrimenko N. V. Analiz rynka sel'skoxozyajstvennoj texniki v usloviyax krizisa 2020 g // Sposoby, metody i processy texnicheskogo i texnologicheskogo razvitiya : mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii. Sterlitamak, 2020. S. 42–44.
4. Gusev A. Y. Material and technical base of the agro-industrial complex: Trends and prospects on the way of innovation-oriented development // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 254. № 10008. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125410008>.
5. Eremin A. O. Sel'skoxozyajstvennaya texnika, podderzhanie ee rabotosposobnogo sostoyaniya // Molodezh' i nauka. 2020. № 3. S. 12.
6. Gurskij B. E. Teoreticheskie osnovy opredeleniya zon maksimal'nogo mestnogo iznosa zub'ev cilindricheskix evol'ventnyx peredach. M. : Feniks, 2019. 391 s.
7. Nikitchenko S. L., Voronov E. V. Prichinnye faktory snizheniya ekspluatacionnoj nadezhnosti sel'skoxozyajstvennoj texniki // Vestnik NGIEI. 2020. № 2 (105). S. 56–66.
8. Fedorov S. V. Physical and Constructive (Limiting) Criteria of Gear Wheels Wear // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 295 (1). № 012038. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/295/1/012038>.
9. Potapov K. G. Phase-chromatic control of wear of the working profiles of the gear wheels of a reduction gear in the course of operation // Measurement Techniques. 2013. Vol. 56 (9). P. 1048–1053. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11018-013-0328-5>.
10. Gołębski R., Szarek A. Diagnosis of the operational gear wheel wear // Tehnicki Vjesnik. 2019. Vol. 26 (3). P. 658–661. DOI: <https://doi.org/10.17559/TV-20180321171428>.
11. Kolomejchenko A. V. Texnologii povysheniya dolgovechnosti detalej mashin vosstanovleniem i uprochneniem rabochix poverxnostej kombinirovannymi metodami. M. : Infra-inzheneriya, 2011. 423 s.
12. Yudnikov A. S., Ryzhix M. A. Effektivnoe uprochnenie detalej pochvoobrabatyvayushhej texniki – aktual'naya problema v sel'skom xozyajstve // Sbornik nauch. tr. GOSNITI. 2010. T. 102. 343 s.
13. Termodiffuzionnye zashhitnye pokrytiya / A. A. Mixajlenko [i dr.] // Molodoy issledovatel': vy-zovy i perspektivy : mater. XXXVI Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii. 2017. S. 427–432.
14. Pat. 60939 Ros. Federaciya. Ustanovka dlya ximiko-termicheskoy obrabotki izdelij / A. A. Veselovskij, I. M. Yachikov, A. P. Morozov, A. N. Zavalishhin. № 2006139910/22 ; zayavl. 10.11.2006 ; opubl. 10.02.2007.
15. Determination of parts tolerances in friction knots of grey and nodular cast iron with thermal diffusion platings vanadium and chrome / A. A. Veselovsky, R. R. Dema, O. B. Kalugina, S. P. Nefedev // MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 129. № 02043. DOI: <https://doi.org/10.1051/matec-conf/201712902043>.
16. Veselovskij A. A., Erofeev V. V. Issledovanie iznosostojkosti chugunnyx pryamozubyx zubchatyx koles s termodiffuzionnymi karbidnymi pokrytiami v zakrytyx peredachax // APK Rossii. 2019. T. 26. № 4. S. 508–515.
17. Veselovskii A. A. Improving the wear resistance of high-strength cast-iron gears by applying a termodiffusional vanadium coating // Russian Engineering Research. 2012. Vol. 32 (1). P. 45–47. DOI: <https://doi.org/10.1031/S1068798X12010273>.

**Veselovsky Aleksandr Aleksandrovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Head of the Technical Control Department, LLC PK “Running Systems”.

E-mail: [a\\_a-ves@mail.ru](mailto:a_a-ves@mail.ru).

**Nemtsev Anatoly Egorovich**, D. Sc. (Engineering), senior researcher, Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk.

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



**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.

### **Substanting the effectiveness of replacing steel worms with cast-iron worms with a diffusion coating exemplified with a 1Ch63 gearbox**

**A. A. Veselovsky, A. E. Nemtsev, I. P. Troyanovskaya, V. V. Erofeev**

Worms for power transmission are made of carbon or alloy steels with appropriate heat treatment to ensure high hardness of working surfaces. The production of steel worms is characterized by significant labor costs for manufacturing, heat treatment and finishing operations. Currently, cast iron is widely used in agricultural engineering, due to its high strength and wear resistance. Therefore, a very relevant aspect is to reduce the cost of worm gears by replacing steel worms with cast iron worms with a thermal diffusion carbide layer and subsequent hardening. The purpose of the study was the economic substantiation of such replacements. The paper presents a method for calculating the economic efficiency of manufacturing worms from SCh 20 gray cast iron in comparison with worms from steel 45. Steel worms were treated with heat in the form of hardening and subsequent tempering. Finishing operations were fine grinding. Hardening of cast iron worms was carried out by diffusion coating in a powder medium. The article considers three types of coating: with vanadium, chromium and manganese. Finishing operations of cast iron worms with diffusion coating were mechanical metallization with aluminum. Due to the calculations, it was proved that the replacement of steel worms with cast iron ones is economically profitable. About 200 rubles are saved when manufacturing each cast-iron worm with a diffusion coating and subsequent surface metallization compared to manufacturing a steel one. Diffusion-coated cast iron worms have higher wear resistance: for vanadium-coated ones 5 times, for chromium-coated ones 3 times, for manganese-coated ones 2 times. Taking into account the expected time of the worm to failure, the full effect of the replacement for the worm was: with vanadium coating 4336.16 rubles, with chrome coating 2290.06 rubles and with manganese coating 1247.89 rubles.

*Keywords:* economic effect, worm gear, diffusion coating, technological operations.

#### **References**

1. Miroslovskij E. G. Statisticheskie materialy i rezul'taty issledovanij razvitiya agropromyshlennogo proizvodstva Rossii / Otdelenie ekonomiki i zemel'nyx otnoshenij. M. : RASXN, 2015. 215 s.
2. Russia's agro industrial complex: Economic and political influence factors and state support / V. P. Samarina, T. P. Skufina, A. V. Samarin, S. V. Baranov // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2020. Vol. 138. P. 579–593. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-15577-3\\_55](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15577-3_55).
3. Perfil'eva E. V., Oxrimenko N. V. Analiz rynka sel'skoxozyajstvennoj texniki v usloviyax krizisa 2020 g // Sposoby, metody i processy texnicheskogo i texnologicheskogo razvitiya : mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii. Sterlitamak, 2020. S. 42–44.
4. Gusev A. Y. Material and technical base of the agro-industrial complex: Trends and prospects on the way of innovation-oriented development // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 254. № 10008. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125410008>.
5. Nikitchenko S. L., Voronov E. V. Prichinnye faktory snizheniya ekspluatacionnoj nadezhnosti sel'skoxozyajstvennoj texniki // Vestnik NGIEI. 2020. № 2 (105). S. 56–66.
6. Termodiffuzionnye zashhitnye pokrytiya / A. A. Mixajlenko [i dr.] // Molodoy issledovatel': vyzovy i perspektivy : mater. XXXVI Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii. 2017. S. 427–432.



7. A Comparison of the Abrasive Wear Behaviors of Cast Iron and Cast Steel Materials / C. Su, X. Sang, S. Niu, R. Ren // *Journal of Materials Engineering and Performance*. 2021. Vol. 30 (6). P. 4572–4582. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11665-021-05758-5>.

8. Fedorov S. V. Physical and Constructive (Limiting) Criteria of Gear Wheel Wear // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 295 (1). № 012038. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/295/1/012038>.

9. Kolomejchenko A. V. *Технологии повышения долговечности деталей машин восстановлением и улучшением рабочих поверхностей комбинированными методами*. М. : Инфра-инженерия, 2011. 423 с.

10. Yudnikov A. S., Ryzhix M. A. Effektivnoe uprochnenie detalej pochvoobrabatyvayushhej texniki – aktual'naya problema v sel'skom xozyajstve // *Sbornik nauch. tr. GOSNITI*. 2010. T. 102. 343 s.

11. Corrective maintenance and hardening of agricultural machinery parts / Y. A. Stekolnikov [et al.] // *Key Engineering Materials*. 2020. Vol. 836 KEM. P. 158–167. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.836.158>.

12. Meshkov A. M., Kopelyan M. M. Increasing the reliability of agricultural machinery parts by methods of heat treatment and case hardening // *Metal Science and Heat Treatment*. 1990. Vol. 32 (5-6). P. 317–320.

13. Liu X-J., Wang H-C. Microstructure and hardness of vanadium carbide coatings prepared by thermal diffusion process on different steel substrate // *Cailiao Rechuli Xuebao / Transactions of Materials and Heat Treatment*. 2010. Vol. 31 (1). P. 150–154.

14. Influence of multi-layered thermal diffusion coatings on high-temperature sulfidation resistance of steels / E. Medvedovski [et al.] // *Surface and Coatings Technology*. 2020. Vol. 403. № 126430. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.126430>.

15. Zhu M., Wang M.-J., Yang C. High temperature oxidation resistance of Cr-Al thermal diffusion coatings on K38G superalloy // *Cailiao Rechuli Xuebao/Transactions of Materials and Heat Treatment*. 2014. Vol. 35 (3). P. 172–176.

16. Veselovskij A. A. Povyszenie iznosostojkosti zubchatyx koles iz vysokoprochnogo chuguna // *Avtomobil'naya promyshlennost'*. 2011. № 7. S. 37–38.

17. Veselovskij A. A. Primenenie poverxnostno uprochnennogo serogo chuguna dlya izgotovleniya chervyakov v chervyachnyx peredachax // *Problemy mashinostroeniya i avtomatizacii*. 2011. № 4. S. 147–151.

18. Veselovskii A. A. Improving the wear resistance of high-strength cast-iron gears by applying a thermomaterial vanadium coating // *Russian Engineering Research*. 2012. Vol. 32 (1). P. 45–47. DOI: <https://doi.org/10.1031/S1068798X12010273>.

19. Veselovskij A. A. Iznosostojkost' zubchatyx koles iz vysokoprochnogo chuguna s termodiffuzionnymi pokrytiami vanadiem, xromom i margancem // *Metalloobrabotka*. 2011. № 2 (62). S. 12–16.

20. Belyaev V. N., Ju Tatarin E. Surface Layer Formation When Finish-Hardening Processing of the Parts by Smoothing // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2016. Vol. 126 (1). № 012005. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/126/1/012005>.

21. Veselovskij A. A. Primenenie chervyakov, izgotovlennyx iz serogo chuguna s termodiffuzionnym pokrytiem, dlya chervyachnyx peredach zakrytogo tipa // *Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya*. 2011. № 12. S. 36–40.

22. Determination of parts tolerances in friction knots of grey and nodular cast iron with thermal diffusion platings vanadium and chrome / A. A. Veselovsky, R. R. Dema, O. B. Kalugina, S. P. Nefed'ev // *MATEC Web of Conferences*. 2017. Vol. 129. № 02043. DOI: <https://doi.org/10.1051/matec-conf/201712902043>.

23. Veselovskij A. A., Erofeev V. V. Issledovanie iznosostojkosti chugunnyx pryamozubyx zubchatyx koles s termodiffuzionnymi karbidnymi pokrytiami v zakrytyx peredachax // *АПК России*. 2019. T. 26. № 4. S. 508–515.

**Veselovsky Aleksandr Aleksandrovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Head of the Technical Control Department, LLC PK “Running Systems”.

E-mail: [a\\_a\\_ves@mail.ru](mailto:a_a_ves@mail.ru).



**Nemtsev Anatoly Egorovich**, D. Sc. (Engineering), senior researcher, Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk.  
E-mail: ervv52@mail.ru.

**Troyanovskaya Irina Pavlovna**, D. Sc. (Engineering), Professor, South Ural State Agrarian University.  
E-mail: tripav63@mail.ru.

**Erofeev Valery Vladimirovich**, D. Sc. (Engineering), Professor, South Ural State Agrarian University.  
E-mail: ervv52@mail.ru.

### **Rotary working body for tillage between bushes in the rows of berry crops**

**O. V. Gordeev, R. M. Latypov**

For high-quality loosening of the soil in the rows of berry crops, the article proposes an improved scheme of an asymmetric working body with a rotary cultivator. The drive of the asymmetric device for delivering the rotary tiller into the space between the bushes of berry crops is carried out from the drive wheel. The length of the circle generating the cycloid is equal to the distance between the bushes in the rows. The rotary cultivator mounted on an asymmetric blade is driven by a hydraulic motor. The article presents the equation of the trajectory of a tooth of a rotary cultivator moving along a curve of an elongated cycloid in parametric form. The revolutions of the rotary cultivator are substantiated. With a radius of rotation of the loosening rotor teeth of 0.08 m and a hydraulic motor speed of 500 rpm, the circumferential speed of the rotor teeth is 4 m/s, as on serial vertical milling cultivators. A sequence has been developed for determining the radius of rotation and installing teeth on a rotary cultivator depending on the width of the protective zone around plants and their habit as they grow, the distance between bushes in rows, and the width of the loop of an elongated cycloid.

*Keywords:* rotary working body, tillage in rows, berry crops, elongated cycloid loop, asymmetric blade.

#### **References**

1. Gordeev O. V. Problemy obrabotki pochvy mezhdru kustami yagodnyx kul'tur i v chastnosti smorodiny chernoj // Problemy nauchnogo obespecheniya sadovodstva i kartofelevodstva : sb. tr. nauch.-prakt. konf., posvyashh. 85-letiyu FGBNU YUUNIISK / FGBNU «Yuzhno-Ural'skij nauchno-issledovatel'skij institut sadovodstva i kartofelevodstva». 2016. S. 193–195.
2. Modeling the technological process for harvesting of agricultural produce / S. D. Shepelev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Current Problems and Solutions. 2018. S. 012053.
3. Sistema proizvodstva, pererabotki i dovedeniya do potrebitelya yagod v nechernozemnoj zone Rossii / pod obshh. red. chlena-korr. RASXN I. M. Kulikova. M. : VSTISP, 2005. 172 s.
4. Il'in V. S. Smorodina. Chelyabinsk : Yuzh.-Ural. kn. izd-vo, 2007. 195 s.
5. A. s. № 148618, SSSR. Kul'tivator dlya odnovremennoj obrabotki pochvy v mezhduryad'yax i v ryadkax drevesnyx kul'tur i yagodnyx kustarnikov / L. M. Pilyugin, V. I. Klimentko, V. A. Matveev ; opubl. 1962, Byul. № 13.
6. A. s. № 145396, SSSR. Prispособlenie k vinogradnym plugam-kul'tivatoram dlya mezhkustovoj obrabotki pochvy / V. A. Naumov ; opubl. 1962. Byul. № 5.
7. Gordeev O. V., Gordeev V. O. Rabochij organ dlya ryxleniya pochvy v ryadke mezhdru kustami yagodnyx kul'tur // Traktory i sel'xozmashiny. 2017. № 8. S. 3–7.
8. Pat. na polezn. model' RUS 177 760. Prispособlenie dlya mezhkustovoj obrabotki pochvy / O. V. Gordeev, V. O. Gordeev ; opubl. 12.03.2018, Byul. № 8.

9. Gordeev O. V. Usovershenstvovannaya sxema rabocheho organa dlya obrabotki pochvy v ryadax yagodnyx kul'tur // 90 let na sluzhbe agropromyshlennogo kompleksa Urala : sb. tr. Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem, posvyashh. 90-letiyu so dnya osnovaniya Yuzhno-Ural'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sadovodstva i kartofelevodstva – filiala FGBNU UrFANIC UrO RAN. Chelyabinsk, 2021. S. 72–78.

10. Shepelev S. D. Soglasovanie parametrov texnicheskix sredstv v uborochnyx processax: avtoref. dis. ... d-ra texn. nauk / Yuzhno-Ural'skij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. Chelyabinsk, 2010.

**Gordeev Oleg Vlasovich**, D. Sc. (Engineering), senior researcher, Ural Federal Agrarian Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

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

**Latypov Rafkat Mirkhatovich**, D. Sc. (Engineering), South Ural State Agrarian University.

E-mail: mtpitmg@mail.ru.

### The movement of a potato tuber left the drum of a disc-type planter

**M. N. Kalimullin, R. M. Latypov, N. R. Savrasova, A. N. Kozlov, R. R. Latypov**

Ensuring the uniform distribution of tubers is the main requirement in the technology of growing and harvesting potatoes. The paper proposes an improved disk-type planting apparatus. An analysis of the results obtained from the moment the tuber hits the drum until it falls on the soil shows that the determining factor in the uniformity of planting is the difference in the geometric dimensions of the tubers, in particular, in radii. The article presents the equation of motion of the center of mass of a tuber relative to a disk-type planter during planting. An increase in the tuber radius by 2 mm increases the distance  $r_0$  by 8 mm at a fixed angle between the disks  $\alpha = 30$  deg. To ensure uniform planting for one fraction, it is necessary to set such a distance between the drum disks that the difference between the distances  $r_0$  for tubers of one fraction does not exceed the difference between their radii. A difference in tuber radii of 5 mm gives a displacement in the furrow of no more than 1 cm from the specified parameter ( $k = 25$  cm).

*Keywords:* apparatus, drum, tuber, speed, trajectory, parameter, distance, equation.

#### References

1. Pat. na polezn. model' 85297 RF. Ustrojstvo dlya posadki kartofelya / R. M. Latypov, S. N. Kapov, A. I. Aref'ev, R. R. Latypov ; opubl. 2009. Byul. № 22.
2. Savrasova N. R. Rezul'taty eksperimental'nogo opredeleniya modulya uprugosti i predela prochnosti myakoti klubnya kartofelya // Vestnik CHGAA. 2012. T. 60. S. 80–83.
3. Kalimullin M. N., Latypov R. M. Obespechenie raskladki klubnej kartofelya pri posadke vyzhivayushhim apparatom diskovogo tipa // APK Rossii. 2021. T. 28. № 2. S. 230–235.
4. Latypov R. M. Sovershenstvovanie texnologicheskix processov i texnicheskix sredstv dlya vozde-lyvaniya i uborki kartofelya : dis. ... d-ra texn. nauk. Chelyabinsk, 2010. 325 s.
5. Latypov R. R. Obosnovanie parametrov i rezhimov raboty vyzhivayushhego apparata disko- vogo tipa dlya posadki kartofelya // Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu : mater. L Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Chelyabinsk : CHGAA, 2011. CH. 3. S. 166–179.
6. Pat. na polezn. model' RF 87067 RF. Ustrojstvo dlya posadki kartofelya / R. M. Latypov, S. N. Kapov, R. R. Latypov, R. N. Raupova ; opubl. 2009, Byul. № 27.

**Kalimullin Marat Nazipovich**, D. Sc. (Engineering), Associate Professor, Kazan State Agrarian University.

E-mail: marat-kmn@yandex.ru.



**Latypov Rafkat Mirkhatovich**, D. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, and Technology and Mechanization of Animal Husbandry”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: mtpitmg@mail.ru.

**Savrasova Natalia Removna**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department of Technical Mechanics, South Ural State University (NRU).

E-mail: savrasova\_nataly@mail.ru.

**Kozlov Alexandr Nikolayevich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, and Technology and Mechanization of Animal Husbandry”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

**Latypov Ranis Rafkatovich**, applicant of the Department “Tractors, Agricultural Machines and Agriculture”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: Ranislatypov@gmail.com.

### **Improving the method for assessing the technical condition of the cylinder-piston group based on the external impulse-power characteristic of the engine**

**A. F. Kurnosov, Yu. A. Guskov, V. N. Kornienko, A. A. Galynsky**

Research aimed at developing and implementing new methods of operational diagnostics of an internal combustion engine during the production operation of transport and technological machines, which makes it possible to improve the diagnostic process by increasing the reliability of the obtained diagnostic data, is an urgent task. The paper presents the results of research on the justification of a new method for diagnosing the cylinder-piston group of internal combustion engines. The advantage of the proposed method is the ability to carry out measurements during the production operation of machines. It has been established that the assessment of the parameters of the technical condition of the cylinder-piston group should be carried out on the expansion stroke of the corresponding cylinder when the crankshaft is turned by the starter and on the compression stroke of the corresponding cylinder when the engine is idling.

*Keywords:* impulse-power characteristic, engine, technical condition of the cylinder-piston group, diagnostics.

#### **References**

1. Gricenko A. V. Razrabotka metodov testovogo diagnostirovaniya rabotosposobnosti sistem pitaniya i smazki dvigatelej vnutrennego sgoraniya (eksperimental'naya i proizvodstvennaya realizaciya na primere DVS avtomobilej) : avtoref. dis. ... d-ra texn. nauk. Chelyabinsk, 2014.
2. Krivcov S. N. Metodologicheskie osnovy diagnostiki avtomobilej s dizel'nymi dvigatelyami, osnashhennymi akkumulyatornymi toplivopodayushhimi sistemami : dis. ... d-ra texn. nauk. 2017.
3. Trautwein W. P. Ad Blue as a reducing agent for the decrease of NOx emissions from diesel engines of commercial vehicles. DGMK, 2003. 231 s.
4. Splashing characteristics of diesel exhaust fluid (AdBlue) droplets impacting on urea-water solution films / A. Terzis [et al.] // Experimental Thermal and Fluid Science. 2019. T. 102. S. 152–162.
5. Komp'yuternyj kompleks Dizel'-tester MT10D. Rukovodstvo pol'zovatelya. Samara : NPP «NTS», 2017. 24 s.
6. Gritsenko A., Kukov S., Glemba K. Theoretical underpinning of diagnosing the cylinder group during motoring // Procedia Engineering. 2016. T. 150. S. 1182–1187.

7. Plaksin A. M., Gricenko A. V., Glemba K. V. Eksperimental'nye issledovaniya texnicheskogo sostoyaniya cilindroporshnevoj gruppy v rezhime prokrutki dvigatelya starterom // Prom-Inzhiniring. 2016. S. 111–113.

8. Gricenko A. V., Glemba K. V., Balyasnikov A. S. Issledovanie parametrov raboty gazoraspredeleit'nogo mexanizma pri vibroakusticheskom kontrole v rezhime testovogo diagnostirovaniya // Vestnik Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshheniya. 2020. №. 3. S. 65–73.

9. Balyasnikov A. S., Gricenko A. V. Issledovanie gazoraspredeleit'nogo mexanizma DVS metodom vibrodiagnostiki // Aktual'nye voprosy agroinzheneryx i agronomicheskix nauk. S. 23–29.

10. Avtomatizirovannaya texnologiya energeticheskogo monitoringa traktornogo parka sel'xozpredpriyatiya / V. V. Al't [i dr.] // Trudy GOSNITI. 2017. T. 129. S. 36–44.

11. Savchenko O. F., Ol'shevskij S. N., Rixter V. A. Avtomatizaciya eksperimental'nyx issledovanij dvigatelej vnutrennego sgoraniya // Sibirskij vestnik sel'skoxozyajstvennoj nauki. 2008. №. 9. S. 82–90.

12. Us S. S., Kuznecov E. E., Shhitov S. V. Primenenie cifrovoj inklinometrii pri texnicheskoj diagnostike opor dvigatelya // Aktual'nye voprosy razvitiya agrarnogo sektora ekonomiki bajkal'skogo regiona : sb. nauch. tr.// FGBOU VO BGSXA im. V. R. Filippova. Ulan-Ude, 2021. S. 117–120.

13. Pat. № 2744668 RF, MPK G01M 15/04. Sposob ocenki texnicheskogo sostoyaniya cilindroporshnevoj gruppy dvigatelya vnutrennego sgoraniya / A. F. Kurnosov, Yu. A. Gus'kov, D. A. Domnyshev. № 2020122303 ; zayavl. 30.06.2020 ; opubl. 12.03. 2021, Byul. № 8. 12 s.

14. Kurnosov A. F., Gus'kov YU. A. Impul'sno-silovoj sposob ocenki texnicheskogo sostoyaniya cilindro-porshnevoj gruppy dvigatelya vnutrennego sgoraniya // AgroEkoInfo. 2020. № 3. Rezhim dostupa : [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/3/st\\_319.pdf](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/3/st_319.pdf).

15. Pat. № 2690998 RF, MPK G01M 15/04. Sposob ocenki texnicheskogo sostoyaniya cilindroporshnevoj gruppy dvigatelya vnutrennego sgoraniya / A. F. Kurnosov [i dr.]. № 2018130539 ; zayavl. 22.08.2018 ; opubl. 07.06.2019, Byul. № 16. 10 s.

**Kurnosov Anton Fedorovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Novosibirsk State Agrarian University.

E-mail: anton\_kurnosov@mail.ru.

**Guskov Yury Aleksandrovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Director of the Engineering Institute, Novosibirsk State Agrarian University.

E-mail: nsauii@ngs.ru.

**Kornienko Vladimir Nikolayevich**, post-graduate student, Novosibirsk State Agrarian University.

E-mail: vladim-kornien@yandex.ru.

**Galynsky Andrey Alexandrovich**, master student, Novosibirsk State Agrarian University.

E-mail: reshot11@mail.ru.

### **Automatic control system of power electromagnetic drive for livestock stunning**

**A. P. Moiseev, A. V. Volgin, V. A. Kargin, V. I. Charykov, K. M. Usanov**

In the production of meat and meat products, in order to preserve the quality and taste of meat, it is necessary to introduce innovative technologies for humane stunning and slaughter of farm animals and poultry. At modern enterprises, impact is used to achieve the effect of a state of fainting in animals. As a shock machine, the use of a pulsed linear electromagnetic motor (LEMM) is the most preferable, which makes it possible to exclude intermediate energy converters inherent in pneumatic and hydraulic installations. In order to automatically control the impact energy, an electromagnetic drive control system with a programmable logic controller is proposed. Voltage feedback in this automatic control system is



provided by a strain gauge. The power electromagnetic drive for stunning livestock ensures the operation of the LEMM with control as a function of time according to a given cycle. The voltage increase of the applied pulse to the LEMM winding is proportional to the number of cycles as a function of time. An emergency stop of the system occurs outside the presence of the object and when the temperature of the LEMM winding is exceeded. The device with LEMM for stunning livestock is powered from a sectioned capacitor source when MOSFET transistor switches are triggered. The first section of the capacitor source receives a charge of  $0.6U_m$ . The condition for connecting the additional section of the capacitor source is the weight of the animal is more than 250 kg (the charge of the section is  $0.8U_m$ ). The condition for the inclusion of all sections of the capacitor source is the mass of the animal is more than 650 kg, the impact energy is maximum. The inclusion of light and sound alarm occurs after stunning the animal. Protection in the event of a malfunction of one of the transistor switches, leading to a sharp increase in the temperature of the winding, is carried out by an armature position sensor, when the control signal of which is applied to the discrete input of the PLC for more than 3 s, the electromagnetic drive is turned off.

*Keywords:* linear electromagnetic drive, livestock stunning, impact energy, automatic control system.

### References

1. Nazin R. V. *Texnologiya uboya sel'skoxozyajstvennyx zhivotnyx : ucheb.-metod. posobie*. Velikij Novgorod : IPC NovGU im. YAroslava Mudrogo, 2003. 114 s.
2. Moshkin V. I., Nejman V. Yu., Ugarov G. G. *Impul'snye linejnye elektromagnitnye dvigateli : monografiya*. Kurgan : Izd-vo Kurganskogo gos. un-ta, 2010. 220 s.
3. Kargin V. A. Sistema avtomaticheskogo upravleniya elektromagnitnym svodoobrushitelem // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. № 6 (176). S. 148–154.
4. Moshkin V. I., Ugarov G. G. Energeticheskie rezhimy impul'snyx linejnyx elektromagnitnyx dvigatelej // *Trudy IX Mezhdunar. (XX Vserossijskoj) konf. po avtomatizirovannomu elektroprivodu AEP-2016 (ICPDS'2016) (Perm', 3–7 oktyabrya 2016 g.)*. Perm' : Izd-vo PNIPU, 2016. S. 71–76.
5. Rukovodstvo pol'zovatelya po programmirovaniyu PLK v CoDeSyS 2.3. Redakciya RU 2.4, dlya CoDeSyS v2.3.6.x.
6. Ugarov G. G., Nejman V. Yu. Analiz pokazatelej elektromagnitnyx udarnyx mashin // *Fiziko-texnicheskie problemy razrabotki poleznyx iskopaemyx*. 1996. № 2. S. 72–80.
7. Ugarov G. G., Nejman V. Yu. Tendencii razvitiya i primeneniya ruchnyx udarnyx mashin s elektromexanicheskim preobrazovaniem energii // *Izv. vuzov. Elektromexanika*. 2002. № 2. S. 37–43.
8. *Linejnye elektromagnitnye dvigateli i privody v impul'snyx processax i texnologiyax : monografiya* / K. M. Usanov, V. I. Moshkin, V. A. Kargin, A. V. Volgin. Kurgan : Izd-vo Kurganskogo gos. un-ta, 2015. 202 s.
9. Power electromagnetic strike machine for engineering geological surveys / K. M. Usanov [et al.] // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2017. № 87. P. 032049.

**Moiseev Aleksey Petrovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department of Engineering Physics, Electrical Equipment and Electrotechnologies, Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov.

E-mail: saratov-79@list.ru.

**Volgin Andrey Valerievich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department of Engineering Physics, Electrical Equipment and Electrotechnologies, Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov.

E-mail: saratov-79@list.ru.

**Kargin Vitaly Alexandrovich**, D. Sc. (Engineering), Professor of the Department of Automated Control Systems for Biotechnological Processes, Moscow State University of Food Production.

E-mail: vakargin@mail.ru.

**Charykov Viktor Ivanovich**, D. Sc. (Engineering), Professor of the Department of Electrification and Automation of Agriculture, Kurgan State Agricultural Academy n.a. T.S.Maltsev.

E-mail: primenenie@mail.ru.

**Usanov Konstantin Mikhailovich**, D. Sc. (Engineering), Professor of the Department of Engineering Physics, Electrical Equipment and Electrotechnologies, Saratov State Agrarian University named after N.I.Vavilov.

E-mail: kmusanov@mail.ru.

### **The influence of the design and operational parameters of the unit on the rational position of the center of gravity of the additional trailed drive axle**

**G. A. Okunev, A. P. Zyryanov, M. V. Pyataev**

The use of machine-tractor units in the production of crops leads to a negative impact of their running systems on the soil and a decrease in productivity. One way to reduce its compaction is to use an additional trailed drive axle with the tractor, which makes it possible to distribute the mass of the unit and the load on the hook to a larger number of propellers. This also improves its traction performance. The best effect is achieved with a uniform distribution of loads along the axles of the wheels. The results of theoretical studies have shown that in order to ensure uniform distribution of loads along the axles of the wheels of a tractor with an additional trailed drive axle, a change in the position of its center of gravity is required. To reduce the range of variation of this parameter, it is necessary to set the value of the angle of action of the force on the hook relative to the supporting surface close to zero, and also to place the point of attachment of the implement to the tractor lower.

*Keywords:* tractor, additional axle, center of gravity, load distribution.

#### **References**

1. Gajnullin I. A., Zajnullin A. R. Vliyanie konstruktivnykh parametrov dvizhitelej i nagruzochnyx rezhimov traktorov na pochvu // Fundamental'nye issledovaniya. 2017. № 2. S. 31–36.
2. Polivaev O. I., Voishhev V. S. Snizhenie uplotneniya pochvy dvizhitelyami mobil'nykh energeticheskix sredstv // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 1 (38). S. 57–59.
3. Zyryanov A. P., Kapkaeva E. D. Snizhenie vozdeystviya xodovoj sistemy MTA na pochvu pri vypolnenii polevykh rabot // Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu : mater. LIII Mezhdunar. nauch.-texn. konf. / pod red. d-ra texn. nauk P. G. Svechnikova. Chelyabinsk : CHGAA, 2014. Ch. II. S. 57–62.
4. Zyryanov A. P. Issledovanie vzaimosvyazi energeticheskix i texniko-ekonomicheskix pokazatelej raboty tyagovo-privodnykh agregatov // APK Rossii. 2015. T. 72. № 1. S. 36–39.
5. Chumakov V. G., Kopylenko L. Yu. Sposoby bor'by s uplotneniem pochvy // Vestnik Kurganskoy GSXA. 2014. № 2. S. 65–67.
6. Zyryanov A. P., Pyataev M. V., Ognev I. I. Environmental aspects of technological impact on soil caused by technical means used in agriculture // Ecological Agriculture and Sustainable Development Editors: Prof. Dr Litovchenko Viktor Grigorievich, rector of South Ural State Agrarian University; Prof. Dr Mirjana Radovic Markovic, South Ural State University. 2019. S. 257–263.
7. Ekspluatacionno-texnologicheskie pokazateli traktorov obshhego naznacheniya : monografiya / G. A. Okunev, S.D. Shepelev, N.A. Kuznecov, V.L. Astaf'ev. Chelyabinsk : CHGAA, 2014. 184 s. : il., tabl.
8. Shepelev S. D. Soglasovanie parametrov texnicheskix sredstv v uborochnyx processax : avtoref. dis. ... d-ra texn. nauk. Chelyabinsk, 2010. 37 s.
9. Mobil'noe energeticheskoe sredstvo. Opisanie izobreteniya k avtorskomu svidetel'stvu: SU 1708687 A1 SSSR ; zayavl. 16.01.90 ; opubl. 30.01.92, Byul. № 4.



10. Pat. na polezn. model' 204688 Ros. Federaciya. Universal'nyj kolesnyj traktor / G. A. Okunev [i dr.] ; zayavl. 25.02.2021 ; opubl. 07.06.2021, Byul. № 16.

11. Zyryanov A. P. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya MTA s kolesnymi traktorami vysokogo tyagovogo klassa putem differenciacii ix massy : dis. ... kand. texn. nauk. Chelyabinsk, 2009. 164 s.

**Okunev Gennady Andreyevich**, D. Sc. (Engineering), Professor, Professor of the Department "Operation of Machine and Tractor Fleet, and Technology and Mechanization of Animal Husbandry", South Ural State Agrarian University.

E-mail: mtpitmg@mail.ru.

**Zyryanov Anton Pavlovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department "Operation of Machine and Tractor Fleet, and Technology and Mechanization of Animal Husbandry", South Ural State Agrarian University.

E-mail: mtp-chgaa@mail.ru.

**Pyataev Maxim Vyacheslavovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department "Operation of Machine and Tractor Fleet, and Technology and Mechanization of Animal Husbandry", South Ural State Agrarian University.

E-mail: 555maxim@mail.ru.

### **The results of the calculation-experimental method for establishing indicators for the use and reliability of aggregates in crop production**

**A. M. Plaksin, S. D. Shepelev, D. B. Vlasov, E. N. Kravchenko**

The article presents extensive materials of long-term experimental studies of the indicators of the use and reliability of combined seeding units (CPA), grain harvesters (ZUK) during operation in agricultural enterprises of the Chelyabinsk region. Based on the generalization of factory technical characteristics, analysis of the actual parameters of mechanized processes, indicators of reliability and maintainability of technical means, in general, the operational properties of machine-tractor units, a significant quantitative discrepancy (decrease) in their potentially high consumer properties was established. The contradiction of sowing and harvesting processes in the pace of their implementation is revealed.

*Keywords:* combined sowing units, combine harvesters, ordinary operation, reliability, resource saving.

#### **References**

1. Kachurin V. V. Obosnovanie kolichestva mobil'nyx zven'ev dlya vosstanovleniya rabotosposobnosti posevnyx kombinirovannyx agregatov : dis. ... kand. texn. nauk. Chelyabinsk, 2014. S. 150.
2. Kravchenko I. N. Obosnovanie texnicheskoj osnashhennosti posevnyx i uborochnyx processov v usloviyax ogranichennosti resursnogo potenciala rastenievodstva (na primere lesostepnoj zony Zaural'ya) : dis. ... kand. texn. nauk. Chelyabinsk, 2012. S. 134.
3. Plaksin A. M., Kachurin V. V. Pokazateli ispol'zovaniya i ekspluatacionnoj nadezhnosti posevnyx kombinirovannyx agregatov // Vestnik CHGAA. 2014. T. 69. S. 63–69.
4. Plaksin A. M. Vzaimosvyaz' resursnogo potenciala zemledeliya s chelovecheskim kapitalom sela // Vestnik CHGAU. 2012. T. 62. S. 29–36.
5. Plaksin A. M., Kachurin V. V. Vzaimosvyaz' processov ispol'zovaniya i vosstanovleniya rabotosposobnosti mashinno-traktornyx agregatov v rastenievodstve // Vestnik CHGAA. 2013. T. 63. S. 74–78.
6. Shepelev S. D. Soglasovanie texnicheskix sredstv v uborochnyx processax : dis. ... d-ra texn. nauk. Chelyabinsk, 2010. S. 290.
7. Pat. na izobr. 2729525S1. Sposob pryamogo poseva sel'skoxozyajstvennyx kul'tur / S. D. Shepelev, E. N. Kravchenko, I. N. Kravchenko, N. A. Telichkina. № 2019133466 ; zayavl. 21.10.2019 ; opubl. 07.08.2020.



8. Shepelev S. D. Obosnovanie sootnoshenie ploshhadej poseva razlichnyx po skorospelosti sortov yarovoj pshenicy // *Zernovoe khozyajstvo*. 2006. № 8. S. 15–20.

**Plaksin Alexey Mikhailovich**, D. Sc. (Engineering), Professor, Professor of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, and Technology and Mechanization of Animal Husbandry”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: plaksin.1944@mail.ru.

**Shepelev Sergey Dmitrievich**, D. Sc. (Engineering), Associate Professor, Director of the Institute of Agricultural Engineering, South Ural State Agrarian University.

E-mail: shepelev2@yandex.ru.

**Vlasov Dmitry Borisovich**, Cand. Sc. (Engineering), senior lecturer of the Department “Technical Service of Machines, Equipment and Life Safety”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: dimon.vlasoff2012@yandex.ru.

**Kravchenko Evgeny Nikolaevich**, Applicant of the Department “Operation of Machine and Tractor Fleet, and Technology and Mechanization of Animal Husbandry”, South Ural State Agrarian University.

E-mail: nich\_csaa@mail.ru.

### **Gasoline vapor recovery unit of adsorption type for petrol stations**

**A. G. Popova, V. O. Apalikov**

Gasoline vapor emissions containing volatile organic compounds are becoming a serious environmental problem. The paper proposes an installation for the recovery of gasoline vapors for gas stations (gas stations). The hydrocarbon vapor recovery system is based on the well-known silica gel adsorption process. An urgent problem of modern chemistry of inorganic sorption materials is the study of the structure and structure of gels of oxyhydrate compounds of heavy metals. The study of these systems introduces some fundamental provisions into science, which can significantly change existing ideas. This applies to questions about the nature of gels of inorganic polymers, to the synthesis of inorganic macromolecules and chemical transformations in polymer chains, to the modification of a number of properties of gels and their characterization. For oxyhydrate materials, these issues are complicated by the phenomena of structuring and formation of mesophases similar to those existing in organic polymeric liquid crystals; therefore, work is needed to systematically study the evolution of the properties of heavy metal oxyhydrate gels. The study of the mechanisms of structure formation will ultimately make it possible to synthesize, with a high degree of probability, gels with desired sorption properties. Activated carbon is a good sorbent for gasoline vapors, but its use is difficult due to its easy oxidization, which can lead to severe heating and even ignition of coal. Silica gel is somewhat inferior to coal in terms of adsorption properties, but it is more durable and is not oxidized by oxygen, can be subjected to multiple regeneration, and is relatively cheap. The authors investigated the dynamic viscosity of oxyhydrate silicic acid gel over time. In accordance with the stated goal, the following tasks were solved: 1) the dependences of the viscosity of silicic acid gels on time were studied under the application of shear deformation depending on the synthesis conditions and shear rate; 2) the correspondence of the obtained dependences to the structural and morphological features of gelation was established; 3) mathematical processing of the received data is carried out and experimental mappings of the first and second returns are analyzed.

*Keywords:* adsorbent, silica gel, recuperation, gasoline vapors.

#### **References**

1. Suxarev Yu. I., Apalikova I. Yu. Nanotokovye segnetoelektriki gelevyx oksigidratov : monografiya. Kazan' : OOO “Innovacionno-izdatel'skij dom “Butlerovskoe nasledie”, 2019. 440 s.



2. Shubov L. Ya. Problema zagryazneniya okruzhayushhej sredy ot deyatel'nosti AZS // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2005. № 12. S. 34–39.
3. Varnakova E. A. Snizhenie poter' topliva ot ispareniya pri zapravke na avtozapravochnoj stancii // Innovacionnye texnologii v gumanitarnyx naukax : tr. 6-j Mezhdunar. konf. Ul'yanovsk, 2012. S. 75–76.
4. Kobytkin N. I., Gel'fand B. E. Perevalka nefteproduktov. Opasnosti kotorye neobxodimo predotvratit' // Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal. 2010. № 5. S. 90–98.
5. Pat. na izobr. 2420454 Rossijskaya Federaciya. Sposob polucheniya nanodispersnogo kremnezema / S. L. Los' ; opubl. 22.12.2009.
6. Kolloidno-ximicheskie nanoprocessy na osnove oksigidratnyx sistem redkozemel'nyx elementov / Yu. I. Suxarev, V. D. Txaj, I. Yu. Apalikova, V. O. Apalikov // XVIII Mezhdunar. konf. po nauke i texnologiyam Rossiya-Koreya-SNG : tr. konf. (Moskva, 2018 god). M. : Izd-vo MGU, 2018. S. 131–137.
7. Sukharev Yu. I., Apalikova I. Yu. Cluster Electric Spectroscopy of Colloid Chemical Oxyhydrate Systems : monograph // Trans Tech Publications Ltd. Shurerstrasse 20. Switzerland. 2015. 585 r.

**Popova Anna Georgyevna**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Federal State Official Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education the Branch of the Military Educational and Scientific Center of the Air Force “Air Force Academy” in Chelyabinsk.

E-mail: krasata79@mail.ru.

**Apalikov Vitaly Olegovich**, undergraduate, group P-214, South Ural State University (NRU).

E-mail: apalikov74ru@yandex.ru.

## **Winding durability model for submersible motors**

**L. A. Saplin, V. A. Butorin, A. M. Molchan**

The paper considers the construction of a mathematical model of the durability of submersible water-filled electric motors, taking into account the rate of change in the leakage current and the indicator of the nature of its change from operating time at two different test voltages. At the same time, a preliminary analysis of the existing parameters of the technical condition of their insulation, including resistance, absorption coefficient, capacitance – frequency, dielectric loss tangent, partial discharges, leakage current, made it possible to choose the main one - the relative increments of the leakage current when the applied voltage changes from 600 V to 1000 V. In the technical literature, there can be found functions for describing the change in the parameter of the technical condition from the operating time, these include linear, exponential, logarithmic, power, and others. Among these functions, the most universal is the power function, which is widely used in describing the reliability of electrical equipment. Based on this function, the dependencies of the leakage current value on the rate of its change and the indicator of the nature of the relationship between the leakage current and the operating time were described. When the limit value of the relative increment of the leakage current is reached, the operating time of the submersible motor will be its resource. In the future, the expression for determining the resource can be used when conducting control tests for the reliability of repaired submersible electric motors and assessing their compliance with the technical requirements for overhaul.

*Keywords:* submersible motor, reliability, repair, durability, control tests.

### **References**

1. Inhibitory protection of bearing units of electric motors in animal husbandry / V. A. Butorin [et al.] // E3S Web of Conferences. International Conference “Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic” (EFSC2021). 2021. C. 07018.
2. Butorin V. A., Saplin L. A., Molchan A. M. Matematicheskaya model' kontrol'nyx ispytanij na nadezhnost' otremonirovannyx pogruznyx elektrodvigatelej // APK Rossii. 2021. T. 28. № 2. S. 193–199.

3. ТК 70.0009.001-84. Электродвигатели трехфазные асинхронные короткозамкнутые водозаполненные погружные. Технические требования на капитальный ремонт. М. : GOSNITI, 1985. 78 с.
4. ТК 70.0001.086-78. Электродвигатели трехфазные асинхронные водозаполненные погружные. Технические требования на капитальный ремонт. М.: GOSNITI, 1974. 52 с.
5. Amerxanov R. A., Eroshenko G. P., Shelimanova E. V. Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем. М. : Энергоатомиздат, 2008. 448 с.
6. Eroshenko G. P., Medved'ko Yu. A., Taranov M. A. Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий. Ростов-на-Дону : Terra, 2001. 592 с.
7. Eroshenko G. P., Kondrat'eva N. P. Эксплуатация электрооборудования. М. : ИНФА-М, 2014. 336 с.
8. Эксплуатация электрооборудования / G. P. Eroshenko [i dr.]. М. : KolosS, 2013. 344 с.
9. Pyastolov A. A., Eroshenko G. P. Эксплуатация электрооборудования. М. : Agropromizdat, 1990. 287 с.
10. Tkachev A. N. Прогнозирование долговечности плечонных электронгревателей методом статистического моделирования // Достижения науки – агропромышленному производству : матер. LIII Междунар. науч.-техн. конференции. Челябинск : CHGAA, 2014. CH. III. S. 287–292.
11. Tkachev A. N. Прогнозирование ресурса плечонных электронгревателей // Достижения науки – агропромышленному производству : матер. Междунар. науч.-техн. конференции. Челябинск : CHGAA, 2013. S. 196–199.
12. Druzhinin G. V. Надежность автоматизированных производственных систем. Изд. 4-е. М. : Энергоатомиздат, 1986. 480 с.
13. Butorin V. A., Tsarev I. B., Guseynov R. T. Bench-Scale Tests Aimed at Finding Rate and Acceleration of Wear Determining Service Life of Thrust Bearing in Submersible Electric Motor // Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). Lecture Notes in Mechanical Engineering. Cham, 2020. S. 1089–1095.
14. Butorin V. A., Guseynov R. T. Main factors affecting the bearing units service life in submersible electric motors // LIII international scientific and technical conference “Science achievements for agro-industrial production”. Russia, Chelyabinsk, February. 2014. Part. 2014. № 3. S. 241.
15. Butorin V. A., Carev I. B., Butorin D. V. Определение среднего ресурса для оценки надежности плечонного электронгревателя с проволочным резистивным элементом // АПК России. 2020. Т. 27. № 2. S. 280–283.
16. Banin R. V., Butorin V. A., Carev I. B. Исследование скорости увеличения радиального зазора в подшипниках асинхронного двигателя при передаточном моменте механической муфты в условиях сельскохозяйственного производства // АПК России. 2021. Т. 28. № 2. S. 183–187.
17. Sotskov B. S. Основы теории и расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники. М. : Высш. shk., 1970. 270 с.
18. Kuznecov N. L. Надежность электрических машин. М. : Изд. дом MEI, 2006. 432 с.
19. Myakinin E. G. Исследование увлажнения изоляции электрических машин в различных ее состояниях // Вопросы эксплуатации и повышения надежности электрооборудования. 1975. № 91. S. 10–18.
20. Vovdenko N. P. Прогнозирование долговечности осветительных приборов со светодиодами для условий запыленного грунта : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2013. 22 с.

**Saplin Leonid Alekseyevich**, D. Sc. (Engineering), Professor, South Ural State Agrarian University.  
E-mail: lsaplin@mail.ru.

**Butorin Vladimir Andreyevich**, D. Sc. (Engineering), Professor, South Ural State Agrarian University.  
E-mail: butorin\_chgau@list.ru.

**Molchan Alexander Mikhailovich**, post-graduate student, South Ural State Agrarian University.  
E-mail: a.molchan@list.ru.



## VETERINARY SCIENCES

### Stimulation of resistance in newborn calves

A. N. Mironov, V. A. Pleshkov, T. V. Zubova

The article presents the results of a study on the effect of the immunomodulatory drug Roncoleukin on the body of newborn calves of the Black-and-White breed in the commercial economy of Kemerovo region. The purpose of the study was to study the effectiveness of the drug on blood parameters that characterize the resistance of the body of calves, as well as their productive indicators. Animals were weighed and the following zootechnical indicators were taken into account: live weight at the beginning and end of the experiment, absolute live weight gain, average daily live weight gain and relative gain. The formation features of live weight gain were studied during individual weighing at the beginning and end of the accounting period. For the study, 2 groups of calves (the control and experimental ones) were formed, 10 animals in each. Newborn calves were treated with the drug according to the instructions attached to the drug (on the first day after birth, Roncoleukin was injected subcutaneously at a dose of 100,000 IU per head once), then the experimental livestock was monitored until 30 days of age. When using the drug, there is a positive effect on the formation of indicators of the resistance of the body of calves. In calves from the experimental group during the study period, the increase in lysozyme activity of blood serum was 14.4% ( $p < 0.05$ ), the bactericidal activity of blood serum was 16.7% ( $p < 0.05$ ). The difference between the indicators of bactericidal activity of blood serum in the experimental groups at the age of 30 days was 13.9% ( $p < 0.05$ ). At the end of the study, calves from the experimental group were superior in absolute gain to the ones from the control group by 6.23% or 2.3 kg ( $p < 0.05$ ), in relative gain by 6.89% ( $p < 0.05$ ). In the control group, during the period of the study, 4 calves with disorders of the gastrointestinal tract were identified, in the experimental group were 3 calves. The safety of the livestock in the experimental group was 100%, while in the control group 2 calves died, thus, the safety was 80%.

*Keywords:* newborn calves, immunomodulator, Roncoleukin, growth rate, resistance.

### References

1. Blecha F. Immunomodulation: a means of disease prevention in stressed livestock // J Anim Sci. 1988. Aug. № 66 (8). P. 2084-90. DOI: 10.2527/jas1988.6682084x. PMID: 3061993.
2. Borad S. G., Singh A. K. Colostrum immunoglobulins: Processing, preservation and application aspects. Review // International Dairy Journal. October 2018. Vol. 85. P. 201–210.
3. Phytochemical, microbiological, and technological studies in the field of obtaining a hydroalcoholic extract with antimicrobial activity from the liquorice root / N. Boyko [et al.] // Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research. 2019. Vol. 12. Issue 1. P. 403–407.
4. The use of immunomodulators in the control of infectious bovine rhinotracheitis / G. Castrucci [et al.] // Comp Immunol Microbiol Infect Dis. 2000 Jul. № 23 (3). P. 163-73. DOI: 10.1016/s0147-9571(99)00069-7. PMID: 10855662.
5. Association between growth rates, age at first calving and subsequent fertility, milk production and survival in Holstein-Friesian heifers / J. Cooke, Z. Cheng, N. Bourne, D. Wathes // Open J. Anim. Sci. 2013. № 3. P. 1–12.
6. The effect of colostrum storage conditions on dairy heifer calf serum immunoglobulin G concentration and preweaning health and growth rate / C. Cummins [et al.] // Journal of Dairy Science. January 2017. Vol. 100. Issue 1. P. 525–535.
7. Immunomodulatory effects of Echinacea and Pelargonium on the innate and adoptive immunity in calves / C. Seckin [et al.] // Food and Agricultural Immunology. 2018. № 29:1. P. 744–761. DOI: 10.1080/09540105.2018.1444738.
8. Strategies for reduced antibiotic usage in dairy cattle farms / E. Trevisia [et al.] // Research in Veterinary Science. April 2014. Vol. 96. P. 229–233.

9. Sayber G., Kabu M. Effects of Two Different Immunomodulators on Calf Diarrhea in Neonatal Calves // *Kocatepe Veterinary Journal*. 2021. DOI: 10.30607/KVJ.868684.
10. Grice K. D., Glosson K. M., Drackley J. K. Effects of feeding frequency and protein source in milk replacer for Holstein calves // *Journal of Dairy Science*. November 2020. Vol. 103. Issue 11. P. 10048–10059.
11. Ian R. Tizard. Vaccines for Veterinarians. Chapter 11 // Production, assessment, and regulation of vaccines. 2021. P. 131–140.
12. Weller J. I. Gershoni M., Ezra E. Genetic and environmental analysis of female calf survival in the Israel Holstein cattle population // *Journal of Dairy Science*. March 2021. Vol. 104. Issue 3. P. 3278–3291.
13. Review. A 100-Year Review: Calf nutrition and management / A. F. Kertz [et al.] // *Journal of Dairy Science*. December 2017. Vol. 100. Issue 12. P. 10151–10172.
14. Analgesic effectiveness of new nanosilver drug / A. M. Kovalenko [et al.] // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. № 10 (1). P. 300–306. DOI: 10.15421/2020\_47.
15. Marnila, P., Korhonen H. Reference Module in Food Science // *Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition)*. 2011. P. 591–597.
16. Efficacy of an Immune Modulator In Enzootic Pneumonia of Dairy Calves / M. Metzner [et al.] // *Journal of veterinary medicine*. Vol. 46.5. P. 293–299. DOI: 10.1046/j.1439-0442.1999.00218.x.
17. A calf-level study on colostrum management practices associated with adequate transfer of passive immunity in Québec dairy herds / M. P. Morin, J. Dubuc, P. Freycon, S. Buczinski // *Journal of Dairy Science*. April 2021. Vol. 104. Issue 4. P. 4904–4913.
18. The effect of calf nutrition on the performance of dairy herd replacements / S. J. Morrison [et al.] // *Animal*. 2012. Vol. 6. Issue 6. P. 909–919.
19. Quinn P. J. Mechanisms of Action of Some Immunomodulators Used in Veterinary Medicine // *Advances in Veterinary Science and Comparative Medicine*. 1990. Vol. 35. P. 43–99.
20. Metabolic parameters in transition cows as indicators for early-lactation culling risk / T. Roberts [et al.] // *J. Dairy Sci*. 2012. № 95. P. 3057–3063.
21. Immune Parameters of Dry Cows Fed Mannan Oligosaccharide and Subsequent Transfer of Immunity to Calves / S. T. Franklin, M. C. Newman, K. E. Newman, K. I. Meek // *Journal of Dairy Science*. 2005. Vol. 88. № 2.
22. A survey of management practices that influence calf welfare and an estimation of the annual calf mortality risk in pastured dairy herds in Uruguay / C. O. Schild [et al.] // *Journal of Dairy Science*. October 2020. Vol. 103. Issue 10. P. 9418–9429.
23. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part II. Factors associated with colostrum quality and passive transfer status of dairy heifer calves / C. B. Shivley [et al.] // *Journal of Dairy Science*. October 2018. Vol. 101. Issue 10. P. 9185–9198.
24. Red propolis as an additive for preweaned dairy calves: Effect on growth performance, health, and selected blood parameters / G. S. Slanzon [et al.] // *Journal of Dairy Science*. October 2019. Vol. 102. Issue 10. P. 8952–8962.
25. The effect of probiotics, phytobiotics and their combination as feed additives in the diet of dairy calves on performance, rumen fermentation and blood metabolites during the preweaning period / B. Stefańska [et al.] // *Animal Feed Science and Technology*. February 2021. Vol. 272. P. 114738.
26. Tautenhahn A., Merle R., Müller K. E. Factors associated with calf mortality and poor growth of dairy heifer calves in northeast Germany // *Preventive Veterinary Medicine*. November 2020. Vol. 184. P. 105154.
27. Strategies for reduced antibiotic usage in dairy cattle farms / E. Trevisi [et al.] // *Research in Veterinary Science*. April 2014. Vol. 96. Issue 2. P. 229–233.

**Mironov Aleksandr Nikolayevich**, postgraduate student, Head of the State Budgetary Institution “Belovskaya SBBZh”, Kuzbass State Agricultural Academy.

E-mail: mironvet@mail.ru.



**Pleshkov Vladimir Aleksandrovich**, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Kuzbass State Agricultural Academy.  
E-mail: 6110699@mail.ru.

**Zubova Tatyana Vladimirovna**, D. Sc. (Engineering), Professor, Kuzbass State Agricultural Academy.  
E-mail: suta54@mail.ru.

**Biochemical profile of blood and chemical composition of poultry meat in the conditions of development of transport and heat stresses in broiler chickens against the background of the use of pharmacological agents**

**E. R. Saifulmulyukov, A. V. Miftakhutdinov, E. A. Nogovitsina, M. B. Rebezov**

Factors of transport and heat stress accompany the industrial fattening of poultry, since the slaughter of broiler chickens is always preceded by transportation. The level of stress depends on how carefully the bird was handled during catching, loading and unloading, on stocking density, microclimate, vehicle movement, and travel time. Based on this, the outcome may be different – from invisible adaptive changes to the death of birds. The use of specialized means of pharmacological support allows neutralizing the negative manifestation of stress in the body. The results of the studies revealed statistically significant changes in the biochemical parameters of the blood of an experimental bird – a decrease in the level of alpha globulins by 2.0%, glucose by 14.7%, an increase in beta and gamma globulins by 1.7 and 2.6%, calcium by 13.0% and the mineral composition of meat – a decrease in the concentration of zinc by 17.2 and an increase in manganese by 11.1%.

*Keywords:* blood, meat, broiler chickens, transport stress, heat stress, pharmacological agents.

**References**

1. Prikhod'ko O. V., Babkina T. N. Terapiya transportnogo stressa u golubej // Veterinarnaya patologiya. 2015. № 3 (53). S. 49–54.
2. Xarlap S. Yu., Derxo M. A., Loretc O. G. Rol' belkov krovi v realizacii stress-induciruyushhego vozdeystviya shuttelirovaniya v organizme cyplyat // Agrarnyj vestnik Urala. 2016. № 3 (145). S. 66–71.
3. Miftaxutdinov A. V. Vzaimosvyaz' stressovoj chuvstvitel'nosti kur i razvitiya adaptacionnyx reakcij v usloviyax promyshlennogo soderzhaniya // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. № 9 (83). S. 65–68.
4. Miftaxutdinov A. V. Stress-chuvstvitel'nost' kur i metody ee ocenki // Aktual'nye voprosy veterinarnoj biologii. 2011. № 3 (11). S. 31–38.
5. Influence of stressors on normal intestinal microbiota, intestinal morphology and susceptibility to Salmonella enteritidis colonization in broilers / K. M. Burkholder [et al.] // Poultry Science. 2009. Vol. 87. P. 1734–1741. DOI: 10.3382/ps.2008-00107.
6. Zhuravel' N. A. Organizaciya proizvodstvennogo veterinarno-sanitarnogo kontrolya pri vyrashhivanii brojlerov // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. E. Baumana. 2015. T. 224. S. 53–57.
7. Transport stress induces weight loss and heart injury in chicks: disruption of ionic homeostasis via modulating ion transporting ATPases / Z. Y. Li [et al.] // Oncotarget. 2017. Vol. 8. № 15. P. 24142–24153. DOI: 10.18632/oncotarget.15903.
8. The effect of management of transport and lairage conditions on broiler chicken breast meat quality and DOA (Death on Arrival) / A. Oba [et al.] // Brazilian Archives of Biology and Technology. 2009. Vol. 52. № 2. P. 205–211. DOI: 10.1590/S1516-89132009000700026.
9. Pat. № 2580761 Rossijskaya Federaciya. Sredstvo dlya profilaktiki stressa u kur / A. V. Miftaxutdinov [i dr.]. № 2015115387/15 : zayavl. 23.04.2015 ; opubl. 10.04.2016.

10. Miftakhutdinov A. V., Saifulmulyukov E. R., Nogovitsina E. A. Alleviation of technological stresses by a feed supplement // *Agronomy Research*. 2021. Vol. 19. № 2. P. 552–561. DOI: 10.15159/AR.21.039.

11. Miftakhutdinov A. V., Saifulmulyukov E. R., Nogovitsina E. A. Safety monitoring of broiler chicken meat when correcting pre-slaughter stress using feed supplement PIK-Antistress // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* this link is disabled. 2021. Vol. 624. № 1. P. 012175. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012175.

12. Transport stress in broilers: I. Blood metabolism, glycolytic potential, and meat quality / L. Zhang [et al.] // *Poultry science*. 2009. Vol. 88. P. 2033–2468. DOI: 10.3382/ps.2009-00128.

13/ The changes of the body weight and some blood parameters of Pekin ducklings dependent on transportation duration / Z. Erisir [et al.] // *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2008. Vol. 7. P. 1190–1195.

**Saifulmulyukov Ernest Raisovich**, Cand. Sc. (Veterinary), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Infectious Diseases and Veterinary and Sanitary Expertise, South Ural State Agrarian University.

E-mail: ernest\_saif@mail.ru.

**Miftakhutdinov Alevtin Viktorovich**, D. Sc. (Biology), Professor, Head of the Department of Morphology, Physiology and Pharmacology, South Ural State Agrarian University.

E-mail: nirugavm@mail.ru.

**Nogovitsina Elena Aleksandrovna**, Cand. Sc. (Biology), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Morphology, Physiology and Pharmacology, South Ural State Agrarian University.

E-mail: madzuga74@mail.ru.

**Rebezov Maxim Borisovich**, D. Sc. (Agriculture), Professor, chief researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center for Food Systems n.a. V.M.Gorbatov”, the Russian Academy of Sciences.

E-mail: rebezov@ya.ru.

## STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCE

### Qualitative indicators of a semi-finished product of chopped meat-containing pine nuts with cake (*Pinus sibirica* seeds)

**B. A. Idyryshev, A. N. Nurgazezova, M. B. Rebezov, S. K. Kasymov,  
A. V. Miftakhutdinov, Zh. M. Atambaeva**

The meat industry is an important industry in food production. The meat processing industry occupies a very important place in food production. The international market for meat products is developing dynamically and is experiencing a steady growth process. Providing the population with high-quality food products is one of the main provisions of the Concept of the state policy in the field of public health of the Republic of Kazakhstan and the Russian Federation. The article presents the results of a study of the chemical composition of cake obtained by two different methods from the cake of cedar nuts (seeds of Siberian pine), growing in the eastern region of the Republic of Kazakhstan. The influence of cedar nut cake on the quality indicators of samples included in the meat-containing semi-finished product in various combinations has been investigated and analyzed. The authors studied the mineral composition of the meat-containing semi-finished product with cedar nut cake. The results of studies on food safety of the developed promising meat-containing product are presented.

*Keywords:* pine nut cake, functional product, safety indicators, semi-finished meat product.



## References

1. Patentnyj poisk pri proektirovanii funkcional'nyx produktov pitaniya / M. B. Rebezov [i dr.] // Nauchnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya zhivotnovodstva : sb. nauch. tr. po mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii. Zhodino, 2013. S. 435–436.
2. Osobennosti ocenki myasnoj produkcii biokorregiruyushhego dejstviya / D. R. Tazeddinova, M. B. Rebezov, L. S. Proxas'ko, E. A. Cybina // Nauchnyj dialog: molodoj uchenyj : sb. nauch. tr. po mater. XI Mezhdunar. nauch. konf. / Mezhdunarodnaya nauchno-issledovatel'skaya Federaciya «Obshchestvennaya nauka». 2017. S. 42–45.
3. Role of calcium, magnesium and phosphorous in human body / E. Okuskhanova [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. T. 9. № 6. S. 258–261.
4. Uluchshenie ximicheskogo sostava myshechnoj i zhirovoj tkani / A. V. Il'tyakov, I. N. Mikolajchik, L. A. Morozova, E. S. Stupina // Vestnik biotexnologii. 2015. № 2 (4). S. 4.
5. Funkcional'no-texnologicheskie svojstva kompleksa zhivotnyx belkov / L. S. Kudryashov, O. A. Kudryashova, S. L. Tixonov, N. V. Tixonova // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. : Pishhevye i biotexnologii. 2017. T. 5. № 2. S. 17–24.
6. Issledovanie funkcional'no-texnologicheskix xarakteristik model'nyx farshevyx sistem, obogashennyx pishhevymi voloknami / V. V. Pryanishnikov [i dr.] // Innovacionnye puti v razrabotke resursosoberegayushhix texnologij xraneniya i pererabotki sel'skoxozyajstvennoj produkcii : mater. Vseros. nauch.-prakt. konf. (6 aprelya). Kurgan : Izd-vo Kurganskaya GSXA, 2017. S. 142–148.
7. Morozova L. A., Mikolajchik I. N. Sovremennye aspekty sovershenstvovaniya texnologii syropopchenyx kolbas s ispol'zovaniem pishhevyx volokon // Innovacionnye napravleniya i razrabotki dlya effektivnogo sel'skoxozyajstvennogo proizvodstva : mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashh. pamyati chlena-korr. RAN V.I. Levaxina (27–28 oktyabrya). Orenburg, 2016. S. 130–133.
8. Primenenie arabinogalaktana pri proizvodstve kolbasnyx izdelij iz myasnogo syr'ya s otkloneniyami v processe avtoliza / A. A. Nogina [i dr.] // APK Rossii. 2017. T. 24. № 1. S. 160–164.
9. Motovilov O. K., Morozov A. I., Gergardt O. S. Ispol'zovanie kedrovogo zhmyxa v texnologii kolbasnyx izdelij iz myasa kur mexanicheskoy obvalki: ocenka kachestva // Novye texnologii. 2010. № 4. S. 38–41.
10. Gurinovich G. V., Subbotina M. A., Gargaeva A. G. Myasnoj pashtet s kedrovym zhmyxom uluchshennogo zhirnokislотноgo sostava // Myasnaya industriya. 2015. № 1. S. 22–24.
11. Lyu Ya. Razrabotka receptur polufabrikatov s ispol'zovaniem poroshka iz kedrovogo zhmyxa // Vestnik KrasGAU. 2016. № 3 (114). S. 180–187.
12. Xanturgaeva V. A., Xamaganova I. V. Izuchenie ximicheskogo sostava kedrovogo zhmyxa dlya sozdaniya produktov zdorovogo pitaniya // Mezhdunarodnaya nauch.-prakt. konferenciya, posvyashhennaya pamyati Vasiliya Matveevicha Gorbatova. 2018. № 1. S. 280–281.
13. Ivanova I. V., Ratushnyj A. S. Ispol'zovanie zhmyxa kedrovogo orexa pri proizvodstve funkcional'nyx produktov pitaniya // Nauka i Obrazovanie. 2020. T. 3. № 2. S. 331.
14. Control by the accuracy of the results of studies for the cadmium content in samples applying the microwave laboratory system PLP-01M / L. N. Tretyak [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall., Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. S. 12183.
15. Application of the PLP-01M microwave laboratory system using control samples to assess the accuracy of the results of studies of cadmium content / N. N. Maksimiuk [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall., Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. S. 12186.
16. Evaluation of the use of the PLP-01M microwave laboratory system using working samples to control the accuracy of the results of examining product samples for lead content / M. B. Rebezov [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall., Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. S. 12191.
17. Giro T. M., Chirkova O. I. Myasnye produkty s rastitel'nymi ingredientami dlya funkcional'nogo pitaniya // Myasnaya industriya. 2007. № 1. S. 43–46.



18. Nutritive and biological value of sea buckthorn grown in east Kazakhstan region and its beneficial effects to human health / A. Kassenov [et al.] // International Journal of Pharmaceutical Research. 2019. № 11 (1). R. 754–757.

19. Effects of *Boswellia Serrata* and Whey Protein Powders on Physicochemical Properties of Pork Patties / F. Yang [et al.] // Foods. 2020. № 9 (3). R. 334. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9030334>.

20. Pat. Respubliki Kazaxstan № 5165 A23L 13/60 (2006.01). Kompoziciya dlya polucheniya myasorastitel'nyx kotlet funkcional'nogo naznacheniya / B. A. Idyryshev [i dr.]. № 2020/0374.2 ; zayavl. 17.07.2020.

**Idyryshev Berik Arystanbekuly**, master (Engineering), lecturer of the Department «Food Production Technology and Biotechnology», Non-Profit Joint Stock Company «Shakarim University of Semey», Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

E-mail: B\_1991@mail.ru.

**Nurgazezova Almagul Nurgazezovna**, Cand. Sc. (Biology), Associate Professor of the Department «Food Production Technology and Biotechnology», Non-Profit Joint Stock Company «Shakarim University of Semey», Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

E-mail: almanya1975@mail.ru.

**Rebezov Maxim Borisovich**, D. Sc. (Agriculture), Professor, chief researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution ‘Federal Scientific Center for Food Systems n.a. V.M.Gorbatov’, the Russian Academy of Sciences.

E-mail: rebezov@ya.ru.

**Kasymov Samat Kairatovich**, Cand. Sc. (Biology), Associate Professor of the Department «Food Production Technology and Biotechnology», Non-Profit Joint Stock Company «Shakarim University of Semey», Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

E-mail: samat-kasymov@mail.ru.

**Miftakhutdinov Alevtin Viktorovich**, D. Sc. (Biology), Professor, Head of the Department of Morphology, Physiology and Pharmacology, South Ural State Agrarian University.

E-mail: nirugavm@mail.ru.

**Atambaeva Zhibek Manapovna**, master (Engineering), lecturer of the Department «Food Production Technology and Biotechnology», Non-Profit Joint Stock Company «Shakarim University of Semey», Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

E-mail: zh.atambayeva@mail.ru.

### **Meat of ungulates as a promising strategic reserve for the production of meat products for mass and specialized purposes**

**V. G. Shelepov, V. A. Uglov, E. V. Borodai, V. M. Poznyakovsky**

At present, the problem of using non-traditional meat raw materials remains relevant, given the prospect of developing the production of beef and pork. This problem can be partially solved through the rational use of: venison, yak meat, elk, various hybrids (haynaki, for example), deer, rabbits, ostriches, upland game, as well as musk ox, whose population is growing in the Far North. The purpose of the study is a comparative study of the biochemical and physicochemical parameters of meat of deer, elk and musk ox living in the regions of the Yenisei North, and substantiation of recipes for the production of specialized meat products as a complete protein. Finished meat products combine the properties of meat and plant components with a complex of biologically active substances. The high biological and nutritional value of the meat of these animals was established in terms of the protein-quality index, the content of



vitamins E, group B, micro- and macroelements. The studies were carried out on the basis of the Research Institute of Agriculture of the Far North. The scientific novelty of the work lies in obtaining new data on the nutritional value and quality of the meat of native animals. The work used conventional and special research methods. The results obtained were processed by the method of mathematical statistics with the involvement of computer simulation.

*Keywords:* meat of ungulates, protein-quality index, amino acids, vitamins, macro- and microelements.

### References

1. Mediko-ekologicheskij monitoring sostoyaniya zdorov'ya naseleniya v zone promyshlennogo osvoeniya Severa. Rezhim dostupa : <https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/instituty/mi/nauchnaya-rabota/nir/monit/>.
2. Sus' I. V. Olenina-dopolnitel'nyj istochnik syr'ya dlya myasnoj promyshlennosti // Vse o myase. 2012. № 3. S. 5–9.
3. Gorbunova N. A., Nasonova V. V. Netradicionnye istochniki myasnogo syr'ya zhivotnogo proisxozhdeniya // Vse o myase. 2015. № 5. S. 46–50.
4. Kajzer A. A. Shelepov V. G. Texnologicheskaya sxema zagotovki i ocnki kachestva myasa i subproduktov kopytnyx zhivotnyx Enisejskogo Severa : posobie / Rossel'xozakademiya Sib. otd-nie. GNU NIISX Krajnego Severa. Noril'sk, 2013. 110 s.
5. Yuzhakov A. A. Kachestvennye pokazateli myasa severnyx oleney Arkticheskoy zony. Rossiya v novyx realiyax mirovogo prodovol'stv. rynka / Sev.-Zap. centr mezhdisciplinar. issled. problem prodovol'stv. obespecheniya. SPb. ; Pushkin, 2016. S. 153–157.
6. Kajshev V. G., Seregin S. N. Sostoyanie i perspektivy razvitiya rynka funkcional'nyx produktov pitaniya // Myasnye texnologii. 2017. № 1. S. 24–27.
7. Osnovnye principy sozdaniya myasnyx produktov funkcional'nogo naznacheniya dlya pitaniya uchashejsya molodezhi i lyudej, zanimayushhixsya umstvennym trudom (v usloviyax Belorussii) : monografiya / A. V. Meleshhenya [i dr.] ; Nac. akad. nauk Belarusi, Nauch.-prakt. centr Nac. akad. nauk Belarusi po prodovol'stviyu, RUP «In-t myaso-moloch. prom-sti». Minsk : RUP «In-t myaso-moloch. prom-sti», 2017. 159 s.
8. Utrilla M. C., Soriano A., Garcia Ruiz A. Determination of the optimal fat amount in dry-ripened venison sausage [Opređenje optimal'nogo sodержaniya zhira v syrokopchenoj kolbase (sal'chichon), vyrabatyvaemoj iz oleniny i svininy. (Ispaniya)] // Italian Journal of Food Science. 2015. Vol. 27. № 4. P. 409–415.
9. Karwowska M., Dolatowski Z. J. Effect of acid whey and freeze-dried cranberries on lipid oxidation and fatty acid composition of nitrite-/nitrate-free fermented sausage made from deer meat // Asian-Australasian journal of Animal Sciences. 2017. Vol. 30. № 1. P. 85–93.
10. Bogdan E. G., Turshuk E. G. Issledovanie komponentov, ispol'zuemyx v processe razrabotki receptur blyud iz myasa odomashnennogo severnogo olenya // Vestnik MGTU. 2015. T. 18. № 1. S. 69–73.
11. Biotexnologicheskie osnovy napravlennoj konversii sel'skoxozyajstvennogo syr'ya i vtorichnyx bioresursov dlya polucheniya pishhevyyx ingredientov, funkcional'nyx produktovpitaniya i kormov : monografiya / E. M. Serba [i dr.]. M. : BIBLIO-GLOBUS, 2017. 178 s.
12. Rol' oleniny v pitanii korennoogo naseleniya Severa / N. S. Robbek [i dr.] // Agrarnyj vestnik Urala. 2015. № 9. S. 25–31.
13. Tovarovedenie i ekspertiza myasnyx i myasosoderzhashhix produktov / V. I. Krishtafovich, V. M. Poznyakovskij, O. A. Goncharenko, D. V. Krishtafovich ; pod obshh. red. V. I. Krishtafovich. SPb. : Lan', 2017. 432 s.

**Shelepov Viktor Grigoryevich**, D. Sc. (Agriculture), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher of the Laboratory of Functional Food Products, Siberian Research and Design Institute of Animal Husbandry, Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies, the Russian Academy of Sciences.

E-mail: [pvm1947@bk.ru](mailto:pvm1947@bk.ru).

**Uglov Vladimir Aleksandrovich**, D. Sc. (Biology), senior researcher, Siberian Research and Design Institute of Animal Husbandry, Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies, the Russian Academy of Sciences.

E-mail: [pvm1947@bk.ru](mailto:pvm1947@bk.ru).

**Borodai Elena Valerievna**, leading researcher, Siberian Research and Design Institute of Animal Husbandry, Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies, the Russian Academy of Sciences.

E-mail: [pvm1947@bk.ru](mailto:pvm1947@bk.ru).

**Poznyakovsky Valery Mikhailovich**, D. Sc. (Biology), Professor, Honored Worker of Science of the Russian Federation, Head of the Research and Educational Center "Applied Biotechnology and Nutrition", Professor of the Department "Hygiene", Kemerovo State Medical University; Head of the Department "Biotechnology and Food Production", Kuzbass State Agricultural Academy.

E-mail: [pvm1947@bk.ru](mailto:pvm1947@bk.ru).



## Правила предоставления рукописей статей в научный журнал «АПК России»

Журнал публикует результаты завершенных оригинальных исследований (обзорные, теоретические и экспериментальные статьи), посвященных проблемам развития агропромышленного комплекса, агропродовольственного потенциала регионов (тракторное и сельскохозяйственное машиностроение, ветеринария и зоотехния, агрономия, пищевая и перерабатывающая промышленность), ранее нигде не публиковавшиеся и не представленные к публикации в другом издании.

За достоверность и оригинальность материалов ответственность несут авторы. Авторы гарантируют, что текст статьи оригинальный (не менее 75% оригинальности по системе Антиплагиат), публикуется впервые.

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 8 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, ORCID автора), список литературы.

**Аннотацию** необходимо представить как самостоятельный законченный материал, основанный на сведениях, изложенных в работе, размером 200–250 слов. Аннотация должна быть структурирована и содержать: цель исследований, часть оригинальной методики, результаты и их интерпретацию, обязательно с указанием количественных данных, выводы, которые отражают практическую значимость и перспективы исследования. Не следует давать ссылки и обсуждать литературные данные. Основная цель аннотации – показать результаты собственных исследований с использованием цифрового материала, условия и схемы экспериментов, в которых они получены, а не только актуальность этих работ. Для иностранных читателей аннотация является единственным источником информации о содержании статьи.

**Ключевые слова** должны отражать основное содержание статьи. Рекомендуем использовать термины, определяющие предметную область и включающие другие важные понятия, которые позволят облегчить и расширить возможности нахождения статьи средствами информационно-поисковой системы.

Статья должна содержать следующие основные разделы, выделяемые соответствующими заголовками:

### 1. Введение

Вводная часть, в которой авторы обосновывают актуальность работы, научную новизну, значимость, краткий обзор решаемой проблемы и четко формулируют цель работы и задачи, если цель требует решения сразу нескольких задач. Ссылки на цитированную литературу даются по порядку номеров в квадратных скобках. Сериальные ссылки не должны включать более 3 источников подряд. Научная новизна работы должна быть четко сформулирована во введении, она может быть не общенаучной, а отраслевой. Статья не должна иметь фактических ошибок, выводы и заключения не должны противоречить известным законам природы и общенаучным истинам.

### 2. Материал и методы исследования

Описание методики должно быть настолько подробным, чтобы обеспечить возможность воспроизведения исследований. При этом детально описывается лишь оригинальная часть методики; при упоминании стандартных методов следует ограничиться ссылками на их описание. При описании экспериментальных работ должны быть сведения об объектах исследования. Для работ экспериментального характера обязательно указание методов проверки статистических гипотез, статистических критериев и уровня значимости их критических значений.

Для научных реферативных обзоров должен быть подробно описан алгоритм поиска источников для обзора, какие базы для поиска были использованы (базы данных Scopus, Web of Science, Elibrary).

### **3. Результаты и обсуждение**

Изложение результатов должно заключаться в выявлении обнаруженных закономерностей, а не в механическом пересказе содержания таблиц и графиков. Графики и таблицы не должны дублировать друг друга и текстовый материал. Графическое представление результатов оправдано в тех случаях, когда используется для наглядного представления выявленных и статистически доказанных тенденций. В остальных случаях предпочтительна табличная форма представления экспериментальных данных. В ходе обсуждения результатов рекомендуется сопоставить полученную авторами информацию с имеющейся в литературе и показать, в чем заключается ее новизна. При необходимости результаты и обсуждения могут быть вынесены в отдельные разделы.

### **4. Выводы (заключение)**

Раздел включает несколько (2–5) конкретных предложений о выявленных в ходе исследований закономерностях в соответствии с заявленной целью, без дублирования основных разделов статьи.

### **5. Список литературы (ГОСТ Р 7.0.5–2008)**

Библиография должна содержать ссылки на современные научные публикации давностью не более 10 лет (за исключением базовых основополагающих работ). При этом не менее 50% ссылок делается на публикации в изданиях, входящих в ядро РИНЦ, не менее 30% – на источники, индексируемые в базах цитирования Web of Science и Scopus. Следует ограничить ссылки на публикации из сборников конференций, авторефераты диссертаций. Допускаются ссылки только на рецензируемые электронные ресурсы.

При составлении списка литературы должны быть тщательно выверены фамилии и инициалы авторов, названия журналов или сборников, издательств, а также знаки, необходимые для библиографического описания цитируемой работы (точки, запятые, пробелы, дефисы, курсив и т.д.). Указываются как том, так и (при наличии) номер периодического издания. Желательно пользоваться рекомендациями по цитированию, размещенными на официальных сайтах журналов. При наличии у цитируемой публикации DOI его указание при оформлении ссылки обязательно. Для каждого источника указываются все авторы, без сокращений и др., et al.

Учебные издания, справочники, материалы, представленные в источниках без научного рецензирования, не используются в списке литературы.

Самоцитирование, как и цитирование других авторов, должно быть обоснованным и соответствовать тематике и задачам научной работы. В соответствии с этикой научных публикаций степень самоцитирования не должна превышать 25%, по возможности на уровне 10%.

### **Для научных реферативных обзоров**

Автор не проводит экспериментов, не выдвигает теорий и не проверяет результаты других исследователей на достоверность. Он анализирует работы ученых и может включить в перечень источников свои статьи по теме.

В список литературы попадают только материалы, напечатанные в рецензируемых изданиях, или препринты, находящиеся в открытом доступе. Статьи из научно-популярных журналов, печатных и сетевых энциклопедий, СМИ, ссылки на учебные пособия недопустимы. Список литературы должен содержать не менее 40 источников в основном за последние 10 лет, приоритет отдается статьям и препринтам, опубликованным в высокорейтинговых научных журналах за последние 5 лет.

Обзоры пишутся в академическом стиле от 3-го лица, в прошедшем времени, с соблюдением четкой структуры, использованием принятой в отрасли терминологии. Не допускается наличие лирических отступлений, нарушения логики повествования, бытовой и жаргонной лексики, эмоциональных высказываний, грамматических и орфографических ошибок.

Вспомогательные материалы – инфографика, иллюстрации, таблицы – должны относиться к выбранной теме. Часто это вставки из рассматриваемых источников или результат авторской обработки изложенной в них информации.

Составитель(и) обзора не перечисляет по порядку найденные им материалы, а оценивает, как глубоко изучена тема и какие ее аспекты рассмотрены в отдельных источниках. В конце основной части автор делает выводы о значимости приведенных статей, указывает на вопросы, которые остались нераскрытыми, оценивает вклад коллег в освещение проблемы. Завершая обзор, автор



предлагает выводы и рекомендации по изучению темы в будущих работах, перечисляет направления и методы изысканий.

Автор (авторы) заполняет анкету при представлении в редакцию статьи.

Статьи от аспирантов и студентов могут быть опубликованы только после рассмотрения научным руководителем, который должен подтвердить одобрение работы для публикации в анкете.

Авторы обязательно предоставляют результаты проверки в системе «Антиплагиат», используя для проверки все имеющиеся проверочные модули. Редакционная коллегия вправе провести свою проверку на антиплагиат и при обнаружении несоответствия результатов проверки статья может быть отклонена.

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.

Информацию о прохождении статьи авторы могут уточнить по тел. редакции: +7 (351) 266-65-20, а также по электронной почте: gusark@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, ORCID (каждого автора).

Аннотация.

Ключевые слова.

Все поля – 2 см. Шрифт текста – Times New Roman. 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 (для оформления можно использовать стиль EndNote GOST-Russian 2008). Для каждого источника указываются все авторы, без сокращения.

Все аббревиатуры необходимо расшифровать.

*С уважением, редакция журнала*

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК

**Название статьи**

**И. О. Фамилия**

Аннотация: .....

*Ключевые слова:* (от 5 до 7 слов)

Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст.  
Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст.  
Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст.  
Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст.  
Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст.  
Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст.  
Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст.  
Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст.  
Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст.  
Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. Текст. (от 8 до 15 страниц)

**Список литературы**

1. Бабич Е. А., Овчинникова Л. Ю. Результаты использования быков-производителей зарубежной селекции в племенных стадах Северного Казахстана // АПК России. 2017. Т. 24. № 1. С. 19–23.
2. Журавель Н. А., Мифтахутдинов А. В. Нормирование труда при вакцинации ремонтного молодняка птицы // Ветеринарные, биологические и сельскохозяйственные науки – агропромышленному комплексу России : матер. Междунар. науч.-практ. конф. Института агроэкологии, Института ветеринарной медицины. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2020. С. 128–135.
3. Heat stress impacts on broiler performance: a systematic review and meta-analysis / L. L. Liu [et al.] // POULTRY SCIENCE. 2020. V. 99. № 11. P. 6205–6211.
4. Пат. РФ № 2122745.1998 Оптико-электронный аппарат / Д. Н. Еськов [и др.], Бюл. № 33.
5. ГОСТ 33956-2016 Альбумин молочный и пасты альбуминные. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2016. 12 с. Режим доступа : <https://docs.cntd.ru/document/1200142721> (дата обращения 02.11.2021).

**Фамилия Имя Отчество**, ученая степень, ученое звание, должность, полное наименование места работы, город, тел.: 8(900)000-00-00, E-mail.

В редакцию предоставляются:

- электронная версия статьи в программе MS Word. Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – ПетровГП.doc. Не допускается в одном файле помещать несколько документов;
- сведения об авторах.



В редакцию журнала «АПК России»

**Анкета автора\***  
**представленной в редакцию рукописи статьи:**

\_\_\_\_\_

*(название статьи)*

ФИО <i>(полностью)</i>	
Ученая степень	
Ученое звание <i>(при наличии)</i>	
Должность	
Место работы, учебы <i>(полное наименование организации)</i>	
Адрес места работы, учебы <i>(с указанием индекса)</i>	
Контактный телефон <i>(с указанием кода города)</i>	
Адрес электронной почты	
Адрес, на который следует выслать авторский экземпляр журнала <i>(с указанием индекса)</i>	
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: 15.02.2022  
Дата выхода в свет: 28.02.2022  
Формат 60×84/8. Гарнитура Times  
Усл. печ. л. 15,0. Тираж 300 экз.  
Заказ № 11

Signed to print: 15.02.2022  
Release date: 28.02.2022  
Format 60×84/8. Times script  
Conventional printed sheet 15,0  
Circulation 300 copies  
Order № 11

Адрес редакции: 454080, г. Челябинск,  
пр. 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, Fax: 8(35163) 2-04-72  
E-mail: [tvi\\_t@mail.ru](mailto:tvi_t@mail.ru)

Отпечатано: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ,  
Адрес: 454080, г. Челябинск, ул. Энгельса, 83

Printed in South-Ural State Agrarian University:  
454080, Chelyabinsk, Engels Str., 83

Свободная цена

Free-market price