

АПК РОССИИ

AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF RUSSIA

Научный журнал

ISSN 2587-8824

2020

Том 27 № 3



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ
ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

ISSN 2587-8824



АПК России

Научный журнал

Основан в 1993 году

Том 27
№ 3



Челябинск
2020

16+

ISSN 2587-8824



Agro-Industrial Complex of Russia

Scientific Journal

Published since 1993

Volume 27
Issue 3



Chelyabinsk
2020

16+

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

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

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

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

The log is included in the international AGRIS database

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

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

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

И. о. главного редактора

доктор биологических наук, профессор
Мифтахутдинов Алевтин Викторович

Acting editor-in-chief

Doctor of Biological Sciences, Professor
Miftakhutdinov Alevtin Viktorovich

Редакционная коллегия

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

Менков Н. Д., д-р техн. наук
Алымбеков К. А., д-р техн. наук
Басарыгина Е. М., д-р техн. наук, проф.
Безин А. Н., д-р ветеринар. наук, проф.
Белов В. В., д-р техн. наук, проф., член-корр. РАЕ

Буторин В. А., д-р техн. наук, проф.
Васильев А. А., д-р с.-х. наук
Возмилов А. Г., д-р техн. наук, проф.
Дерхо М. А., д-р биол. наук, проф.
Горшков Ю. Г., д-р техн. наук, проф.
Гриценко А. В., д-р техн. наук
Зезин Н. Н., д-р с.-х. наук
Косилов В. И., д-р с.-х. наук, проф.
Линенко А. В., д-р техн. наук, проф.
Лыкасова И. А., д-р ветеринар. наук, проф.
Мударисов С. Г., д-р техн. наук, проф.
Овчинников А. А., д-р с.-х. наук, проф.
Панфилов А. Э., д-р с.-х. наук, проф.
Позняковский В. М., д-р биол. наук, проф.
Синявский И. В., д-р биол. наук
Тихонов С. Л., д-р техн. наук, проф.
Торопова Е. Ю., д-р биол. наук, проф.
Тошев А. Д., д-р техн. наук, проф.
Трояновская И. П., д-р техн. наук, ст. научн. сотрудник
Тюлебаев С. Д., д-р с.-х. наук, проф.
Фоминых А. В., д-р техн. наук, проф.
Чарыков В. И., д-р техн. наук, проф.
Шепелёв С. Д., д-р техн. наук
Юдин М. Ф., д-р с.-х. наук, проф.

Editorial board

Fisinin V. I., Dr. Sci. (Agricultural), Professor, Academician
 of Russian Academy of Sciences
Menkov N. D., Dr. Sci. (Technical)
Alymbekov K. A., Dr. Sci. (Technical)
Basarygina E. M., Dr. Sci. (Technical), Professor
Bezin A. N., Dr. Sci. (Veterinary), Professor
Belov V. V., Dr. Sci. (Technical), Professor,
 Corresponding Member of the Russian Academy
 of Natural History
Butorin V. A., Dr. Sci. (Technical), Professor
Vasilyev A. A., Dr. Sci. (Agricultural)
Vozmilov A. G., Dr. Sci. (Technical), Professor
Derkho M. A., Dr. Sci. (Biological), Professor
Gorshkov Yu. G., Dr. Sci. (Technical), Professor
Gritsenko A. V., Dr. Sci. (Technical)
Zezev N. N., Dr. Sci. (Agricultural)
Kosilov V. I., Dr. Sci. (Agricultural), Professor
Linenko A. V., Dr. Sci. (Technical), Professor
Lykasova I. A., Dr. Sci. (Veterinary), Professor
Mударисов S. G., Dr. Sci. (Technical), Professor
Ovchinnikov A. A., Dr. Sci. (Agricultural), Professor
Panfilov A. E., Dr. Sci. (Agricultural), Professor
Poznyakovskiy V. M., Dr. Sci. (Biological), Professor
Sinyavskiy I. V., Dr. Sci. (Biological)
Tikhonov S. L., Dr. Sci. (Technical), Professor
Toropova E. Y., Dr. Sci. (Biological), Professor
Toshev A. D., Dr. Sci. (Technical), Professor
Trojanowskaja I. P., Dr. Sci. (Technical), Senior researcher
Tulebaev S. D., Dr. Sci. (Agricultural), Professor
Fominykh A. V., Dr. Sci. (Technical), Professor
Tcharykov V. I., Dr. Sci. (Technical), Professor
Shepelev S. D., Dr. Sci. (Technical)
Yudin M. F., Dr. Sci. (Agricultural), Professor

Учредитель:

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

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

- Губин С. В., Логинова А. М., Гетц Г. В.**
Экологическая адаптивность новых гибридов кукурузы с участием линий омской селекции.....421
- Гусейнова А. С., Гусейнов М. А., Салимов В. С., Асадуллаев Р. А., Насибов Х. Н.**
Оценка увологических показателей некоторых клоновых форм винограда.....427
- Покатилова А. Н., Матвеева Е. Ю.**
Оценка биологических свойств черноземных почв лесостепи Зауралья после применения гербицидов в посевах ярового рапса.....434

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Барышев Д. Д., Барышева Н. Н., Пронин С. П.**
Подготовка обучающей выборки для классификации семян по их урожайным свойствам.....440
- Буторин В. А., Молчан А. М.**
Выбор объекта исследования при оценке надежности электрооборудования водоподъемных скважин.....447
- Возмилов А. Г., Лошкарёв И. Ю., Логачёва О. В., Стерхов А. И.**
Система освещения сельских улиц, территорий парков и площадей.....453
- Возмилов А. Г., Лошкарёв И. Ю., Логачёва О. В., Стерхов А. И.**
Способы снижения энергопотребления в животноводческом помещении за счет применения светоаэраторов и систем перенаправления света.....459
- Гребенщикова О. А., Попова А. Г.**
Обоснование риска в транспортно-технологическом процессе сельскохозяйственных операций в системе управления охраной труда.....466
- Дасько Г. В., Смирнов М. В., Тинькина Т. В., Мартыанов А. С.**
Имитационная модель шасси электромобиля в среде MATLAB/Simulink.....474

CONTENT

AGRONOMIC SCIENCES

- Gubin S. V., Loginova A. M., Getz G. V.**
Ecological adaptability of new corn hybrids due to Omsk breeding lines.....421
- Guseinova A. S., Guseinov M. A., Salimov V. S., Asadullaev R. A., Nasibov Kh. N.**
Evaluation of uvologic parameters of some clone forms of grapes.....427
- Pokatilova A. N., Matveeva E. Yu.**
Assessing the biological properties of chernozem soils in the forest-steppe of the Trans-Urals after the application of herbicides to spring rape plantings.....434

TECHNICAL SCIENCES

- Baryshev D. D., Barysheva N. N., Pronin S. P.**
Preparing a training sample for classifying seeds by their yield properties.....440
- Butorin V. A., Molchan A. M.**
Choosing the researched object when assessing the reliability of electrical equipment for water-lifting wells.....447
- Vozmilov A. G., Loshkarev I. Yu., Logacheva O. V., Sterkhov A. I.**
Lighting systems for rural streets, parks and squares.....453
- Vozmilov A. G., Loshkarev I. Yu., Logacheva O. V., Sterkhov A. I.**
Methods to reduce energy consumption in a livestock house due to light aerators and daylight redirection systems.....459
- Grebenshchikova O. A., Popova A. G.**
Risk justification in the transport and technological process of agricultural operations in the labor protection management system.....466
- Dasko G. V., Smirnov M. V., Tinkina T. V., Martyanov A. S.**
Simulation model of electric vehicle chassis in Matlab/Simulink environment.....474

Запевалов М. В., Сергеев Н. С., Зыбалов В. С., Русанов М. А. Использование рапсового масла как биодизельное топливо.....	Zapevalov M. V., Sergeev N. S., Zybalov V. S., Rusanov M. A. Using rapeseed oil as biodiesel.....	480	480
Машрабов Н., Шаманова Е. В., Осенних Е. А., Меньшенин А. С. Методика определения размеров активного пятна дуги.....	Mashrabov N., Shamanova E. V., Osennikh E. A., Menshenin A. S. An approach for determining the dimensions of an active arc spot.....	486	486
Сандалов В. М., Панишев С. А. Анализ методов регулирования температуры камерных печей сопротивления.....	Sandalov V. M., Panishev S. A. Analyzing the methods for controlling the temperature of chamber resistance furnaces.....	492	492
Тинькина Т. В., Дасько Г. В., Мартьянов А. С., Смирнов М. В. Имитационная модель накопителя электрической энергии.....	Tinkina T. V., Dasko G. V., Martyanov A. S., Smirnov M. V. A simulation model for an electric energy storage unit.....	499	499
Цейзер Г. М., Пташкина-Гирина О. С., Гусева О. А. Разработка математической модели совместной работы теплового насоса и теплоэлектроцентрали.....	Tseizer G. M., Ptashkina-Girina O. S., Guseva O. A. Developing a mathematical model for the joint operation of a heat pump and a co-generation unit.....	508	508

ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ

Гизатуллина Ф. Г., Безин А. Н., Шигабутдинова Э. И. Способ коррекции иммунного статуса у телят при адаптации к длительной гиподинамии.....	Gizatullina F. G., Bezin A. N., Shigabutdinova E. I. Method for correcting the immune status in calves when adopting to prolonged hypodynamia.....	515	515
Гизатуллина Ф. Г., Дерхо М. А., Рыбьянова Ж. С., Вяги А. Ю. Оценка эффективности лечения разными препаратами отодектоза у кошек...522	Gizatullina F. G., Derkho M. A., Rybyanova Zh. S., Vyagi A. Yu. Assessing the effectiveness of treating otodectosis in cats with different drugs.....	522	522
Корчагина А. А., Востроилова Г. А., Хохлова Н. А., Чаплыгина Ю. А. Изучение алергизирующих свойств комплексного антибактериального препарата для лечения мастита у лактирующих коров.....	Korchagina A. A., Vostroilova G. A., Khokhlova N. A., Chaplygina Yu. A. Studying the allergenic properties of a complex antibacterial drug for the treatment of mastitis in lactating cows.....	532	532
Мифтахутдинов А. В., Журавель Н. А., Дихтярук И. Н., Пономаренко В. В. Экономическая эффективность мероприятий по вакцинации птицы против реовирусной инфекции на фоне антистрессовой терапии.....	Miftakhutdinov A. V., Zhuravel N. A., Dikhtyaruk I. N., Ponomarenko V. V. Economic efficiency of measures for poultry vaccination against reovirus infection in addition to anti-stress therapy.....	537	537
Мороз А. А., Счисленко С. А. Использование растительных энтеросорбентов при эшерихиозах животных.....	Moroz A. A., Schislenko S. A. Plant enterosorbents for treating colibacillosis in animals.....	546	546

VETERINARY SCIENCES

**Паштецкая А. В., Марынич А. П.,
Остапчук П. С., Емельянов С. А.**
Мясная продуктивность молодняка овец
и динамика структурных элементов крови
на фоне применения липосомальной
формы антиоксидантов.....550

**Pashtetskaya A. V., A. P. Marynich,
Ostapchuk P. S., Emelyanov S. A.**
Young sheep meat productivity
and the dynamics of blood structural
elements along with using liposomal
antioxidants.....550

**ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

**STORAGE AND PROCESSING
OF AGRICULTURAL PRODUCE**

**Пищиков Г. Б., Попова Д. Г.,
Минухин Л. А.**
К вопросу иммобилизации микроорганизмов
на контактных поверхностях
в продольно-секционированных
биореакторах.....557

**Pishchikov G. B., Popova D. G.,
Minukhin L. A.**
Revisiting the immobilization
of microorganisms on contact surfaces
in longitudinally sectioned bioreactors.....557

УДК 633.255:631.52

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТИВНОСТЬ НОВЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ
С УЧАСТИЕМ ЛИНИЙ ОМСКОЙ СЕЛЕКЦИИ**

С. В. Губин, А. М. Логинова, Г. В. Гетц

Исследования проводились с 2016-го по 2019 гг. на опытном поле Сибирского филиала Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы г. Омск. Изучены параметры стабильности и пластичности 18 гибридов кукурузы, полученных с участием инбредных линий омской селекции. Доказано достоверное влияние условий среды и взаимодействия «генотип – среда» на урожайность изучаемой группы гибридов кукурузы. Определены показатели экологической пластичности и стабильности у новых гибридов. В ходе исследований выделены перспективные гибриды кукурузы экстенсивного типа: Сибирский 135 (стандарт), RDT 725/12 М × Ом 136, RDT 725/12 М × Ом 172 и интенсивного типа: (OL 145 М × В 352 зм) × Ом 30, (OL 145 М × В 352 зм) × Ом 172.

Ключевые слова: кукуруза, гибрид, инбредная линия, селекция, экологическая адаптивность, пластичность, стабильность, генотип.

Распространение кукурузы в Сибири как основной кормовой культуры сдерживается недостатком высокоурожайных раннеспелых гибридов, способных давать стабильно высокие урожаи зеленой массы с початками молочно-восковой и восковой спелости. Такие гибриды, помимо прочих хозяйственно-ценных признаков, должны обладать также высокой адаптивной способностью, чтобы максимально использовать лимитированные агроклиматические ресурсы зоны рискованного земледелия [1, 2].

Взаимосвязь между потенциальной продуктивностью и экологической устойчивостью весьма специфична. Выявление особенностей адаптивной реакции является важнейшим усло-

вием эффективного отбора селекции кукурузы на адаптивность к стрессовым условиям выращивания [3, 4, 5]. Поэтому очень важно определить уровень стабильности и пластичности новых гибридов кукурузы [6].

Экологическое испытание генотипов кукурузы является основным методом выявления пластичных форм, оно включает оценку их адаптивности по количественным характеристикам – экологической стабильности (устойчивости реализации генотипа на основе стабильности норм реакции) и пластичности (способности генотипа к модификационной изменчивости в различных условиях выращивания) [7, 8].

Стабильность характеризуется степенью устойчивости реализации аддитивного эффекта генотипа и среды или степенью отзывчивости формы на изменения условий среды конкретного генотипа от средней отзывчивости всей системы генотипов [9].

Целью исследований было изучение параметров стабильности и пластичности 18 гибридов кукурузы, созданных с участием линий омской селекции.

Материал и методы

Исследования проводились с 2016-го по 2019 гг. на опытном поле Сибирского филиала Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы (СФ ВНИИК) г. Омск. Посев проводился в оптимальные для данной почвенно-климатической зоны сроки, ручными сажалками по предварительной маркировке. Способ посева: квадратно-гнездовой с междурядьем 70 см. Площадь делянки 9,8 м² (2 рядка). Повторность 3-кратная. Размещение вариантов систематическое, стандарт – в начале каждой повторности.

Фенологические наблюдения, измерения и учеты проводились согласно методике ВИР [10]. Уборку питомников проводили вручную в период с 18–20 сентября, с отбором проб для определения урожайности и влажности зерна. Урожай зерна определялся в пересчете на стандартную 14%-ю влажность. Математическая обработка данных проводилась по методике Б.А. Доспехова [11].

Показатели экологической адаптивности генотипов было решено оценивать по урожайности, так как этот признак является наиболее экспрессивным (вариабельным) [12].

Проведение испытаний гибридов в контрастно изменяющихся по годам погодных условиях позволило эффективно оценить их адаптивность к нерегулируемым факторам внешней среды. Наиболее благоприятными для вегетации культуры были условия 2016 года: среднесуточная температура воздуха за летние месяцы составила +19,1 °С, что на 0,9 °С выше нормы, причем в августе и сентябре превышение над нормой составило 2,3 °С и 2,7 °С соответственно – это способствовало ускоренному созреванию зерна. Осадки выпадали преимущественно в июне и июле, благодаря этому растения кукурузы были обеспечены влагой в достаточном количестве во время прохождения критического по водопотреблению периода. Менее благоприятными были условия вегетационного периода в 2017-м и 2019 годах: на росте и развитии растений негативно отразилось сочетание недостатка тепла и влаги в период начального роста. Условия 2018 года были близки к средним многолетним.

Данные погодных условий в годы проведения исследований приведены в таблице 1.

Результаты исследований

Для оценки экологической пластичности и стабильности применялся метод С. Эберхарта и Рассела (S.A. Eberhart and W.A. Russell), позволяющий определить пластичность (посредством коэффициента регрессии – bi) и стабильность проявления количественных признаков (через коэффициент вариации σ). Коэффициент регрессии bi характеризует среднюю реакцию генотипа на изменение условий среды [13]. Если bi больше единицы, то гибрид относится

Таблица 1 – Погодные условия в годы исследований

Месяцы	2016		2017		2018		2019		Норма	
	температура воздуха, °С	сумма осадков, мм								
май	+12,6	5,4	+13,0	27,2	+7,6	74,3	+12,2	37,0	+12,5	35,0
июнь	+18,2	97,7	+20,1	31,5	+17,2	63,1	+15,5	85,0	+17,9	51,0
июль	+19,8	109,8	+18,4	71,4	+19,9	46,0	+20,5	29,0	+19,6	66,0
август	+19,3	17,4	+18,2	13,8	+16,1	61,9	+17,9	40,0	+16,9	54,0
сентябрь	+13,1	10,1	+9,2	29,6	+11,5	19,0	+10,8	48,0	+10,4	37,0
июнь-август	+19,1	224,9	+18,9	116,7	+17,7	171,0	+18,0	154,0	+18,2	171,0



к высокопластичным, в пределах от нуля до единицы – к сравнительно низкопластичным. Стабильность – признак, обратный пластичности, чем меньше значение его показателя σ , тем стабильнее образец [14].

Полученный урожай зерна отражает действие на растения всех условий выращивания, следовательно, его можно считать интегрированным критерием при оценке гибридов кукурузы по экологической пластичности и стабильности.

Максимальный урожай зерна гибридов кукурузы по опыту получен в 2016 году – 8,66 т/га, наименьший в 2019 году – 5,40 т/га, в 2017-м и 2018 гг. 6,18 т/га и 6,59 т/га соответственно. По урожаю зерна гибрид (OL 145 M × B 352 зм) × Ом 172 каждый год превосходил другие варианты, включая стандарт Сибирский 135 (табл. 2). Уборочная влажность зерна в 2017–2019 гг. в среднем по опыту составляла от 38,1% до 39,1%, в 2016 году значительно ниже – 33,8%. Продолжительность межфазного периода

«всходы-цветение початка» в 2016–2018 гг. у большинства гибридов в опыте варьировала незначительно от 51,4 до 51,7 суток в среднем по опыту, в 2019 году увеличилась до 58,4 суток. Изменения урожайности и продолжительности межфазного периода «всходы – цветение початка» соответствуют значению коэффициента условий года по урожайности зерна.

Дисперсионный анализ полученных данных показал достоверные различия между изучаемыми гибридами по признаку «урожайность зерна», а также по фактору «условия среды» и неаддитивность взаимодействия «генотип – среда» (табл. 3). Вклад генотипа в проявление значения признака составил 2,16%, среды – 97,1% и их взаимодействия – 0,74%.

Под экологической пластичностью генотипа на практике понимают отзывчивость к улучшению условий выращивания наряду со склонностью к снижению урожайности в неблагоприятных условиях [15]. По сочетаемости признаков «экологическая пластичность»

Таблица 2 – Урожай зерна и продолжительность межфазного периода «всходы-цветение початка» изучаемых гибридов кукурузы (2016–2019 гг.)

Гибриды	Урожай зерна 14% влажности, т/га				Продолжительность межфазного периода всходы-цветение початка (50%), дней			
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
Сибирский 135 стандарт	7,83	6,80	6,63	6,39	49	50	49	56
(F7C × OL 198) × Ом 204	8,49	5,45	6,65	5,01	51	53	54	57
(F7C × OL 198) × Ом 409	9,16	5,37	6,76	4,98	52	55	55	62
(OL 145 M × 1250 BC) × Ом 204	9,12	5,87	6,79	5,32	53	52	51	58
(OL 145 M × 1250 BC) × Ом 401	8,02	6,52	6,72	5,27	53	52	53	58
(OL 145 M × A 3) × Ом 26	7,65	5,48	6,97	4,67	50	51	52	59
(OL 145 M × A 3) × Ом 30	8,48	5,88	7,10	5,25	50	52	51	58
(OL 145 M × A 3) × Ом 136	8,28	6,28	6,08	5,44	47	50	49	56
(OL 145 M × A 3) × Ом 196	8,52	5,98	6,19	5,35	50	50	50	57
(OL 145 M × A 3) × Ом 279	7,08	6,07	5,99	5,24	51	52	52	56
(OL 145 M × A 3) × Ом 409	9,28	5,99	6,12	4,58	53	53	53	60
(OL 145 M × B 352 зм) × Ом 30	9,39	6,60	7,07	5,24	51	51	49	57
(OL 145 M × B 352 зм) × Ом 172	10,02	7,86	7,10	6,48	51	52	47	56
(OL 145 M × B 352 зм) × Ом 409	9,64	5,22	5,68	4,97	54	52	54	59
(OL 145 M × KP 0159 зс) × Ом 409	8,74	5,42	5,90	4,89	54	52	55	60
(RDT 725/12 M) × Ом 136	9,12	6,97	7,09	5,97	50	51	51	61
(RDT 725/12 M) × Ом 172	9,03	6,73	7,17	6,18	52	52	51	60
(RDT 9/09 M) × Ом 136	8,06	6,74	6,53	5,96	51	51	49	58
Среднее значение	8,66	6,18	6,59	5,40	51,4	51,7	51,5	58,4
коэффициент условий года	1,95	–0,53	–0,12	–1,31	1,95	–0,53	–0,12	–1,31

и «урожайность» все генотипы (гибриды, популяции и инбредные линии) можно разделить на 4 типа: совмещение высокой экологической пластичности и урожайности (особо ценные); высокая урожайность и низкая пластичность; низкая урожайность и низкая пластичность, низкая урожайность и высокая пластичность (не имеют практического значения) [12, 16]. Зная параметры экологической пластичности гибрида, можно судить о его способности давать стабильный по годам урожай в определенной агроклиматической зоне [17, 18]. Результаты расчета показателей экологической адаптивности представлены в таблице 4.

Исходя из результатов расчета показателей экологической пластичности, изученные гибриды кукурузы можно подразделить на три группы:

1. Высокоурожайные высокопластичные: (OL 145M × B352 зм) × Ом 30, (OL 145 M × B 352 зм) × Ом 172.

2. Высокоурожайные слабопластичные: RDT 725/12 M × Ом 136, RDT 725/12 M × Ом 172.

3. Низкоурожайные (значение существенно меньше стандарта): (OL 145 M × A 3) × Ом 279.

По показателям стабильности на общем фоне выделяются гибриды: (OL 145 M × A 3) × Ом 196, (OL 145 M × A 3) × Ом 279, (OL 145 M

Таблица 3 – Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степени свободы <i>df</i>	Средний квадрат <i>SS</i>	F_{ϕ}	F_{τ}	Доля фактора, %
Общее	407,67	215,00	–			
Повторение	0,68	2,00	–			
Генотип (А)	39,73	17,00	2,34	28,03	1,63	2,16
Условия (В)	314,84	3,00	104,95	1258,67	2,70	97,10
Взаимодействие	40,58	51,00	0,80	9,54	1,48	0,74
Остаток (ошибка)	11,84	142,00	0,08			

Таблица 4 – Урожай зерна, продолжительность межфазного периода всходы – цветение початка и показатели адаптивности исследуемых гибридов кукурузы за 2016–2019 гг.

Гибрид	Урожай зерна 14% влажности, т	Продолжительность межфазного периода всходы-цветение початка, суток	Пластичность, <i>bi</i>	Стабильность, σ^2
Сибирский 135 стандарт	6,91	51,0	0,44	0,04
(F7C × OL 198) × Ом 204	6,40	53,8	1,09	0,14
(F7C × OL 198) × Ом 409	6,57	55,8	1,33	0,20
(OL 145 M × 1250 BC) × Ом 204	6,78	53,5	1,20	0,06
(OL 145 M × 1250 BC) × Ом 401	6,63	54,0	0,78	0,13
(OL 145 M × A 3) × Ом 26	6,19	52,8	0,88	0,53
(OL 145 M × A 3) × Ом 30	6,68	52,6	0,99	0,20
(OL 145 M × A 3) × Ом 136	6,52	50,5	0,86	0,08
(OL 145 M × A 3) × Ом 196	6,51	51,7	0,99	0,03
(OL 145 M × A 3) × Ом 279	6,09	52,8	0,53	0,05
(OL 145 M × A 3) × Ом 409	6,49	54,8	1,42	0,05
(OL 145 M × B 352 зм) × Ом 30	7,08	52,1	1,23	0,06
(OL 145 M × B 352 зм) × Ом 172	7,87	51,5	1,05	0,36
(OL 145 M × B 352 зм) × Ом 409	6,38	54,6	1,53	0,40
(OL 145 M × KP 0159 зс) × Ом 409	6,24	55,3	1,22	0,07
(RDT 725/12 M) × Ом 136	7,29	53,2	0,94	0,02
(RDT 725/12 M) × Ом 172	7,28	53,7	0,89	0,01
(RDT 9/09 M) × Ом 136	6,82	52,3	0,62	0,06
НСР 0,05	0,75	1,67		



× А 3) × Ом 409, RDT 725/12 М × Ом 136, RDT 725/12 М × Ом 172 – как наиболее стабильные (с наименьшим значением коэффициента вариации) и (OL 145 М × А 3) × Ом 26, (OL 145 М × В 352 зм) × Ом 172, (OL 145 М × В 352 зм) × Ом 409 – наименее стабильные.

Таким образом, исходя из сочетания значений признаков экологической адаптивности, селекционной ценности и урожайности, можно дать рекомендации по технологии возделывания и практическому применению в селекции изученных инбредных линий кукурузы.

Выводы

Высокоурожайные стабильные гибриды могут обеспечивать стабильно высокие урожаи при минимальной или ресурсосберегающей технологии возделывания (при обязательном соблюдении общей технологии выращивания культуры). В наших исследованиях такие качества проявили гибриды Сибирский 135 (стандарт), RDT 725/12 М × Ом 136, RDT 725/12 М × Ом 172. Это гибриды экстенсивного типа.

Гибриды, сочетающие в себе высокую урожайность и высокую экологическую пластичность, подходят для выращивания по интенсивным технологиям, эффективно отзываясь на полив, внесение удобрений и другие приемы интенсификации. К гибридам этой группы относятся: (OL 145 М × В 352 зм) × Ом 30, (OL 145 М × В 352 зм) × Ом 172.

Список литературы

1. Губин С. В., Логинова А. М., Гетц Г. В. Оценка экологической адаптивности инбредных линий кукурузы омской селекции // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. Режим доступа : <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20812> (дата обращения: 14.03.2017).
2. Перспективы и проблемы выращивания зерновой кукурузы в засушливом Зауралье / С. Д. Гилев [и др.] // Кукуруза и сорго. 2014. № 2. С. 3–7.
3. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство. Кишинев : Штиинца, 1990. 432 с.
4. Реакция гибридов кукурузы на температурный режим в период прорастания / А. Г. Горбачева, И. А. Ветошкина, А. Э. Панфилов, Е. С. Иванова // Кукуруза и сорго. 2014. № 2. С. 20–24.

5. Иванова Е. С., Панфилов А. Э. Динамика влажности зерна кукурузы как функция погодных условий // Кукуруза и сорго. 2013. № 3. С. 7–11.

6. Пакудин В. З., Лопатина Л. М. Методы оценки экологической пластичности сортов сельскохозяйственных растений // Селекция и генетика кукурузы. Краснодар, 1979. С. 113–121.

7. Моргунов А. И., Наумов А. А. Селекция зерновых культур на стабильность урожайности: обзорная информация. М. : Госагропром СССР, ВАСХНИИЛ, ВИНТИ, 1987. 61 с.

8. Иващенко В. Г., Сотченко Ю. В. Экологическая пластичность и стабильность скороспелых гибридов кукурузы // Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. Краснодар, 1999. С. 121–127.

9. Чучмий И. П., Моргун В. В. Генетические основы и методы селекции скороспелых гибридов кукурузы. Киев : Наукова думка, 1990. 284 с.

10. Изучение и поддержание образцов коллекции кукурузы : метод. указания / под ред. д-ра с.-х. наук, проф. Г. Е. Шмараева. Л. : ВИР, 1985. 50 с.

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

12. Интенсивная технология возделывания кукурузы для производства высокоэнергетических кормов / А. Э. Панфилов, Е. С. Иванова, Н. И. Казакова, Е. С. Пестрикова // Научные проекты Южно-Уральского государственного аграрного университета / под ред. М. Ф. Юдина. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. С. 87–89.

13. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. 1966. V. 6. № 1. P. 36–40.

14. Методики расчета экологической пластичности сельскохозяйственных растений по дисциплине «Экологическая генетика» / В. А. Зыкин [и др.]. Омск : Изд-во ОмГАУ, 2008. 40 с.

15. Жученко А. А. Роль адаптивной системы селекции в растениеводстве XXI века // Коммерческие сорта полевых культур Российской Федерации. М. : ИКАР, 2003. С. 10–15.

16. Кравченко Р. В. Адаптивность и стабильность проявления урожайных свойств гибридов кукурузы на фоне антропогенных факторов // Научный журнал КубГАУ. 2012. № 77 (03).

17. Бороевич С. Принципы и методы селекции растений / под ред. и с предисл. : А. К. Федорова. М. : Колос, 1984. 341 с.

18. Кравченко Р. В. Агробиологическое обоснование получения стабильных урожаев зерна кукурузы в условиях степной зоны Центрального Предкавказья : монография. Ставрополь, 2010. 208 с.

Губин Сергей Валерьевич, научный сотрудник, Сибирский филиал ФГБНУ «ВНИИ кукурузы», г. Омск.

E-mail: sibmais@rambler.ru.

Логина Антолина Михайловна, и. о. директора, Сибирский филиал ФГБНУ «ВНИИ кукурузы», г. Омск.

E-mail: sibmais@rambler.ru.

Гетц Галина Васильевна, научный сотрудник, Сибирский филиал ФГБНУ «ВНИИ кукурузы», г. Омск.

E-mail: sibmais@rambler.ru.

* * *

ОЦЕНКА УВОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕКОТОРЫХ КЛОНОВЫХ ФОРМ ВИНОГРАДА

А. С. Гусейнова, М. А. Гусейнов, В. С. Салимов, Р. А. Асадуллаев, Х. Н. Насибов

Статья посвящена высокопродуктивным клоновым формам некоторых сортов винограда, выращиваемого в условиях Апшерона. Рассказывается о результатах исследований по таким важным увологическим показателям изучаемых сортов винограда и их клоновых форм, как (по отношению к общей массе грозди): доля сока, гребня, остатка кожицы и мякоти, выход семян (в %), вес 100 ягод и 100 семян, доля ягод в грозди (в %), твердый остаток (в %), скелет (сумма кожицы и гребня, в %), структурный показатель грозди (отношение мякоти или сока к скелету), сахаристость и кислотность в ягоде и др. Во время исследований по клоновой селекции были определены основные критерии количества и качества, реализовывающие потенциальные возможности растений в популяциях местных и интродуцированных сортов винограда по их хозяйственно ценным и селекционно важным признакам; была определена степень корреляционной связи между этими растениями, установлены параметры, непосредственно влияющие на формирование урожайности и качества винограда. На основании этого из 14 популяций был выделен 31 высокоурожайный, высококачественный, относительно устойчивый к болезням и вредителям клон. Было выявлено, что отобранные высокоурожайные клоны отличаются более крупными гроздьями по сравнению с контрольными сортами. Ввиду того, что крупный размер грозди непосредственно оказывает положительное влияние на урожайность, этот показатель был оценен как один из основных критериев при отборе. Коэффициент вариации размера гроздей кустов-клонов, меняясь в диапазоне $V, \% = 11,1-13,2\%$ (у контрольных сортов $V, \% = 13,6-15,6\%$), был выражен низкими оценками. Это показывает, что генетическое разнообразие в клоновых популяциях относительно небольшое и является свидетельством постоянства по этому признаку.

Ключевые слова: технические и столовые сорта, увология, технологические особенности, перспективные сорта, механический состав, химический состав, гроздь, ягода, ампелографическая коллекция.

При определении пригодности к использованию и направления использования сортов винограда особое значение имеют увологические исследования (механический состав и особенности, химический состав и доля отдельных веществ в грозди и ягоде, изменения в химическом составе винограда при созревании, диетические и органолептические свойства, виды получаемой продукции и влияние на их качество фактов внешней среды и др.) [1–8, 11–18].

Основу увологии винограда составляет изучение структурных компонентов гроздей и ягод по механическим свойствам и составу [7, 8, 10, 12, 13]. В широком смысле механический состав понимается как отношение механиче-

ских и пластических элементов гроздей и ягод и выражается отношением массы и количества отдельных элементов грозди и ягоды. Увологические исследования – изучение механического состава грозди и ягод – позволяет определить соотношение ягод и гребня в грозди и кожице, мякоти, сока и семян в ягоде [8, 10].

Грозди состоят в основном из двух увологических органов – гребня и ягоды. По Н.Н. Простосердову [8], при нахождении доли ягод в грозди в пределах 91,5–99,0% технологическая пригодность сортов оценивается выше. Из исследований по виноградарству известно, что виноград полностью отвечает технологическим требованиям, если доля ягод

в грозди составляет с средним 96,5%, гребня – 3,5% [1, 3]. В целом у сортов винограда относительно общей массы грозди на долю кожицы приходится 0,9–38,6%, семян – 0,9–10,8%, мякоти – 71,1–95,5%.

Будучи пластичными, механические особенности винограда могут меняться в зависимости от направления использования сорта, сортовых особенностей (типа цветка, степени развития, числа, величины семян, характера кожицы и мякоти и др.), происхождения сорта, погодных условий года, топографического положения местности (уклон и экспозиция склонов, высота над уровнем моря), состояния куста, расположения гроздей на кусте, морфометрических показателей гроздей и ягод, степени зрелости ягод, уровня проведения агротехнических мероприятий (орошение, удобрение, зеленые операции, нагрузка, дополнительное и искусственное опыление и т.д.). Несмотря на определенную закономерность механических элементов и строения гроздей и ягод сортов винограда, их формирование и развитие подвержено значительной изменчивости под взаимным воздействием биологических особенностей сорта, экологических, антропогенных факторов [1, 3, 5–13, 16–18].

Размер и масса грозди, число и вес ягод в грозди оказывают большое влияние на формирование урожайности [4, 6, 13]. Показатели механического состава сортов в значительной степени связаны с размером грозди.

В настоящее время при оценке и описании сортов и форм винограда используются ампелодескрипторы Международной Организации Винограда и Вина (OIV). Здесь определяются наименьшие и наибольшие параметры морфологических, биологических и технологических показателей винограда с последующим использованием в цифровом кодировании. В ампелодескрипторных протоколах выделяются по своей значительности и считаются важными при изучении сортов и форм такие морфометрические и механические признаки гроздей и ягод, как OIV 202 – Размер грозди – длина (без гребня), OIV 220–221 – Величина ягоды (длина и ширина), OIV 223 – Форма ягоды, OIV 502 – Масса одной грозди, OIV 503 – Масса одной ягоды, OIV 233 – Выход сока с ягоды и т.д. [4, 5, 10, 11, 14].

В то время как ягоды обладают особым значением в ампелографии с точки зрения устой-

чивости и характера сортовых особенностей, размер и механические особенности ягод определяют технологическую пригодность сортов в столовом виноградарстве и перерабатывающей промышленности.

Материалы и методы исследований

Материалом исследований служили кусты высокоурожайных клоновых форм (31 форма), отобранные путем индивидуальной селекции из популяций ценных аборигенных сортов Азербайджана Аг шаны, Аг Халили, Аг овал кишмиш, Ала шаны, Гара шаны, Табризи, Чахраи кишмиш, Новраст, Махмуду, Гырмызы Сааби, и интродуцированных сортов Тайфи розовый, Мускат Гамбургский, Агадаи.

Увологические особенности сортов и клоновых форм винограда были изучены по классическим методам [1–4, 8, 11–14, 16].

Для проверки уровня достоверности разницы между показателями клоновых кустов и материнских растений по количественным показателям использовался t-фактор Стьюдента, были сравнительно проанализированы теоретические и фактические статистические показатели ($t_{0,05}/t_{факт}$), определены средние ошибки средних значений ($\bar{X} \pm S\bar{x}$) соответствующих показателей [9].

Результаты и их обсуждение

В ходе изучения особенностей увологических органов сортов и клонов винограда, выращиваемого в Ампелографической коллекции, были исследованы выход сока, кожицы, гребня и семян по отношению к общему весу (%), масса 100 ягод, масса 100 семян, число ягод в грозди, доля ягод в грозди (%), твердый остаток (%), скелет (кожица + гребень, %), структурный показатель грозди (соотношение мякоти или сока к скелету) и прочие важные механические элементы.

В формировании массы гроздей важную роль играют масса ягод, их число в грозди и размер. Число ягод в грозди может быть различным в зависимости от происхождения и биологических особенностей сорта, погодных условий года, строения и развития цветков, опыления и оплодотворения цветков и других факторов. Они же, в свою очередь, являются факторами, напрямую воздействующими на урожайность куста. Поэтому при клоновой селекции для улучшения сортов важными задачами являются увеличение



размера гроздей и ягод, массы 100 ягод, числа ягод и их доли в грозди (%) [4–7, 10, 13–18].

Исследования показали, что у исследуемых сортов и клонов число ягод в грозди меняется в пределах 59 (клоновый куст 216) – 204 шт. (клоновая вариация 4 – 18/17). Этот показатель был: относительно низким: у Аг шаны и клонового куста 22/05 – 65 шт., у клона 15/18 – 64 шт., у клонового куста 2/6 – 59 шт., клонового куста 3/28 – 70 шт., клоновых кустов 2-22/8 и 2/16 – по 69 шт., и был значительно выше у клона 2-3/12 – 150 шт., у сорта Чахраи кишмиш – 152 шт., Аг овал кишмиш – 154 шт., у клона 27/11 – 159 шт., у Чахраи Тайфи – 151 шт., клона 24/06 – 157 шт., у клонового куста 30/74 – 161 шт., у 3-22/14 – 185 шт., у Аг кишмиш – 190 шт., у клона 4-18/17 – 204 шт. У остальных исследуемых сортов число ягод в грозди колебалось между 77 (сорт Новраст и клоновая вариация 3/32) и 148 шт. (клоновая вариация 2/30). Как было отмечено выше, число ягод в грозди является основным показателем, формирующим вес грозди. В результате проведенных математико-статистических исследований было выявлено, что между числом ягод в грозди и его массой существует положительная корреляционная связь ($r = 0,45$, $p > 0,05$). В ходе исследований был проведен сравнительный математико-статистический анализ по числу ягод (индивидуальный отбор) между высокоурожайными клоновыми вариациями и материнскими растениями. Нами было определено, что по числу ягод в грозди разница между клоновыми вариациями 2/6, 22/05, 15/08, 11/7, 2/6, 1/12, 3/28, 2-22/8, 3-12/6, 4-5/28, 3-2/12, 1-3/14, 2/16, 5/3 и материнскими растениями не является достоверной. Остальные клоновые вариации (1/9, 20/03, 4/9, 2/1, 1/4, 27/11, 30/03, 24/06, 30/74, 2-26/16, 3-22/14, 1-5/16, 1/12, 2/30, 5/8) имеют существенное преимущество по этому показателю по сравнению с материнскими растениями и разница между ними является в значительной степени достоверной с математико-статистической точки зрения.

Доля ягод в грозди является одним из основных структурных элементов грозди. У исследуемых сортов и клонов этот показатель колебался в пределах от 91,0 (клоновый куст 3/32) до 98,4% (клоновый куст 4-5/28). Доля ягод в грозди была относительно низкой у клоновых вариаций 3/32, 5/3, 5/8; 3-12/6, сортов Гырмызы Сааби, Гара шаны, Мускат гамбургский

и Агадаи (91,0–94,0%), и относительно высокой у клонов 3-22/14 и 4-5/28 (97,0–98,4%). У прочих исследуемых клонов и сортов этот показатель находился в пределах 94,2 (Аг шаны) – 96,8% (клон 3-2/12).

Наши исследования показали, что у изучаемых сортов и клонов долевого выхода гребня менялся в пределах 1,6–9%.

Выход сока по отношению к общей массе грозди является одним из важнейших элементов механического состава сортов винограда. В целом у столовых сортов винограда выход сока бывает ниже, чем у технических. Структурный показатель грозди (соотношение мякоти к скелету – сумме гребня и кожицы) у столовых сортов выше, чем у технических [8, 10–13].

У изучаемых нами сортов выход сока значительно различается между собой и колеблется в пределах 70,0 (Агадаи) – 93,0% (клоновая вариация 3-2/12). В целом высокий (70–80%) выход сока наблюдался у сортов Аг шаны, Гара шаны, Табризи, Чахраи тайфи, Мускат гамбургский, Новраст, Гырмызы Сааби, Ала шаны, Махмуду, Агадаи и клоновых вариациях 20/03, 4/9, 2/1, 1/12, 3/28, 3/32, 3-12/6, 2/16, 5/3, 5/8, и очень высоким (80,3–93,0%) у сортов Аг овал кишмиш, Чахраи кишмиш, Аг Халили и клоновых вариаций 1/9, 2/6, 22/05, 15/18, 11/7, 2/6, 2/1, 1/4, 27/11, 30/03, 24/06, 30/74, 2-26/16, 2-22/8, 3-22/14, 4-5/28, 4-18/17, 3-2/12, 1-3/14, 1-5/16, 1/12, 2/30.

Было выявлено, что в целом клоновые вариации по выходу сока значительно превосходили материнские растения (контрольные сорта). По отношению к общей массе грозди считается: по выходу сока – до 60% – низким, 60–70% – средним, 70–80% – высоким, свыше 80% – очень высоким; по гребню: до 2% – низким, 2–4% – средним, 4–6% – высоким, свыше 6% – очень высоким; по кожуре – менее 10% – очень низким, 10–20% – низким, 20–30% – средним, свыше 30% – высоким [3, 8, 10, 13].

Масса 100 ягод – один из элементов строения ягоды. Этот показатель в значительной степени зависит от размера и массы ягод и является одним из количественных показателей, характеризующих величину ягоды.

Нами было выявлено, что масса 100 ягод играет заметную роль в формировании массы грозди и урожайности куста. Статистические исследования показали, что между массой 100 ягод и массой грозди существует положительная

($r = 0,56, p > 0,05$), с числом ягод в 100 г грозди – обратная ($r = -0,90, p > 0,05$) корреляционная зависимость. С повышением показателя массы 100 ягод линейно снижается число ягод в 100 г грозди.

Исследования показали, что масса 100 ягод была наименьшей у сортов Аг овал кишмиш (120 г), Чахраи кишмиш (121,8 г), Аг кишмиш (111,3 г) и клоновых вариаций 3-2/12 (138,6 г), 4-18/17 (150,0 г), наибольшей – у клоновых вариаций 20/03 (428,0 г), 2-26/6 (441,5 г), 2-22/8 (516,8 г), 3-12/6 (474,0 г). У прочих изучаемых сортов и клонов этот показатель колебался в пределах 173,3 (клон 27/11) – 373,0 г (клон 1-3/14) (см. табл. 1).

Путем корреляционного анализа было установлено, что между количеством ягод в грозди ($r = 0,45, p > 0,05$), весом 100 ягод ($r = 0,56, p > 0,05$) и весом грозди существует положительная корреляционная связь, а между количеством ягод в грозди, весом 100 ягод и количеством ягод в 100 граммах грозди наблюдается обратная корреляционная зависимость ($r = -0,90, p > 0,05$). Поэтому масса 100 ягод и количество ягод в грозди считаются основными количественными показателями в формировании урожайности кустов-клонов.

Математико-статистический анализ показал, что по массе 100 ягод разница между различными клоновыми вариациями и материнскими

Таблица 1 – Механические показатели гроздей и ягод сортов и клоновых вариаций

Сорта и клоновые вариации	Число ягод в грозди, шт.	$t_{0,05}/t_{факт}$	Доля ягод в грозди, %	Выход сока относительно общей массы грозди, %	Масса 100 ягод, г	$t_{0,05}/t_{факт}$	Число ягод в 100 г грозди, шт.	Масса 100 семян, г
Аг шаны (контроль)	65±2,05	–	94,2±0,88	74,5±0,88	234,2±4,33	–	43±1,36	5,72±0,41
1/9	106±2,05	2,12/14,13	94,5±0,31	81,0±0,48	268,0±8,05	2,12/3,70	35±0,68	7,12±0,68
2/6	69±6,00	2,12/0,63	95,7±0,68	82,6±1,36	308,3±6,82	2,12/9,17	32±1,71	5,94±0,55
22/05	65±1,71	2,12/0	95,7±0,14	80,6±0,31	350,0±2,80	2,12/20,70	27±1,36	6,62±0,03
20/03	90±2,39	2,12/7,96	95,7±0,03	73,6±0,24	428,3±7,12	2,12/22,2	23±1,02	8,10±0,17
15/18	64±1,02	2,12/0,43	95,0±0,07	81,8±0,48	293,0±2,68	2,12/9,78	34±1,02	4,95±0,14
Гара шаны (контроль)	75±1,36	–	93,9±0,07	78,8±0,44	197,6±2,30	–	55±0,68	3,77±0,10
11/7	68±1,36	2,12/-3,65	94,4±0,07	82,3±0,27	295,0±8,08	2,12/11,60	35±1,02	4,72±0,08
2/6	59±1,36	2,12/-8,33	95,0±0,20	82,0±0,55	332,3±3,02	2,12/35,4	30±2,73	5,51±0,14
4/9	99±1,71	2,12/11,0	94,9±0,07	77,6±0,20	256,2±2,42	2,12/17,54	40±0,34	5,70±0,07
Табризи (контроль)	88±2,38	–	95,7±0,10	78,7±0,68	174,7±1,92	–	59±0,68	4,61±0,07
2/1	97±1,36	2,12/3,28	96,4±0,03	83,0±0,41	219,0±1,84	2,12/16,65	47±0,68	4,80±0,01
1/12	90±1,71	2,12/0,68	95,3±0,14	77,1±0,17	254,7±2,52	2,12/26,24	39±0,68	5,51±0,07
¼	137±0,68	2,12/19,84	94,2±0,07	81,0±0,10	235,4±1,21	2,12/23,62	46±0,68	4,82±0,14
Аг овал кишмиш (контр)	154±0,68		96,1±0,07	87,7±0,17	120,0±3,18	–	87±0,68	–
27/11	159±1,71	2,12/2,72	96,0±0,10	87,2±0,44	173,3±3,11	2,12/11,98	60±0,34	–
30/03	174±3,07	2,12/6,37	96,6±0,24	86,0±0,61	181,0±2,45	2,12/11,25	58±0,68	–
Чахраи тайфи (контр.)	151±1,02	–	96,5±0,20	77,6±0,10	267,7±2,36	–	41±0,68	4,62±0,03
24/06	157±1,02	2,12/4,17	96,5±0,07	82,5±0,07	309,3±2,71	2,12/5,67	38±1,02	4,92±0,03
30/74	161±1,71	2,125,75	96,2±0,61	82,7±0,31	334,0±3,54	2,12/15,53	32±0,34	5,34±0,14
Мускат Гамб. (контр.)	74±0,68	–	93,6±0,07	73,2±0,34	243,6±3,97	–	40±0,03	5,54±0,17
3/28	70±1,02	2,12/-3,58	96,6±0,17	76,9±0,65	313,3±2,11	2,12/15,50	34±0,68	6,39±0,14
3/32	77±1,71	2,12/-1,63	91,0±0,58	76,6±1,60	356,6±3,89	2,12/20,32	28±1,02	4,23±0,14



растениями являлась в значительной степени достоверной ($t_{\text{факт}} > t_{0,05}$). С увеличением массы 100 ягод и числа ягод в грозди, естественно, значительно увеличивалась масса грозди. Это в свою очередь положительно влияет на повышение урожайности куста. Так как показатель массы 100 ягод играет значительную роль в формировании урожайности, его следует использовать как важный количественный показатель и изучать при отборе высокоурожайных клонов.

Число ягод в 100 г грозди является одним из элементов, характеризующих размер ягод у сортов. При увеличении числа ягод в 100 г грозди, соответственно, значительно уменьшается размер ягод.

Из результатов исследований видно, что число ягод в 100 г грозди колебалось в пределах от 22 (клон 2-22/8) до 87 (Аг овал кишмиш, Аг кишмиш). Этот показатель был относительно низким у клоновых вариаций 2-22/8 (22 ягоды), 2-26/6 (24 ягоды), 1-3/14 (28 ягод), 3-12/6 (21 ягода), 1-3/14 (28 ягод), 5/8 (27 ягод), 20/03 (23 ягоды), 3/32 (28 ягод), 22/05 (27 ягод) и сорта Гырмызы Сааби (27 ягод), и значительно выше у клоновой вариации 3-2/12 (80 ягод), сортов Аг овал кишмиш (87 ягод), Аг кишмиш (87 ягод) и Чахраи кишмиш (84 ягоды). У остальных исследуемых сортов и клонов число ягод в 100 г грозди варьировало между 31 (клон 5/3) и 68 (клон 4-18/17).

Окончание таблицы 1

Сорта и клоновые вариации	Число ягод в грозди, шт.	$t_{0,05}/t_{\text{факт}}$	Доля ягод в грозди, %	Выход сока относительно общей массы грозди, %	Масса 100 ягод, г	$t_{0,05}/t_{\text{факт}}$	Число ягод в 100 г грозди, шт.	Масса 100 семян, г
Новраст (контроль)	77±1,71	–	95,3±0,07	79,3±0,41	328,7±5,65	–	32±0,34	5,78±0,07
2-26/16	139±0,68	2,12/–33,70	95,4±0,20	81,6±0,24	441,5±2,08	2,12/18,86	24±1,36	5,87±0,03
2-22/8	69±1,02	2,12/–4,02	96,7±0,24	82,4±0,17	516,8±3,32	2,12/28,81	22±0,68	6,97±0,10
Гырмызы Сааби (конт)	72±2,05	–	93,3±1,50	75,7±0,48	340,2±2,38	–	27±1,02	6,36±0,03
3-12/6	78±2,73	2,12/1,76	94,0±0,58	76,7±0,51	474,0±8,77	2,12/14,72	21±0,34	6,76±0,14
Чахраи кишмиш (конт)	152±15,01	–	96,2±1,98	87,9±2,73	121,8±2,67	–	84±8,53	–
3-22/14	185±1,71	2,12/–2,20	97,0±0,96	90,7±1,23	164,0±2,62	2,12/11,41	67±2,39	–
4-5/28	140±2,35	2,12/–0,80	98,4±0,84	91,6±1,06	171,0±4,37	2,12/7,23	62±2,42	–
Аг кишмиш (контроль)	190±19,10	–	95,9±0,55	88,3±1,47	111,3±3,21	–	87±2,38	–
4-18/17	204±16,03	2,12/–0,50	96,5±0,34	92,0±0,75	150,0±3,77	2,12/7,80	68±3,41	–
3-2/12	150±4,78	2,12/–2,03	96,8±0,34	93,0±0,70	138,6±3,32	2,12/7,30	80±3,56	–
Ала шаны (контроль)	93±1,71	–	95,6±0,48	77,4±0,51	274,2±11,71	–	37±2,73	6,20±0,07
1-3/14	102±7,85	2,12/–1,08	95,7±0,20	81,3±0,68	373,0±3,39	2,12/8,10	28±1,02	6,40±0,21
Аг Халили (контроль)	95±1,02	–	95,3±0,10	81,0±1,57	176,0±6,56	–	52±1,36	3,40±0,14
1-5/16	108±2,05	2,12/–8,61	95,6±0,20	83,3±0,55	243,7±4,14	2,12/8,74	44±1,71	4,30±0,14
Махмуду (контроль)	85±8,53	–	96,5±0,21	77,0±0,24	212,0±4,12	–	50±1,71	4,60±0,17
1/12	115±4,10	2,12/–3,17	95,7±0,24	81,7±0,85	263,0±7,73	2,12/16,97	41±1,71	4,90±0,14
2/16	69±6,48	2,12/–1,50	94,7±0,68	80,0±1,57	326,0±19,18	2,12/5,82	32±3,07	5,80±0,14
2/30	148±2,05	2,12/–7,18	95,5±0,20	80,3±2,32	233,0±9,18	2,12/5,89	42±2,73	4,50±0,41
Агадаи (контроль)	82±2,05	–	92,4±0,66	70,0±3,75	277,0±6,57	–	36±2,05	5,40±0,66
5/3	87±3,41	2,12/–1,26	93,6±0,48	72,5±4,84	358,7±9,10	2,12/5,89	31±0,34	5,20±0,68
5/8	120±9,55	2,12/–3,90	93,8±0,36	76,1±1,40	382,7±11,32	2,12/2,51	27±0,03	5,86±0,72

Другим элементом строения ягоды является масса 100 семян. Многочисленными исследованиями установлено, что степень развития семян в ягоде, их число и размер и размер ягод в значительной степени взаимосвязаны. Следовательно, одной из основных задач, стоящих перед селекционерами мира, является создание бессемянных, или же малосемянных сортов столового винограда [9, 13]. Масса 100 семян – количественный признак, характеризующий размер и вес семян. Чем меньше число и размер семян в ягоде, тем выше оценивается столовый сорт винограда.

В процессе исследований было установлено, что масса 100 семян была относительно низкой у сортов Гара шаны (3,77 г) и Аг Халили (3,40 г), и значительно выше у сортов Ала шаны (6,20 г), Гырмызы Сааби (6,36 г) и в клоновых вариациях 1-3/14 (6,40 г), 3-12/6 (6,36 г), 2-22/8 (6,97 г), 3/28 (6,39 г), 22/05 (6,62 г), 2/6 (7,12 г). У прочих сортов и клонов этот показатель колебался в пределах 4,30 (клон 1-5/16) – 5,94 г (клон 2/6).

Таким образом, наши исследования показали, что масса 100 ягод и число ягод в грозди винограда являются основными количественными показателями, формирующими урожайность клоновых растений. Поэтому при отборе и оценивании ценных клонов в качестве основных факторов целесообразно использование этих показателей.

При отборе клонов были выделены: по сорту Аг шаны – 5, по сортам Гара шаны, Табризи, Махмуду – по 3, по сортам Аг овал кишмиш, Чахраи тайфи, Мускат гамбургский, Новраст, Чахраи кишмиш, Аг кишмиш, Агадаи – по 2, по сортам Гырмызы сааби, Ала шаны, Аг Халили – по 1 клоновой форме (всего 31), высокоурожайных, превосходящих родителей по размеру ягоды и грозди, обладающих высоким товарным качеством; их внедрение, наряду с повышением урожайности, приведет к повышению экономического благосостояния фермеров.

Список литературы

1. Абасова Х. Т. Изучение механических особенностей гроздей и ягод некоторых технических сортов винограда // Научные труды Института Ботаники НАНА, 2008, Т. XXVIII. С. 335–338.
2. Оценка новых интродуцентных сортов винограда в условиях Азербайджана / М. А. Гу-

сейнов, Х. Н. Насибов, А. С. Шукюров, В. С. Салимов // АПК России. 2018. Т. 25. № 3. С. 444–447.

3. Морозова Г. С. Виноградарство с основами ампелографии. М. : Агропромиздат, 1987. 251 с.

4. Изучение полиморфизма местных сортов винограда в Азербайджане с помощью ампелодескрептора, молекулярных и морфометрических маркеров / Х. Н. Насибов [и др.] // АПК России. 2018. Т. 25. № 4. С. 517–525.

5. Панахов Т. М., Салимов В. С. Сорта винограда Азербайджана. Баку : Муаллим, 2012. 288 с.

6. Панахов Т. М., Солтанов Х. А., Гусейнов М. А. Совершенствование технологии производства натурального вина // АПК России. 2019. Т. 26. № 2. С. 162–170.

7. Панахов Т. М., Хасретов Р. П. Влияние дополнительного опыления, производимого на различных стадиях фазы цветения, на механические особенности сортов винограда // Аграрная наука Азербайджана. 2009. № 1–2. С. 56–57.

8. Простосердов Н. Н. Основы виноделия. М. : Пищепромиздат, 1955. 264 с.

9. Радчевский П. П., Трошин Л. П. Бессемянные сорта винограда. Краснодар : КубАГУ, 2008. 160 с.

10. Салимов В. С. Методы ампелографического исследования генотипов винограда. Баку : Муаллим, 2014. 184 с.

11. Смирнов К. В., Калмыкова Т. И., Морозова Г. С. Виноградарство. М. : Агропромиздат, 1987. 367 с.

12. Шарифов Ф. Г. Виноградарство. Баку : Маариф, 1988. 296 с.

13. Трошин Л. П., Маградзе Д. Н. Ампелографический скрининг генофонда винограда. Краснодар : КГАУ, 2013. 120 с.

14. Codes des caracteres descriptifs des varietes et especes de Vitis. OIV. 2009. Access mode : <http://www.oiv.int/fr/> и <http://www.oiv.int/oiv/info/frplublicationoiv#listdesc>.

15. Huseynov M., Soltanov H. Improving the production technology of the natural wine // Journal Sylwan. April 2019. 163 (4). ISI Indexed. P. 2–13.

16. First results of the European grapevine collections' collaborative network / L. Rustioni [et al.] // Validation of a standard eno-carpological phenotyping method. January 2014. Vitis Geilweil-erhof. № 53(4). P. 219–226.

17. BRS Isis: New seedless grape cultivar for the tropical viticulture in Northeastern of Brazil



/ P. Leão [et al.] // BIO Web of Conferences. 39th World Congress of Vine and Wine. 2016. Vol. 7. Access mode : https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/abs/2016/02/bioconf-oiv2016_01002/bioconf-oiv2016_01002.html.

18. Vinos de Altura del Noroeste Argentino – Características físico- químicas y Sensoriales

/ R. Barroso, [et al.] // BIO Web of Conferences. 2019. № 15. Access mode : https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/full_html/2019/04/bioconf-oiv2019_01002/bioconf-oiv2019_01002.html.

Гусейнова Афет Сабир, заведующая отделом, Научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия (НИИВиВ).

E-mail: a_huseynova73@mail.ru.

Гусейнов Мовлуд Арастун, канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник, доцент Экономического университета (UNEC), Научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия (НИИВиВ).

E-mail: movludh@mail.ru.

Салимов Вугар Сулейман, д-р с.-х. наук, доцент, директор, Научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия (НИИВиВ).

E-mail: vugar_salimov@yahoo.com.

Асадуллаев Рауф Айдын, канд. с.-х. наук, доцент, замдиректора, Научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия (НИИВиВ).

E-mail: raufasad@mail.ru.

Насибов Хикмет Насир, канд. с.-х. наук, доцент, аспирант, Научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия (НИИВиВ).

E-mail: khikmet@mail.ru.

* * *

УДК 631.4:632.954

ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПИ ЗАУРАЛЬЯ ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ В ПОСЕВАХ ЯРОВОГО РАПСА

А. Н. Покатилова, Е. Ю. Матвеева

Для получения стабильных урожаев большинства сельскохозяйственных культур в сельском хозяйстве используется широкий спектр средств защиты растений. В свою очередь пестициды воздействуют не только на патогенные организмы, но и в целом на все объекты окружающей среды. В опыте были изучено влияние почвенных и послевсходовых гербицидов на ряд биологических свойств чернозема выщелоченного. В результате исследований, проведенных в 2017 и 2018 гг., было выявлено, что эмиссия углекислого газа на всех вариантах опыта характеризуется как слабая. Нитрифицирующая способность за два года исследований оценивается как высокая. Таким образом, применяемые гербициды в рекомендуемых дозах не оказывают негативного влияния на биологические свойства чернозема выщелоченного.

Ключевые слова: биологические свойства, эмиссия углекислого газа, нитрифицирующая способность, чернозем выщелоченный, гербициды.

В современном сельскохозяйственном производстве широкое распространение получили пестициды, предназначенные для защиты и регулирования роста растений, а также в целях повышения урожайности сельскохозяйственных культур [1].

Применение интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур является одним из основных направлений повышения продуктивности земледелия на современном этапе. В ряде случаев интенсивные технологии включают применение гербицидов в качестве обязательного приема для борьбы с сорняками в посевах большинства сельскохозяйственных культур [2, 3, 4].

Кроме положительного эффекта от применения химических средств защиты против сорной растительности, необходимо учитывать всевозможные побочные действия гербицидов на другие компоненты природных экосистем [5].

Для поддержания экологического равновесия и сохранения потенциала самоочищения и самовосстановления пашни от воздействия химических средств защиты растений необходимо проводить постоянные наблюдения за состоянием сельскохозяйственных земель, для предупреждения и устранения последствий негативных процессов.

В качестве индикаторов техногенного загрязнения почвы могут быть использованы по-



казатели биологических реакций, так как их чувствительность к природным и антропогенным факторам очень высока [6, 7, 8].

Методика исследований

Оценка биологических свойств черноземных почв после применения гербицидов была проведена в опыте по изучению эффективности гербицидов в посевах ярового рапса в 2017 и 2018 гг. на опытном поле Института агроэкологии ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ. В опыте изучались следующие препараты: Пропонит, КЭ, д.в. пропизохлор, Галион, ВР, д.в. клопиралид + пиклорам, Миура, КЭ, д.в. хизалофоп-П-этил.

Почва опытного поля – чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусный тяжелосуглинистый с физико-химическими и водно-физическими свойствами, типичными для региона. В период проведения исследований погодные условия 2017 и 2018 гг. характеризовались неравномерным распределением тепла и влаги.

В пробах почвы (0–20 см) определяли следующие показатели биологической активности: нитрифицирующую активность почвы по методу С.П. Кравкова [1]; интенсивность эмиссии CO_2 из почвы методом А.Ш. Галстяна [9].

Результаты исследований

Одним из важнейших показателей биологической активности почв считается «дыхание» почв – выделение углекислого газа и поглощение кислорода почвой. Процессы «дыхания»

почвы зависят от всей ее биологической активности и определяются количеством потребленного кислорода и количеством продуцированного диоксида углерода.

По эмиссии углекислого газа из почвы можно судить об интенсивности жизнедеятельности почвенной биоты, скорости минерализации опада и подстилки, а также о плодородии почв. В годовом цикле «дыхание» почв связано с суммарной биологической активностью и является точным показателем измерения скоростей процессов в сезонной динамике, при изменении погодных условий, при загрязнении почв, внесении гербицидов и т.д.

Оценка биологической активности почв по эмиссии с поверхности почв CO_2 считается существенным дополнением к ряду исследований, проводимых при изучении биологии черноземных почв.

Полученные в ходе исследования данные о скорости эмиссии углекислого газа представлены в таблице 1.

По шкале сравнительной оценки биологической активности почвы [10] эмиссия углекислого газа чернозема выщелоченного характеризуется как слабая. В 2017 году на варианте с совместным применением почвенного гербицида Пропонит; Галион + Миура, а также на вариантах Контроль и Пропонит; Галион выявлена наименьшая эмиссия углекислого газа среди изучаемых вариантов. Наибольшая интенсивность наблюдается на вариантах: Пропонит, Галион + Миура и Миура. Эмиссия углекислого

Таблица 1 – Интенсивность эмиссии углекислого газа (Институт агроэкологии, 2017–2018 гг.)

Вариант опыта	В миллиграммах CO_2 на 10 г в сутки			
	2017 год	Оценка активности	2018 год	Оценка активности
Контроль	5,14±1,09	Слабая	6,88±0,09	Слабая
Пропонит, КЭ	6,40±0,58	Слабая	6,93±0,62	Слабая
Пропонит, КЭ; Галион, ВР	5,47±1,07	Слабая	7,56±0,14	Слабая
Пропонит, КЭ; Миура, КЭ	6,22±0,54	Слабая	7,72±0,03	Слабая
Пропонит, КЭ; Галион, ВР + Миура, КЭ	5,08±0,38	Слабая	7,45±0,15	Слабая
Галион, ВР	6,01±0,73	Слабая	7,56±1,97	Слабая
Миура, КЭ	6,24±0,99	Слабая	7,51±0,09	Слабая
Галион, ВР + Миура, КЭ	6,31±0,97	Слабая	6,92±0,97	Слабая

газа сильно варьирует по вариантам в пределах от 5,08 мг CO₂/10 г почвы (Пропонит; Галион + Миура) до 6,40 мг CO₂/10 г почвы (Пропонит).

В 2018 году эмиссия углекислого газа изменяется по вариантам в пределах от 6,88 до 7,72 мг. Наименьшая интенсивность выделения углекислого газа наблюдалась на вариантах с гербицидами Галион + Миура и Контроль. Наибольшая интенсивность выявлена на варианте с применением гербицидов Пропонит + Миура.

Слабая эмиссия углекислого газа чернозема выщелоченного в 2017 и 2018 годах связана с изменчивыми погодными условиями.

Важнейшим показателем микробиологического состояния почвы является активность протекания процессов нитрификации. Поскольку нитрификация является звеном в цепи реакций превращения азотсодержащих соединений, ее интенсивность может использоваться как интегральный показатель, характеризующий биологическую активность почв. Высокая нитрифи-

Таблица 2 – Нитрифицирующая активность чернозема выщелоченного (Институт агроэкологии, 2017 год)

Вариант опыта	Содержание N-NO ₃ до инкубации, мг/кг	Содержание N-NO ₃ после 14 дней инкубации, мг/кг	Нитрифицирующая активность почвы, мг/кг	Оценка активности
Контроль	10,94±4,43	56,77±1,25	45,83	Высокая
Пропонит, КЭ	8,38±0,92	46,88±16,57	38,50	Высокая
Пропонит, КЭ; Галион, ВР	13,62±8,54	79,35±6,72	65,73	Очень высокая
Пропонит, КЭ; Миура, КЭ	16,16±9,90	53,70±31,82	37,54	Высокая
Пропонит, КЭ; Галион, ВР + Миура, КЭ	11,23±6,15	48,11±11,17	36,88	Высокая
Галион, ВР	9,72±1,69	70,29±47,77	60,57	Очень высокая
Миура, КЭ	7,55±0,16	66,79±13,16	59,24	Высокая
Галион, ВР + Миура, КЭ	9,13±0,83	62,17±4,02	53,04	Высокая

Таблица 3 – Нитрифицирующая активность чернозема выщелоченного (Институт агроэкологии, 2018 год)

Вариант опыта	Содержание N-NO ₃ до инкубации, мг/кг	Содержание N-NO ₃ после 14 дней инкубации, мг/кг	Нитрифицирующая способность почвы, мг/кг	Оценка активности
Контроль	8,86±0,74	37,66±0,97	28,80	Повышенная
Пропонит, КЭ	9,13±2,01	41,41±7,06	32,28	Высокая
Пропонит, КЭ; Галион, ВР	8,16±0,21	47,54±9,59	39,38	Высокая
Пропонит, КЭ; Миура, КЭ	7,96±8,68	46,18±2,87	38,22	Высокая
Пропонит, КЭ; Галион, ВР + Миура, КЭ	8,43±3,95	42,91±9,92	34,48	Высокая
Галион, ВР	7,56±1,73	45,24±7,74	37,68	Высокая
Миура, КЭ	6,80±1,86	46,60±13,57	39,80	Высокая
Галион, ВР + Миура, КЭ	8,13±3,08	37,49±2,05	29,36	Повышенная



цирующая активность характерна для окультуренных почв, с достаточным содержанием азота, хорошей аэрацией, реакцией среды, близкой к нейтральной. Данные условия являются наиболее благоприятными для роста большинства сельскохозяйственных растений. Показатели нитрифицирующей активности чернозема выщелоченного представлены в таблицах 2, 3.

Согласно группировке почв по нитрифицирующей активности, определяемой по методу С.П. Кравкова [1], активность чернозема выщелоченного на опытном поле в 2017 году характеризуется как высокая и очень высокая. При применении гербицидов Пропонит; Галион (65,73 мг/кг) и Галион (60,57 мг/кг) наблюдается наибольшая нитрифицирующая активность среди применяемых гербицидов. Наименьшей нитрифицирующей активностью характеризуются варианты: Пропонит; Галион + Миура (36,88 мг/кг), Пропонит; Миура (37,54 мг/кг) и Пропонит (38,50 мг/кг).

В 2018 году нитрифицирующая активность чернозема выщелоченного была повышенной и высокой. Наименьшая нитрифицирующая активность отмечена на контрольном варианте, она составляет 28,80 мг/кг. Среди рассмотренных вариантов наибольшей нитрифицирующей активностью характеризуется вариант с применением гербицида Миура (39,80 мг/кг).

Основываясь на значениях нитрифицирующей активности, экологическое состояние почвы в 2017 и 2018 годах можно характери-

зовать как высокое, достаточно интенсивно протекающие процессы нитрификации в почвах свидетельствуют о высокой потенциальной самоочищающей способности, а также характеризуют ее плодородие, указывают на благоприятное состояние почвы для роста растений.

Для оценки эколого-биологического состояния почвы (ИПЭБСП) В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников разработали методику определения интегрального показателя, позволяющего оценить совокупность биологических показателей.

По данной методике значение каждого из показателей в контрольном варианте принимается за 100 % и по отношению к нему в процентах выражается значение относительного балла показателя (B_1) в остальных образцах:

$$B_1 = (B_0/B_k) \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где B_1 – относительный балл показателя;

B_0 – значение показателя в опытном варианте;

B_k – значение показателя в контрольном варианте.

Далее суммируются относительные значения многих показателей (нитрифицирующая активность и «дыхание» почвы). Их абсолютные значения не могут быть суммированы, так как имеют разные единицы измерения (мг $CO_2/10$ г/сут., мг/кг).

Таблица 4 – Интегральный показатель эколого-биологического состояния почвы (Институт агроэкологии, 2017–2018 гг.)

Вариант опыта	2017 г.			2018 г.		
	B_d	$B_{на}$	ИПЭБСП	B_d	$B_{на}$	ИПЭБСП
Контроль	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Пропонит, КЭ	124,51	84,01	104,26	100,73	112,08	106,40
Пропонит, КЭ; Галион, ВР	106,42	143,42	124,92	109,88	136,74	123,31
Пропонит, КЭ; Миура, КЭ	121,01	81,91	101,46	112,21	132,71	122,46
Пропонит, КЭ; Галион, ВР + Миура, КЭ	98,83	80,47	89,65	108,28	119,72	114,00
Галион, ВР	116,93	132,16	124,54	109,88	130,83	120,35
Миура, КЭ	121,40	129,26	125,33	109,16	138,19	123,67
Галион, ВР + Миура, КЭ	122,76	115,73	119,24	100,58	101,94	101,26

После этого по формуле 2 рассчитывается средний оценочный балл изученных показателей для каждого варианта, являющийся интегральным показателем эколого-биологического состояния почвы (ИПЭБСП):

$$\text{ИПЭБСП} = (B_1 + B_2 + B_3 + \dots + B_n) / N, \quad (2)$$

где N – число показателей [11].

В исследованиях, проводимых в 2017–2018 гг., изучались два показателя: «дыхание» почвы (относительный балл – B_d), нитрифицирующая активность почв (относительный балл – B_{HA}) (табл. 4).

Наименьшее значение интегрального показателя эколого-биологического состояния почвы (ИПЭБСП) в 2017 году выявлено на варианте с применением почвенного препарата Пропонит и баковой смеси послевсходовых препаратов Галион + Миура, который ниже контрольного варианта на 10,35, наибольшие значения – на вариантах с послевсходовым препаратом Миура – выше контрольного на 25,33 и при сочетании почвенного препарата Пропонит с послевсходовым Галион – выше контрольного на 24,92. В 2017 году значения ИПЭБСП во всех исследуемых вариантах с применением гербицидов, кроме варианта Пропонит; Галион + Миура, выше контрольного.

В 2018 году среди оцениваемых вариантов наименьшее значение интегрального показателя эколого-биологического состояния почвы (ИПЭБСП) выявлено на варианте с гербицидом Галион + Миура, который выше контрольного варианта на 1,26, наибольшие значения – на вариантах с послевсходовым препаратом Миура (выше контроля на 23,67) и при сочетании почвенного препарата Пропонит с послевсходовым Галион (выше контроля на 23,31). В 2018 году значения ИПЭБСП во всех исследуемых вариантах с применением гербицидов выше контрольного.

При расчете показателя эколого-биологического состояния почвы значительных изменений между вариантами не выявлено.

Исходя из анализа величин ИПЭБСП, можно сделать вывод о том, что рекомендованные дозы применяемых препаратов не оказали негативного влияния на биологические свойства почвы.

В 2017–2018 гг. исследований наибольшее увеличение показателей биологического состо-

яния чернозема выщелоченного было отмечено на вариантах послевсходового препарата Миура и сочетания почвенного гербицида Пропонит с послевсходовым Галион.

Выводы

1. Интенсивность выделения углекислого газа черноземом выщелоченным в 2017-м и 2018 годах по шкале сравнительной биологической активности характеризуется как слабая. В 2017 году эмиссия углекислого газа варьирует по вариантам в пределах от 5,08 до 6,40 мг $\text{CO}_2/10$ г/сут. В 2018 году выделение углекислого газа изменяется по вариантам в пределах от 6,88 до 7,72 мг $\text{CO}_2/10$ г/сут. Слабая интенсивность выделения углекислого газа чернозема выщелоченного в 2017 и 2018 годах связана с изменчивыми погодными условиями.

2. Нитрифицирующая активность чернозема в 2017 году характеризуется как высокая и очень высокая. В 2018 году нитрифицирующая активность чернозема выщелоченного была повышенной и высокой. Экологическое состояние почвы в 2017-м и 2018 годах можно характеризовать как высокое, достаточно интенсивно протекающие процессы нитрификации в почвах свидетельствуют о высокой потенциальной самоочищающей способности, а также характеризуют ее плодородие, указывают на благоприятное состояние почвы для роста растений.

3. Интегральный показатель эколого-биологического состояния почвы (ИПЭБСП) в 2017 году составил в среднем 112,77, а в 2018 году – 115,92. Исходя из анализа величин ИПЭБСП в 2017-м и 2018 годах, можно сделать вывод о том, что наибольшее влияние на биологическое состояние почвы оказывают послевсходовый препарат Миура и сочетание почвенного гербицида Пропонит с послевсходовым Галион. При расчете показателя эколого-биологического состояния почвы значительных изменений между вариантами не выявлено.

Следовательно, рекомендованные дозы изучаемых препаратов не оказали негативного влияния на биологические свойства почвы.

Список литературы

1. Казеев К. Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / под ред. С. И. Колесникова. Ростов-на-Дону : Изд-во РГУ, 2003. 216 с.



2. Деревянский В. П. Гербициды и микробиологическая активность почвы // Защита растений. 1992. № 3. С. 20–26.

3. Покатилова А. Н. Защита ярового рапса от сорного компонента // Высшему агрономическому образованию в Удмуртской Республике – 65 лет : матер. нац. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию агрономического факультета / ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. 2019. С. 144–148.

4. Иванова Е. С. Химические средства защиты кукурузы от сеgetальной растительности в Зауралье // Актуальные вопросы агроэкологии: теория и практика : матер. нац. науч. конф. Института агроэкологии / под ред. М. Ф. Юдина. 2018. С. 49–57.

5. Железова А. Д. Изменение функциональных и структурных характеристик прокариотного сообщества почв под воздействием гербицида глифосата : дис. ... канд. биол. наук. М., 2018. 142 с.

6. Матвеева Е. Ю. Эколого-биологическое состояние чернозема выщелоченного после применения химических средств защиты растений в посевах кукурузы // Сельскохозяйственные науки – агропромышленному комплексу России : матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Миасское, 2017). Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2017. С. 87–93.

7. Куликова Н. А., Лебедева Г. Ф. Гербициды и экологические аспекты их применения. М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 152 с.

8. Матвеева Е. Ю. Оценка токсичности чернозема выщелоченного по показателям прорастания семян // Высшему агрономическому образованию в Удмуртской Республике – 65 лет : матер. нац. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию агрономического факультета / ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. 2019. С. 187–190.

9. Титова В. И., Дабахова Е. В., Дабахов М. В. Агро- и биохимические методы исследования состояния экосистем : учеб. пособ. для вузов / Нижегородская гос. с.-х. академия. Н. Новгород : Изд-во ВВАГС, 2011. 170 с.

10. Гапонюк Э. И., Малахов С. В. Комплексная система показателей экологического мониторинга почв // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах: тр. 4 Всесоюзн. совещ. (Обнинск, июнь 1983 г.). Л. : Гидрометеиздат, 1985. С. 3–10.

11. Вальков В. Ф., Казеев К. Ш., Колесников С. И. Методология исследования биологической активности почв на примере Северного Кавказа // Научная мысль Кавказа. Изд-во СКНЦВШ. 1999. № 1. С. 32–37.

Покатилова Анна Николаевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры экологии, агрохимии и защиты растений, Институт агроэкологии – филиал ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: Pokatilova.Ann2013@yandex.ru.

Матвеева Екатерина Юрьевна, канд. биол. наук, доцент кафедры экологии, агрохимии и защиты растений, Институт агроэкологии – филиал ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: ematveeva82@mail.ru.

* * *

УДК 633.11:631.522/.524+004.9

ПОДГОТОВКА ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СЕМЯН ПО ИХ УРОЖАЙНЫМ СВОЙСТВАМ

Д. Д. Барышев, Н. Н. Барышева, С. П. Пронин

Подготовка обучающей выборки представляет собой важное значение для решения задач классификации данных методами машинного обучения. Эффективность алгоритмов обучения зависит от качества обучающей выборки. В работе представлены основные этапы подготовки обучающей выборки для задач классификации семян по их урожайным свойствам, определены основные информативные признаки, выполнена апробация полученных результатов методов деревьев решений.

Ключевые слова: биоэлектрический сигнал, семена пшеницы, классификация, качество, урожайные свойства, обучающая выборка.

Использование методов машинного обучения набирает популярность на сегодняшний день. Интеллектуальный анализ данных используется для классификации семян по сортовым особенностям для отбора семенной партии [2], классификации семян по их изображениям для определения чистоты семенного материала и проверке семян на зараженность различными болезнями [3–5]. Методы машинного обучения позволяют классифицировать семена по качеству для принятия управленческих решений о дальнейшем высеве семян.

Одним из методов определения качества семян пшеницы является метод, основанный на исследовании биоэлектрических потенциалов.

Метод представляет собой подготовку зерен путем замачивания их в дистиллированной воде, измерение биоэлектрических потенциалов, обработку сигналов [6]. Установлено, что семена пшеницы разного качества дают разные значения мембранных потенциалов [6, 7].

Разработка любой системы с использованием машинного обучения подразумевает сбор и подготовку данных, на основании которых затем происходит процесс моделирования.

Производительность модели зависит от типа и структуры данных, при этом на производительность могут влиять значения как любого отдельного параметра, так и их произвольной комбинации.



Алгоритмы машинного обучения позволяют обнаружить в данных определенные закономерности и ассоциации. Алгоритмы учатся на данных, строят по результатам модель, которая будет использована для задач классификации. Следовательно, обучающие данные являются основной базой машинного обучения.

Поэтому целью данной работы является подготовка обучающей выборки для решения задач классификации семян по их качеству.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

1. Выполнить сбор и предварительную подготовку данных.
2. Выявить основные информативные признаки.
3. Сформировать обучающую выборку с известными значениями целевых переменных.
4. Выполнить визуализацию, установить необходимые закономерности.
5. Выполнить апробацию результатов, используя метод деревьев решений.

Методы исследования

Для исследования посевного качества семян пшеницы выбран метод оценки качества по мембранному потенциалу.

Метод представляет собой несколько этапов: набухание семян в дистиллированной воде при температуре 20 °С в термокамере, измерение сигналов с помощью платы сбора данных ЛА-50USB и измерительных электродов, обработку данных [6].

Для данной работы использовались результаты экспериментальных исследований биоэлектрических сигналов семян пшеницы сорта «Гранни», «Тасос», «Алтайская 75». Все партии семян свежего урожая – 2019 года.

Урожайность семян «Гранни» в 2019 году составила 22,3 ц/га, урожайность «Тасос» – 39,6 ц/га. Сорт «Алтайская 75» представлен в двух разных урожайностях – 35 и 16 ц/Га при одинаковой норме высева семян – 4 млн шт. на гектар для каждого представленного сорта.

Всего для исследований было отобрано по 100 семян пшеницы каждого сорта и урожайности. Таким образом, представлено по 100 биоэлектрических сигналов.

В качестве метода апробации результатов выбран метод деревьев решений.

Результаты исследований и их обсуждение

Подготовка качественного набора данных представляет несколько этапов. Качество обу-

чающей выборки определяется, прежде всего, наличием информативных составляющих [8, 9].

Первым этапом является сбор и предварительная обработка данных с целью дальнейшего извлечения признаков из первичных наблюдений для решения задач классификации.

Для сбора первичных данных был выбран метод, основанный на исследовании мембранных потенциалов. Сбор данных представляет собой измерительный процесс – каждое зерно помещается в электрод-зажим, и оболочка прокалывается электродом-иглой, данные считываются с помощью ЛА-50USB на персональный компьютер, затем конвертируются в формат csv. К каждому сигналу применяется низкочастотная фильтрация, чтобы исключить гармоническую помеху и уменьшить уровень случайного шума.

На рисунке 1 представлены типичные биоэлектрические сигналы семян пшеницы сорта «Тасос», «Гранни», «Алтайская-75» с разными урожайными свойствами.

На графиках представлено несколько выборочных сигналов изменения мембранного потенциала (МП) во времени. Кривые демонстрируют не только тот факт, что изменение МП отличается для семян разной урожайности (см. графики зависимости для семян сорта Алтайская-75), но и для семян разных сортов. Сам сигнал представляет минимум 1400 информативных точек, которые могут быть использованы для классификации семян.

Однако полученные данные отражают некоторую нестабильность, сигналы для семян одного образца часто сдвинуты по фазе, наблюдается большой разброс по времени изменения мембранного потенциала и максимальному значению. Поэтому важно выделить определенные информативные точки для дальнейшего анализа.

Исходя из теоретического материала и предыдущих исследований, в качестве отличительных признаков могут выступать следующие значения: начальное значение МП ($t = 0$ с.), время нарастания сигнала до максимального значения, время нарастания сигнала на прямом участке до максимального значения, максимальное значение мембранного потенциала ($\max MP$), а также уровень сглаженности сигнала. Уровень сглаженности сигнала характеризуется значением времени нарастания сигнала в диапазоне от $0,9 \cdot \max MP$ до $\max MP$.

На рисунке 2 представлены информативные признаки.

Отбор информативных признаков для формирования обучающей выборки был проведен на основании оценки коэффициентов корреляции. Качественная обучающая выборка представляет собой подмножество признаков, которое сильно коррелирует с целевой функцией, но

признаки в этом подмножестве не коррелируют друг с другом.

В таблице 1 приведены результаты отбора информативных признаков на основе корреляции.

Исходя из полученных результатов, начальное значение мембранных потенциалов из

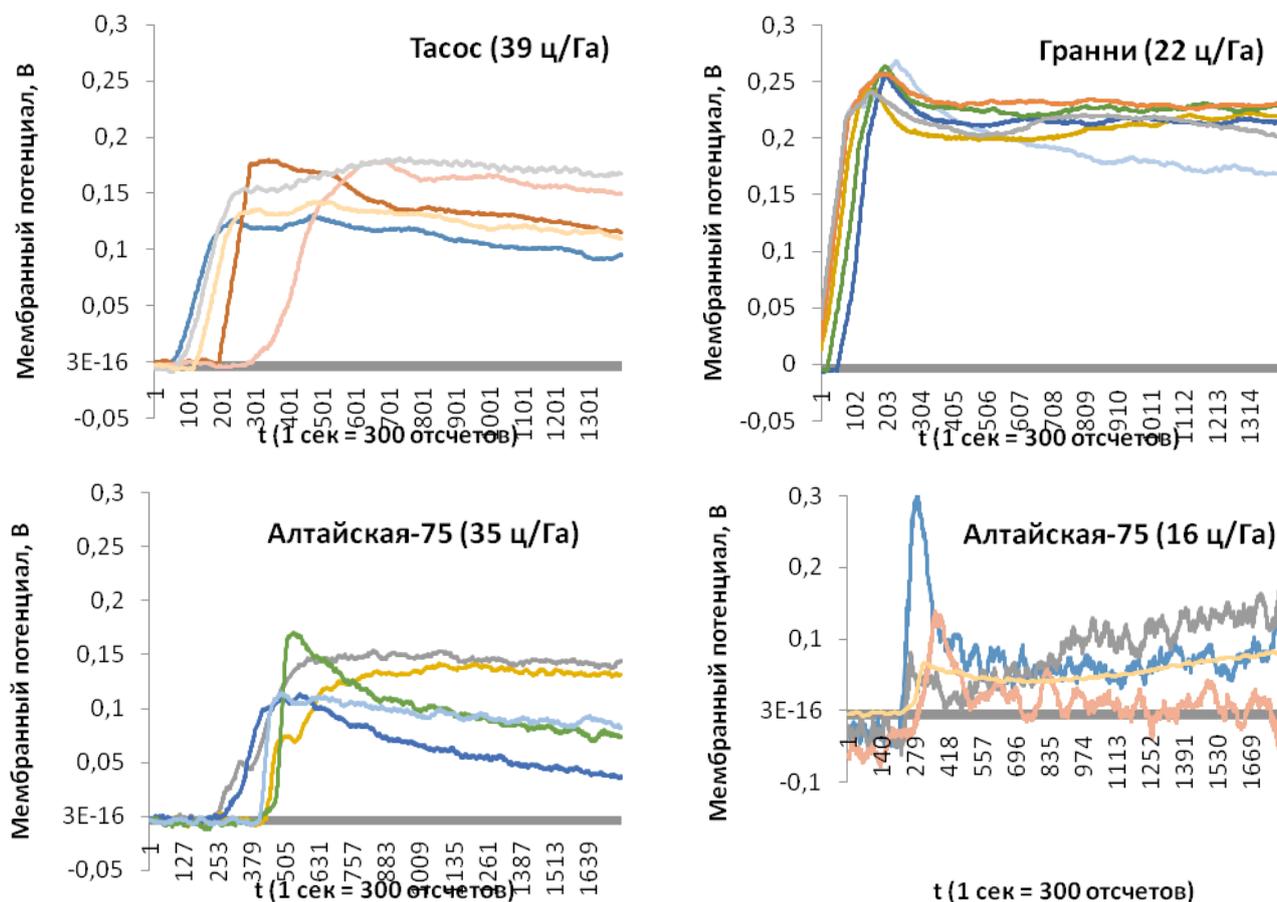
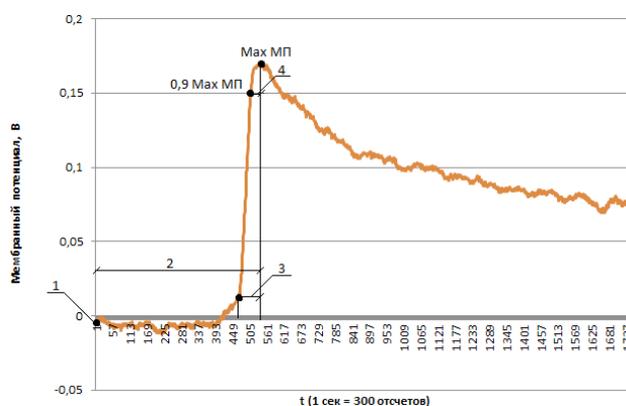


Рис. 1. Биоэлектрические сигналы семян пшеницы сорта «Тасос», «Гранны», «Алтайская-75»



1 – начальное значение МП; 2 – время нарастания сигнала до максимального значения; 3 – время нарастания сигнала на прямолинейном участке до максимального значения, значение времени нарастания сигнала в диапазоне от 0,9·maxМП до maxМП (10%-е время нарастания)

Рис. 2. Информативные признаки



обучающей выборки необходимо исключить. Остальные параметры могут быть вполне использованы для формирования признаков.

В результате сбора данных была сформирована обучающая выборка, которая включает в себя результаты измерительного процесса. Выборка включает значения для каждого информативного признака и урожайности по нескольким экземплярам (а именно по 100 экземпляров для каждой урожайности). В качестве признаков выбраны следующие значения – время нарастания сигнала до МахМП, время нарастания на прямолинейном участке и 10%-е время нарастания (в отсчетах, 1 отсчет = 1/300 секунд). Максимальное значение МП переведено в мВ. Фрагмент обучающей выборки представлен на рисунке 3.

Поскольку категориальные признаки отображают урожайные свойства, имеют свое естественное упорядочивание (урожайность

от 16 до 39 ц/Га), кодировать их нет необходимости.

В целом данные представляют собой сбалансированные классы, по 100 экземпляров на каждое значение целевой функции. Поэтому в качестве метрического показателя качества можно использовать точность, и дополнительный сбор наблюдений и настройка алгоритма не требуются.

Процесс предобработки данных также включает в себя проверку на пропущенные значения. Большинство машинных алгоритмов не могут обрабатывать пропущенные значения в массивах признаков. Поэтому для решения данной задачи выбран способ удаления каждого экземпляра данных, содержащих одно или более пропущенных значений.

На рисунке 4 представлены графики зависимости информативных признаков от целевой функции.

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции признаков и целевой функции

	Начальное значение МП	Время нарастания до МахМП	Время нарастания на прямолинейном участке	МахМП	10%-е время нарастания	Целевая функция
Начальное значение МП	1					
Время нарастания до МахМП	-0,09	1				
Время нарастания на прямолинейном участке	0,18	0,86	1			
МахМП	0,93	-0,44	-0,18	1		
10%-е время нарастания	-0,22	0,96	0,69	-0,53	1	
Целевая функция	-0,37	0,92	0,67	-0,64	0,98	1

Признаки				Целевая переменная
Время нарастания до МахМП, отсчеты	Время нарастания на прямолинейном участке, отсчеты	Максимальное значение МП, мВ	10%-е время нарастания, отсчеты	Урожайность, ц/га
134	77	175	51	16
209	111	236	95	22
227	87	161	137	35
301	139	137	161	39

Рис. 3. Обучающая выборка из четырех экземпляров для задачи классификации семян пшеницы по урожайным свойствам

Установлено, что значения 10%-го времени нарастания и времени до максимального значения МП линейно зависят от урожайности семян, а максимальное значение МП и значение времени нарастания на прямолинейном участке показало нелинейную зависимость от урожайности. Несмотря на то, что некоторые признаки показали высокую корреляцию и линейную зависимость с целевой функцией (урожайностью семян), распределение значений на плоскости (рис. 5) показало, что рекомендуется использовать признаки в совокупности.

На рисунке 5 представлено, как распределена каждая переменная и как каждая переменная связана с остальными признаками.

Визуализация показала, что в выборке присутствуют выбросы. Если данные классифицировать только по значениям MaxMP , то велика вероятность ошибки для определения критериев урожайности 16, 35 и 39 ц/га. Если использовать только 10%-е время нарастания, то возможны ошибки в интервале урожайности 22÷35 ц/га. Время на прямолинейном участке – 16 и 35 ц/га, время до максимального

значения МП – возможны ошибки при определении урожайности 22 и 35 ц/га. Поэтому для решения задачи классификации возникает необходимость в использовании всех четырех признаков при формировании обучающей выборки.

Для апробации сформированной обучающей выборки был выбран один из самых популярных методов машинного обучения – метод деревьев решений.

Перед проведением обучения полученная выборка была предварительно разделена на две группы – обучающая и тестовая (70% и 30%).

Выбранный алгоритм показал 98,90% правильных ответов, что является отличным результатом.

Таким образом, в результате проведенного исследования была сформирована обучающая выборка, которая включает четыре информативных признака с высокой степенью корреляции со значением целевой функции. Выборка позволяет получить точную классификацию семян по урожайным свойствам, используя биоэлектрические сигналы.

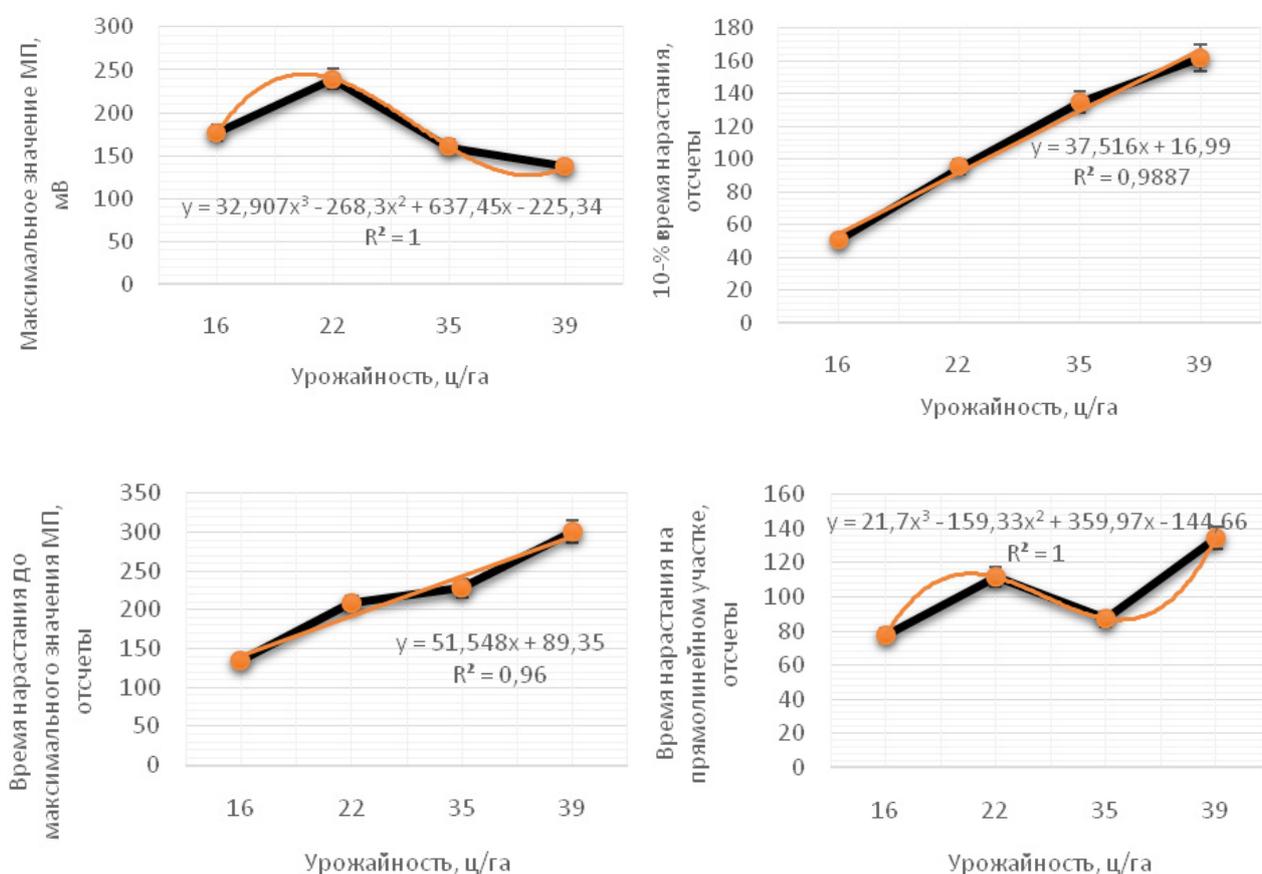


Рис. 4. Графики зависимости информативных признаков от целевой функции

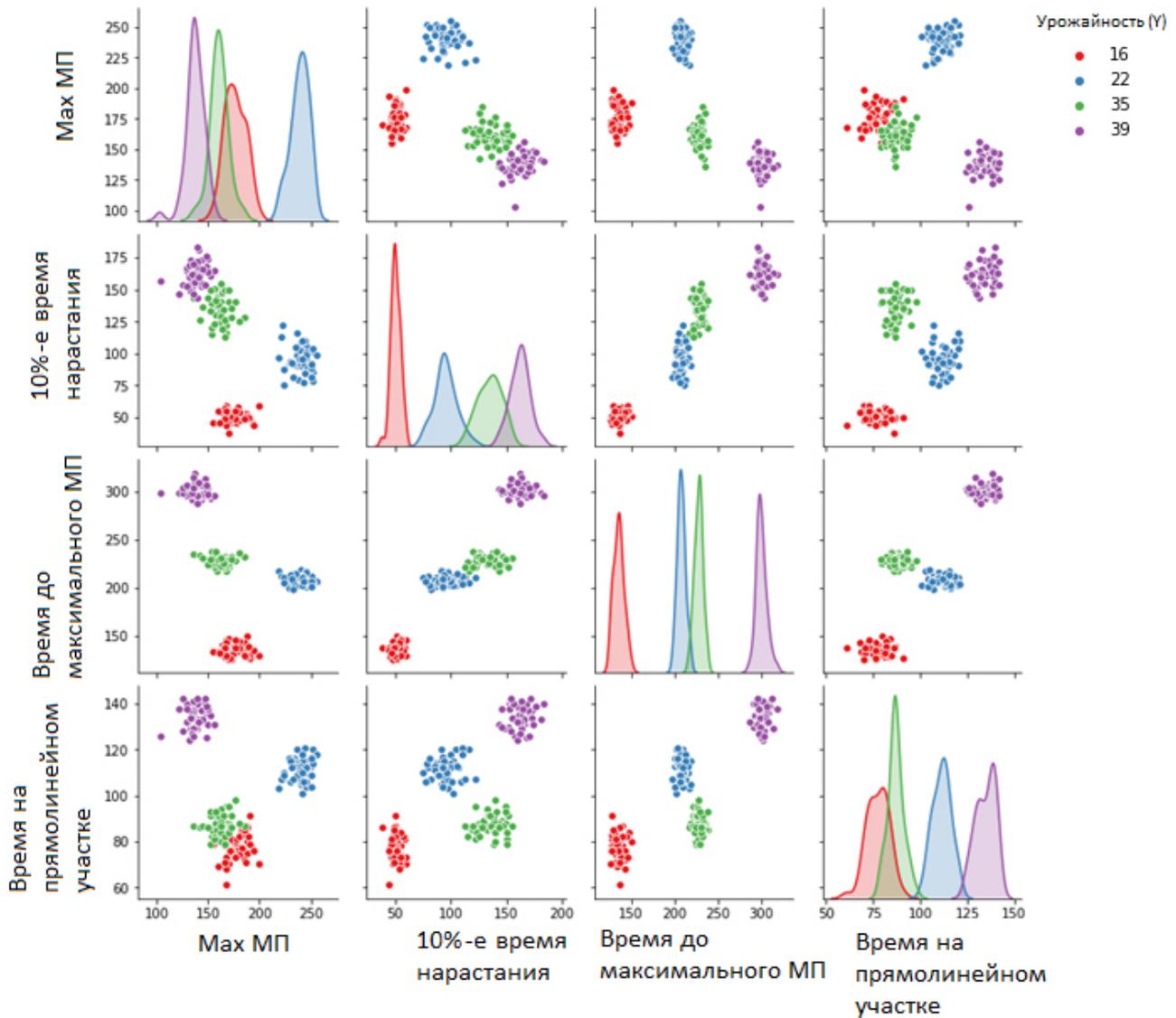


Рис. 5. Распределение значений урожайности на плоскости

Список литературы

1. Бринк Х., Ричардс Д., Феверолф М. Машинное обучение. СПб. : Питер, 2017. 336 с.
2. Шаманин В. П., Петуховский С. Л., Краснова Ю. С. Кластерный анализ сортов мягкой яровой пшеницы по элементам структуры урожая в южной лесостепи Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2016. № 4.
3. Шаззо А. Ю., Усатиков С. В. Эффективность распознавания скрытой зараженности зерновок по изображениям в инфракрасном спектре // Известия вузов. Пищевая технология. 2012. № 4.
4. Крыловецкий А. А., Суходолов Д. М. Распознавание изображений элементов зерновых смесей методами глубокого обучения с исполь-

зованием библиотек KERAS и TENSORFLOW // Вестник ВГУ. Сер. : Системный анализ и информационные технологии. 2018. № 2. С. 139–148.

5. Da-Wen Sun. Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation // Academic Press. Elsevier. 2016. 635 p.

6. Барышева Н. Н., Пронин С. П. Метод определения всхожести семян пшеницы на основе мембранных потенциалов // Инженерные технологии и системы. 2019. Т. 29. № 3. С. 443–455.

7. Экспериментальное исследование электрофизических свойств семян пшеницы, разделенных на фракции по аэродинамическим свойствам / Д. Д. Барышев, Н. Н. Барышева, С. П. Пронин, В. И. Беляев // Вестник Алтай-

ского государственного аграрного университета. 2019. № 9 (179). С. 136–140.

8. Кафтанников И. Л., Парасич А. В. Проблемы формирования обучающей выборки в задачах машинного обучения // Вестник ЮУрГУ. Сер. : Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2016. № 3.

9. Huang T. H., Nikulin V. Two Algorithms Under Stochastic Gradient Descent Framework for

Recommender Systems. In: Peng WC. et al. (eds) Trends and Applications in Knowledge Discovery and Data Mining. PAKDD 2014. Lecture Notes in Computer Science // Springer. Vol. 8643. 2014. Access mode : https://doi.org/10.1007/978-3-319-13186-3_21.

Барышев Денис Дмитриевич, ст. преподаватель кафедры «Информационные системы в экономике», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова.

E-mail: denis.baryshev@bk.ru.

Барышева Надежда Николаевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Информационные системы в экономике», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова.

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

Пронин Сергей Петрович, профессор, д-р техн. наук, профессор кафедры «Информационные технологии», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова.

E-mail: sppronin@mail.ru.

* * *

УДК 621.313:621.3.019.3

ВЫБОР ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ВОДОПОДЪЕМНЫХ СКВАЖИН

В. А. Буторин, А. М. Молчан

Исследование надежности работы оборудования скважинного хозяйства для водоснабжения сельскохозяйственных потребителей показало, что слабым его элементом является погружной электродвигатель, причем основным видом отказа является потеря работоспособности обмотки. Надежность отремонтированных электродвигателей значительно уступает ее значениям для новых электродвигателей. Для оценки надежности отремонтированных двигателей предлагается выбрать объект испытаний, соответствующий предположенным требованиям. Показано, что наибольшим спросом пользуются электродвигатели серии ПЭДВ. Для этого приведена таблица с их основными техническими характеристиками. Для исследования работоспособности обмоток погружных электродвигателей приведены обмоточные данные и их схемы соединения при капитальном ремонте. В работе приведено расположение катушек на статоре и векторная диаграмма фазных токов. С учетом этого представлена кривая магнитодвижущей силы, указывающая на синусоидальность ее характера и наличие двух полюсов. В заключение рекомендуется выбрать данный объект исследования для оценки надежности погружных электродвигателей после капитального ремонта.

Ключевые слова: объект исследования, погружной электродвигатель, схема соединения обмотки, работоспособность.

Анализ работоспособности электронасосных установок для водоснабжения сельскохозяйственных потребителей показывает, что слабым звеном, отличающимся низкой долговечностью, является погружной электродвигатель [1–6], при этом процент отказов, приходящийся на это звено, равен 80–85% [7]. Срок службы погружных электродвигателей составляет 2,25 года со средним квадратическим отклонением 1,41 года. Основным видом выхода из строя погружных электродвигателей является отказ их обмоток [8, 9, 10]. Ресурс капитально отремонтированных электродвигателей равен 65–70% от доремонтного [7].

Выбор серии и типоразмера погружного электродвигателя для исследования его надеж-

ности проводился с учетом следующих требований.

1. Значительная использованность погружных электродвигателей в сельском водоснабжении.

2. Применение значительного числа восстановленных погружных электродвигателей.

3. Возможность использования разработанной методики ресурсных испытаний выбранного объекта исследования на погружных электродвигателях других серий.

Цель исследования – на основании предложенных требований произвести выбор объекта испытаний для оценки надежности электрооборудования водоподъемных скважин.

Материалы и методы

В настоящее время в сельском водоснабжении в основном используются скважинные насосы ЭЦВ, привод которых осуществляют трехфазные асинхронные погружные электродвигатели серии ПЭДВ, АПД, МАПЗМ. Подающим числом из указанных выше являются электродвигатели серии ПЭДВ. По данным работы [2], не менее 90% эксплуатируемых погружных электродвигателей составляют электродвигатели серии ПЭДВ. Погружной электродвигатель для водоснабжения серии ПЭДВ представлен на рисунке 1.

Основные технические характеристики погружных электродвигателей серии ПЭДВ приведены в таблице 1 [11].

Выше отмечалось, что обмотка погружного электродвигателя является наиболее слабым его узлом. На заводах-изготовителях широко используются автоматы – статорообмоточные станки с одновременной укладкой обеих сторон катушек в пазы. На заводах-изготовителях обмотки погружных электродвигателей выполняются по схеме однослойных трехплоскостных концентрических вразвалку. На ремонтных заводах обычно станки по автоматической укладке катушек в пазы электродвигателей отсутствуют. В связи с этим при капитальном ремонте схема соединения проводников статора выполнена в виде шаблонной обмотки, которая изготавливается из заранее намотанных по шаблону катушек одинаковой формы. Данная форма обычно является трапецеидальной. Обмотки отдельных фаз включают катушечные группы, в которые входят катушки.

Важной величиной, характеризующей обмотку, является число пазов на полюс и фазу q , которую находят из выражения [12]:

$$q = \frac{Z}{2 \cdot p \cdot m}, \quad (1)$$

где Z – число пазов статора;

$2p$ – число полюсов обмотки;

m – число фаз обмотки статора.

Для трехфазных $m = 3$ погружных электродвигателей обычно $Z = 24$ и $2p = 2$, поэтому $q = 4$. Обмотка ПЭДВ представлена на рисунке 2.

Шаг обмотки у погружных электродвигателей ПЭДВ является диаметральным, т. е. он равен полюсному делению τ . Значение полюсного деления находится из выражения [12]:

$$\tau = \frac{Z}{2 \cdot p}. \quad (2)$$

Расположение проводников различных фаз в пазах погружного электродвигателя ПЭДВ приведено на рисунке 3а. На рисунке 3в показано мгновенное направление индуктированных в пазах электродвижущей силы ЭДС для момента времени, соответствующего максимальному значению тока I_A в фазе $A-X$.

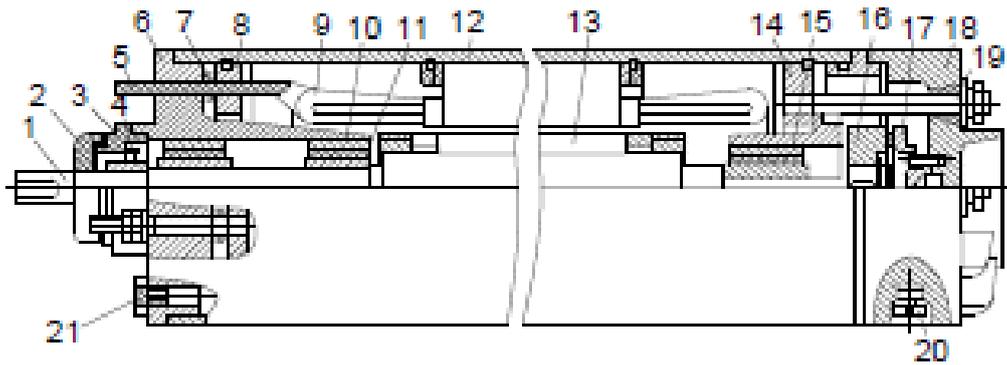
При сборке обмотки проводники, находящиеся в разных фазах, соединяются в витки и катушки таким образом, чтобы наводящиеся в этих витках ЭДС суммировались.

Проиллюстрируем сказанное выше. На обмотке рисунка 2 фаза $A-X(C1-C4)$ включает четыре катушки, полученные из витков, лежащих в пазах 7-17, 8-18, 6-20, 5-19. Аналогично фаза $B-Y(C2-C5)$ включает катушки, образованные витками, находящимися в пазах 15-1, 16-2, 14-4, 13-3, а фаза $C-Z(C3-C6)$ включает катушки, образованные витками, лежащими в пазах 23-9, 24-10, 22-12, 21-11.

В нашем случае обмотка первой фазы $C1$ начинается с 7-го паза, ток, проследовав последовательно 7-17-8-18-6-20-5-19, выйдет из 19-го паза, что обозначает конец первой фазы $C4$. Вторая фаза сдвинута относительно первой на 120 электрических градусов, т. е. на $2q$, что составляет 8 пазовых делений. Аналогично начало $C3$ сдвинута относительно $C2$ на 8 пазовых делений.

Оценка правомерности соединения катушек в катушечные группы при проведении капитального ремонта погружных электродвигателей ПЭДВ проводится с помощью построения кривой магнитодвижущих сил МДС. При построении кривой МДС примем положительное направление тока в проводниках «+» (от нас), отрицательное направление тока в проводниках «•» (к нам). Кривая МДС погружного электродвигателя ПЭДВ после капитального ремонта приведена на рисунке 4.

Построенная кривая МДС соответствует моменту времени, когда ток в фазе A достигает положительного максимального значения (+1). В это время ток в фазах B и C будет иметь значение в два раза меньше и с обратным знаком (-0,5). При построении кривой МДС принимается, что ток, направленный «от нас», вызывает положительную МДС, а «к нам» – отрицательную.



1 – вал ротора; 2 – пескосбрасыватель; 3 – крышка; 4 – манжета уплотнения; 5 – выводной провод; 6 – верхний подшипниковый щит; 7 – уплотнитель; 8 – верхнее упорное кольцо; 9 – обмотка статора; 10 – втулка подшипника в подшипниковом щите, 11 – втулка подшипника на валу; 12 – корпус статора; 13 – ротор; 14 – нижнее упорное кольцо; 15 – нижний подшипниковый щит; 16 – пята; 17 – подпятник; 18 – днище; 19 – шпилька; 20 – пробка; 21 – фильтр

Рис. 1. Погружной электродвигатель ПЭДВ

Таблица 1 – Основные технические характеристики погружных электродвигателей напряжением 380 В

Тип погружного электродвигателя	Номин. мощность, кВт	Номин. ток, А	Частота, об/мин	Коэффициент мощности	КПД, %
ПЭДВ 0,75-95	0,75	5,1	2850	0,6	55
ПЭДВ 1,1-95	1,1	6,2	2850	0,6	55
ПЭДВ 1,5-95	1,5	7,5	2850	0,63	56
ПЭДВ 1,5-114	1,5	6,5	2850	0,65	52,2
ПЭДВ 2,8-114	2,8	8,2	2850	0,7	74
ПЭДВ 4-114	4	11,6	2850	0,76	74
ПЭДВ 1,5-140	1,5	5,7	2850	0,7	52
ПЭДВ 2,8-140	2,8	7	2850	0,82	74,5
ПЭДВ 4,5-140	4,5	10,5	2850	0,83	77
ПЭДВ 5,5-140	5,5	12,7	2850	0,83	79
ПЭДВ 8-140	8	18,3	2850	0,83	80
ПЭДВ 11-140	11	24,8	2850	0,83	81
ПЭДВ 9-180	9	19,5	2850	0,83	83
ПЭДВ 11-180	11	24,2	2850	0,83	83
ПЭДВ 13-180	13	28,7	2850	0,83	83
ПЭДВ 16-180	16	35,6	2850	0,81	84
ПЭДВ 18,5-180	18,5	41,2	2900	0,81	85
ПЭДВ 22-180	22	48,5	2900	0,80	86
ПЭДВ 32-180	32	66	2900	0,84	87
ПЭДВ 18,5-219	18,5	41,2	2920	0,83	82
ПЭДВ 20-219	20	43	2920	0,83	82
ПЭДВ 22-219	22	47,4	2920	0,83	85
ПЭДВ 30-219	30	62	2920	0,85	86
ПЭДВ 32-219	32	70	2920	0,85	86,5
ПЭДВ 45-219	45	98	2920	0,85	87
ПЭДВ 65-219	65	142	2919	0,83	84

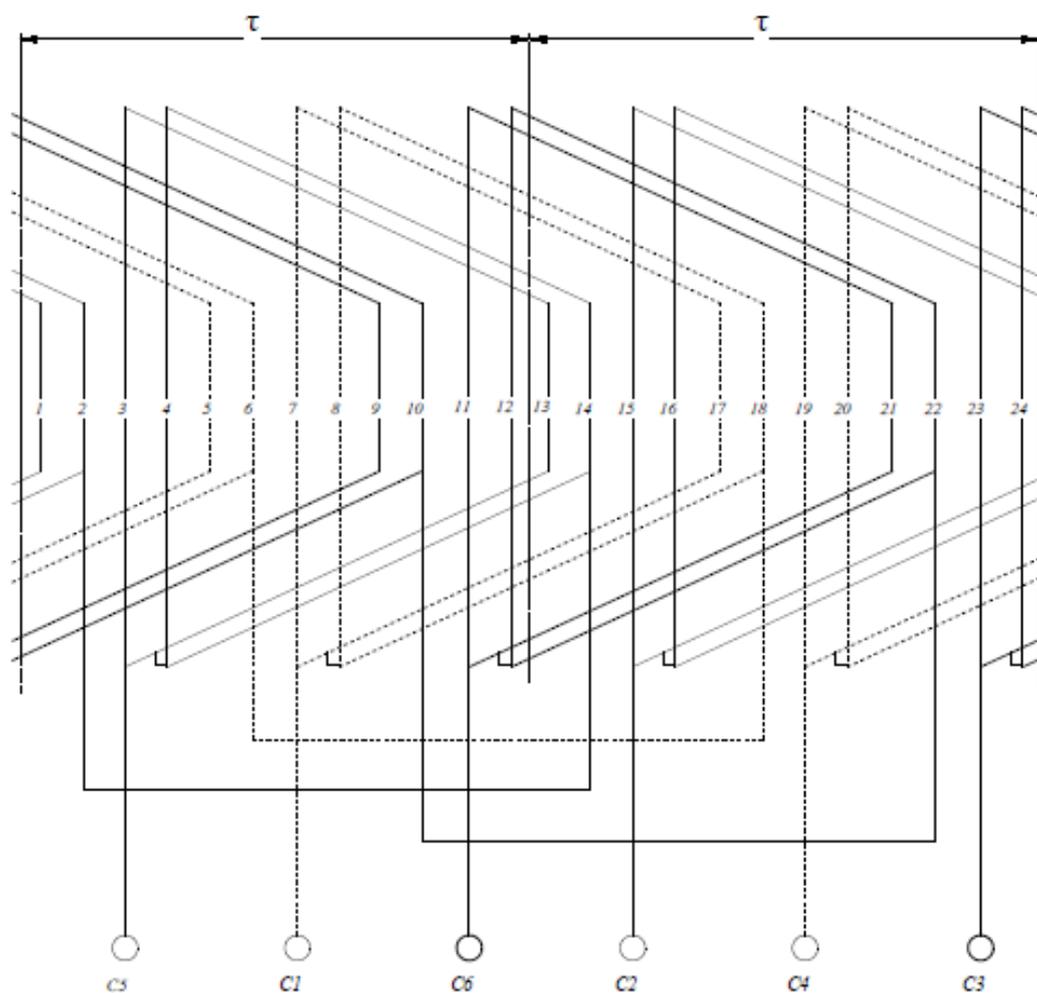


Рис. 2. Схема трехфазной однослойной шаблонной обмотки вразвалку погружного электродвигателя ПЭДВ

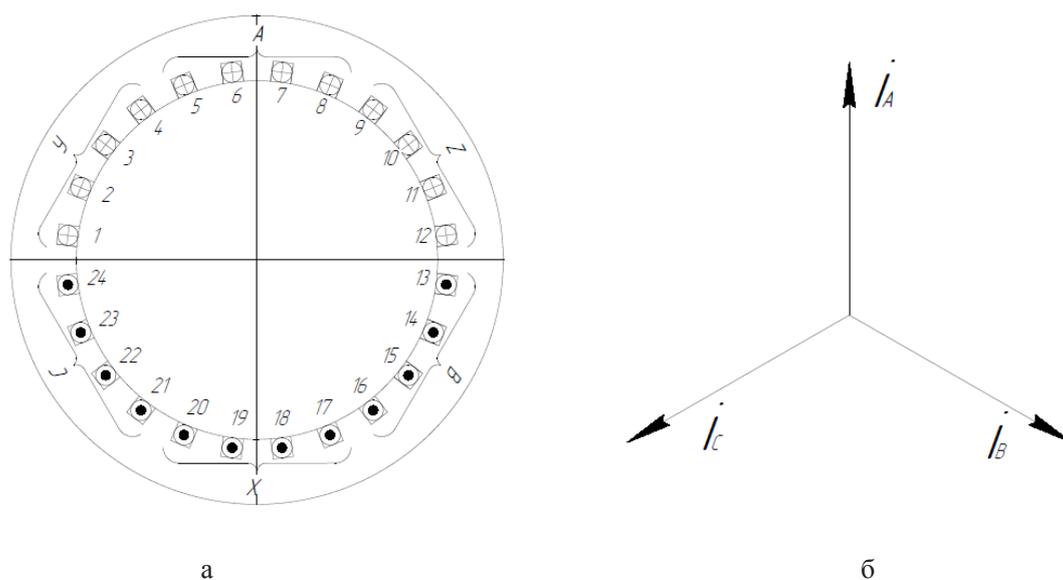


Рис. 3. Расположение катушек на статоре трехфазного электродвигателя с однослойной шаблонной обмоткой вразвалку при $2p = 2$, $q = 4$, $Z = 24$ (а) и векторная диаграмма фазных токов для момента времени, соответствующего максимуму тока в фазе А–Х (б)

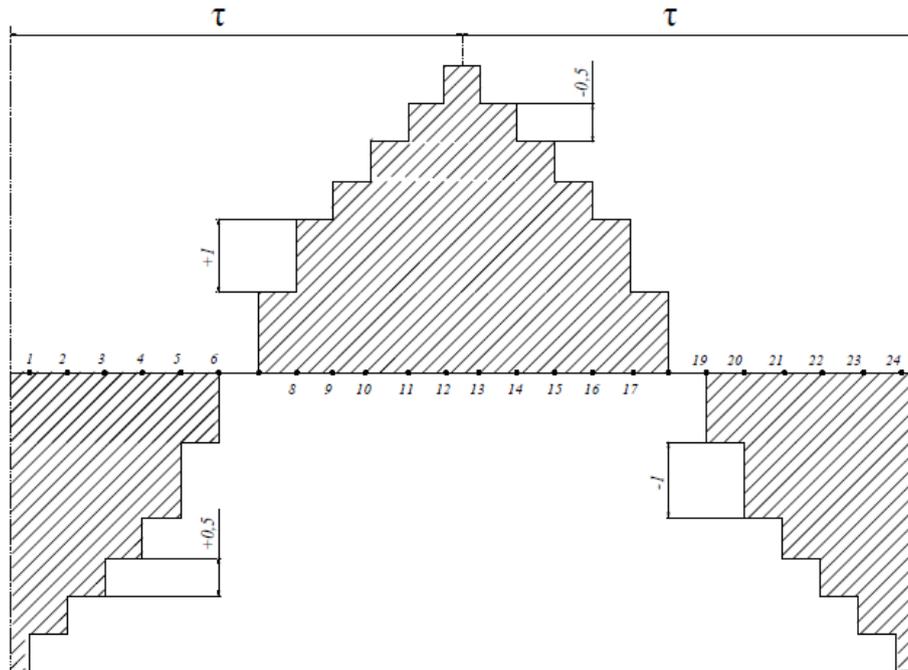


Рис. 4. Построение МДС трехфазной однослойной шаблонной обмотки погружного электродвигателя с $Z = 24$, $2p = 2$, $q = 4$

Выводы

Построенный график МДС обмоток, капитально отремонтированных погружных электродвигателей, указывает на его синусоидальный характер. Полученные две полуволны кривой МДС показывают, что погружной электродвигатель имеет два полюса, что соответствует принятым обмоточным данным.

В связи с этим в качестве объекта исследования для оценки надежности были выбраны прошедшие капитальный ремонт погружные электродвигатели серии ПЭДВ центробежных электронасосов ЭЦВ, выпускаемые в качестве товарной продукции электроремонтных предприятий.

Список литературы

1. Таран В. П., Синельник А. В. Электрооборудование водоподъемных скважин. Техническое обслуживание. М. : ГОСНИТИ, 1978.
2. Пособие по эксплуатации электрооборудования водоподъемных скважин / В. П. Таран [и др.]. М. : Недра, 1989. 192 с.
3. Волоховский Г. А. Эксплуатация и ремонт систем сельскохозяйственного водоснабжения. М. : Россельхозиздат, 1982. 224 с.

4. Счастливым Г. Г., Семак В. Г., Федоренко Г. М. Погружные асинхронные электродвигатели. М. : Энергоатомиздат, 1983. 168 с.

5. ТК 70.0009.001-84. Электродвигатели трехфазные асинхронные короткозамкнутые водозаполненные погружные. Технические требования на капитальный ремонт. М. : ГОСНИТИ, 1985. 78 с.

6. ТК 70.0001.086-78. Электродвигатели трехфазные асинхронные водозаполненные погружные. Технические требования на капитальный ремонт М. : ГОСНИТИ, 1979. 52 с.

7. Рекомендации по восстановлению изношенных узлов и деталей погружных электродвигателей. М. : ГОСНИТИ, 1987. 66 с.

8. Кронсвальд А. Ф. Особенности работы фильтровой защиты от обрыва фазы погружных электродвигателей в сельском хозяйстве : монография. Краснодар : Изд-во КГАУ, 2010. 110 с.

9. Оськин С. В. Методы и средства повышения эксплуатационной эффективности асинхронных нерегулируемых электроприводов : дис. ... д-ра техн. наук. Челябинск, 1998. 283 с.

10. Оськин С. В., Оськина Г. М. Надежность работы электрифицированного оборудования сельскохозяйственного производства

// Энергосберегающие технологии и процессы в АПК : сб. науч. трудов. Краснодар, КГАУ. 2002.

11. Агрегаты электронасосные центробежные скважинные для воды типа ЭЦВ. Руковод-

ство по эксплуатации и паспорт 43033563.01-15РЭ. Нижний Новгород, 2017. 30 с.

12. Токарев Б. Ф. Электрические машины. М. : Альянс, 2015. 626 с.

Буторин Владимир Андреевич, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: butorin_chgau@list.ru.

Молчан Александр Михайлович, аспирант, кафедра «Электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

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

* * *

УДК 628.971

СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ СЕЛЬСКИХ УЛИЦ, ТЕРРИТОРИЙ ПАРКОВ И ПЛОЩАДЕЙ

А. Г. Возмилов, И. Ю. Лошкарев, О. В. Логачёва, А. И. Стерхов

В статье рассмотрена система передачи и транспортирования лазерного излучения на удаленный люминофор для освещения сельских улиц, территорий парков и площадей.

Ключевые слова: люминофор, территория парков, освещение, лазерное освещение, транспортировка света.

Роль уличных осветительных установок постоянно возрастает, и на сегодняшний день наружное освещение – один из основных элементов благоустройства сельских поселений. Оно предназначено для того, чтобы обеспечить безопасное движение автомобильного транспорта и пешеходов. Кроме того, оно также способствует сокращению преступности и травматизма в вечернее и ночное время суток. Наконец, утилитарное освещение вместе с другими видами наружного освещения, такими как: архитектурное, наружная реклама, светосигнальное и др., обеспечивает в вечернее и ночное время суток хороший внешний вид улиц, площадей и всего поселения в целом.

Более 70 процентов улиц в городах РФ ниже нормы освещения, предусмотренных СНиП 23-05-95. В селах и поселках положение еще хуже – во многих населенных пунктах освещение отсутствует как таковое из-за высокой стоимости электроэнергии либо не соответствует нормативным требованиям. Такое положение обусловлено тем, что в наружном освещении продолжают работать светильники, нормативный срок службы которых превышен, а их оптические системы не отвечают современным требованиям. Ежегодно около 2 млрд кВт·ч электроэнергии, идущей на уличное освещение, из-за неэффективности систем выбрасывается на ветер. Также немалые средства

уходят на обслуживание уличных систем освещения. Стоимость разового обслуживания одной опоры освещения может быть равна стоимости потребленной энергии в год этой же опоры.

Другим фактором разработки системы является уменьшение аварийности на дорогах. Большинство аварий происходит в вечернее время. Освещение является одной из причин чуть ли не всех аварий. Основной пик аварий приходится на период от 18 до 21 часа и явный спад в период с 1 часа ночи до 7 часов утра. Характерно также, что число аварий возрастает в течение всего дня, практически не испытывая спадов. Только пройдя вечерний час-пик (19 часов), число ДТП спадает до полуночи. Период с 0 до 1 часа ночи характеризуется локальным пиком аварий. По заказу министерства транспорта Германии Международная комиссия по освещению провела исследование влияния яркости дорожного покрытия на показатели ДТП в шести населенных пунктах страны. Выяснилось, что увеличение показателя яркости вдвое способствовало снижению числа аварий, в которых участвовали пешеходы, велосипедисты и мотоциклисты, почти на 70% [1, 18–25].

Еще одним направлением внедрения разработанной системы являются парки, аллеи и территории для отдыха. Неправильно спланированное парковое освещение способствует увеличению количества преступных действий в темное время суток. Дело в том, что ночью при плохом освещении лица, совершающие подобные деяния, чувствуют себя комфортнее, так как уверены, что их не опознают жертвы. И наоборот, высокий уровень горизонтальной и вертикальной освещенности позволяет рассмотреть подозрительные намерения приближающихся людей, что позволяет подготовиться и предпринять адекватные ответные действия. В результате горожане чувствуют себя в безопасности, что способствует налаживанию хороших дружеских отношений между соседями.

Плохо функционирующие уличные осветительные устройства могут привести к несчастным случаям даже со смертельным исходом. Наличие наружного освещения является неотъемлемой частью эффективного и развитого общества. Неэффективность или малая эффективность освещения приводит к большим затратам. В отсутствие наружного освещения нарастает социальная напряженность общества,

следствием этого является увеличение количества ДТП, роста преступности и несчастных случаев. Это влечет за собой еще дополнительные расходы на медицину, снижение показателей производства и др.

Очень часто случается, когда службам спасения не хватает освещения в тех местах, где это очень необходимо. Связано это с тем, что существующие системы освещения обладают очень низкой мобильностью. Также мощные системы освещения не могут работать без генераторов либо других источников энергии. Для служб освещения это является отрицательным фактором, поскольку при работах необходимо делать паузы, и мощная осветительная техника является помехой для тишины, так как необходимо делать паузы, так как ее необходимо отключать. Общество освоило способы рационального использования электроэнергии, разработаны методики по оптимизации затрат, введены нормы и стандарты безопасного освещения. Исследования показали, что стоимость затрат на освещение может быть снижена более чем на 90%.

Целью исследования является создание системы освещения территории села с помощью новой технологии лазерно-оптической системы (ЛОС) с удаленным люминофором, которая имеет технические характеристики, на порядок отличающиеся от существующих осветительных устройств.

Нами создан прототип оригинального светового устройства – лазерно-оптической системы с удаленным люминофором, основанной на принципе передачи светового излучения на удаленный рефлектор.

Преимущества предлагаемого устройства:

- мощность светового потока не менее 170 лм/Вт (ближайшее время 360 лм/Вт, предел 683 Лм/Вт);
- цветопередача CRI 90-94 (ближайшее время CRI 99)
- эффективность 99%;
- срок службы более 10 000 ч (ближайшее время 25 000 ч);
- потребляемая мощность 16 Вт/3600 лм (для сравнения светодиодный светильник со световым потоком 3600 Лм потребляет 40 Вт).

Системы освещения с источниками лазерного излучения позволят освещать пространства и объекты, удаленные на десятки и сотни метров от самого источника лазерного излучения с минимальными потерями светового потока.



Научная новизна предлагаемой системы заключается в построении осветительных систем на основе использования принципиально новых методов получения излучения в видимой области спектра. Новое применение известного принципа LARP (Laser activated remote phosphor – Лазерная система с удаленным/дистанционным люминофором) при передаче и транспортировании лазерного излучения на удаленный люминофор, рефлектор, фотоэлектрический модуль открывает новый способ освещения разноудаленных объектов от одного источника излучения с получением разных светотехнических характеристик.

Структура системы передачи LARP представляет собой определенную структуру: лазерный диод термически соединен с алюминиевым радиатором; коллимационная линза L_0 размещена на оптической оси на расстоянии d_0 ; через расстояние d_1 находится сферическая фокусирующая линза L_1 , которая фокусирует лазерный луч на удаленном люминофорном слое

на расстоянии d_2 . Полученный лазером и люминофорный свет затем коллимируется сферической линзой L_2 , расположенной на расстоянии d_3 [2–4].

Такая система модернизируется и усовершенствуется с помощью дополнительных составляющих.

Система с отражающей проекцией: люминофорный слой наносится на отражающий носитель вместо прозрачного. Оптическая структура системы усложняется тем, что линзы и отражатели установлены на разных оптических осях. Можно выделить два способа: первый с использованием наклонной люминофорной панели (рис. 2) и второй с использованием перпендикулярной люминофорной панели и параболического зеркала (рис. 3). Отражающий люминофорный носитель в предложенных способах представлял собой стеклянную подложку с диэлектрическим зеркалом на верхней поверхности, люминофор наносился непосредственно на отражающую поверхность [2–4].

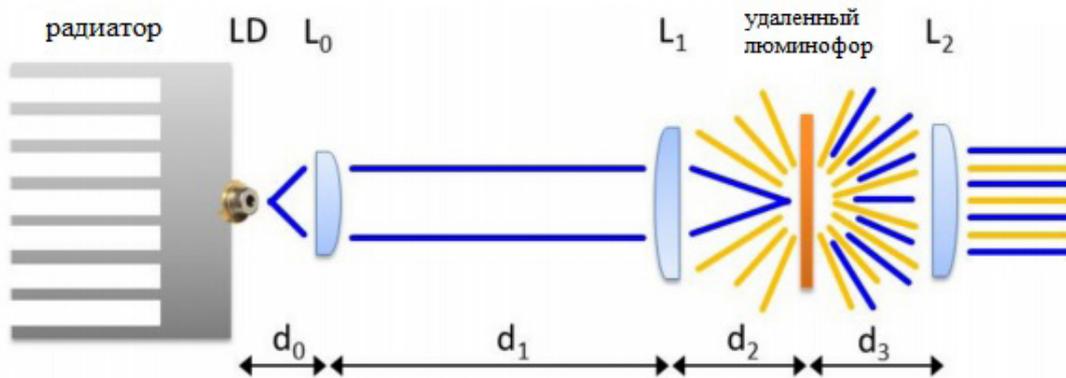


Рис. 1. Схема системы LARP

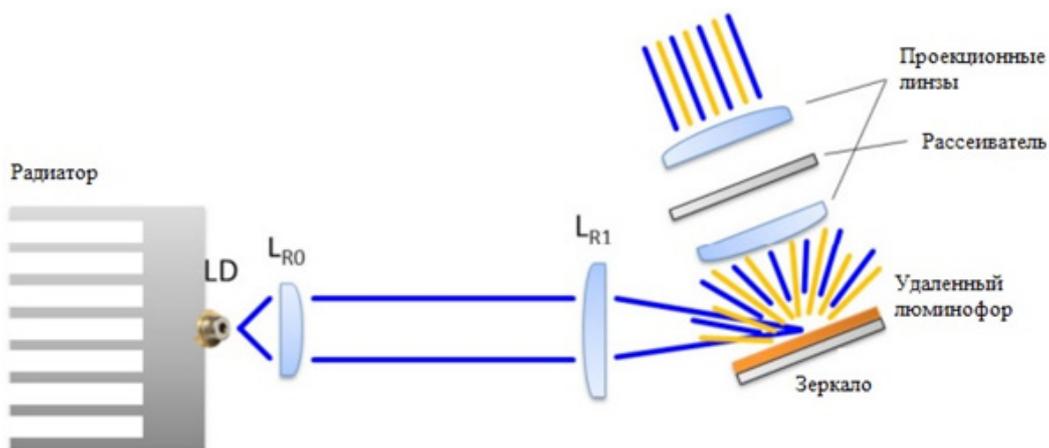


Рис. 2. Схема системы LARP с отражателем

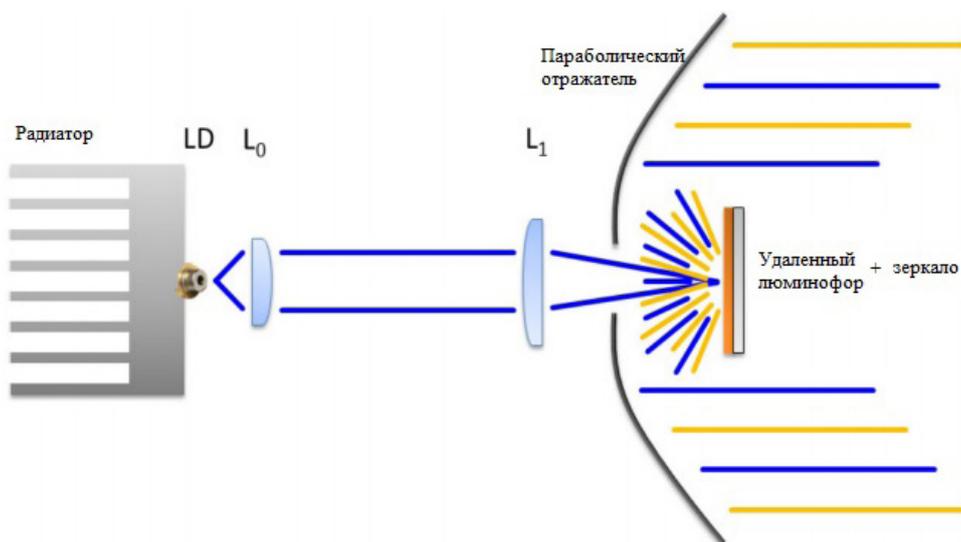


Рис. 3. Схема системы LARP с параболическим отражателем

У данных систем есть свои преимущества и недостатки, но главное, что снижаются энергозатраты при освещении по сравнению с обычным светодиодным.

Это обуславливает конкурентные преимущества перед другими системами освещения, а именно:

1. Благодаря тонкому малорасходящемуся лазерному лучу обеспечивается возможность создания систем, позволяющих освещать объекты, удаленные на десятки и сотни метров с меньшими потерями в сравнении с иными подходами (до 600 метров).

2. В отличие от традиционных источников света, лазерный луч можно перенаправлять и делить десятки раз, создавая распределенную систему освещения без проводов и электричества для освещения больших пространств. Также разделение лазерного потока позволит получить точки освещения с разными световыми характеристиками.

3. Источник излучения находится далеко за пределами освещаемого пространства. Тем самым данную систему освещения можно применять в особо опасных зонах и в тех местах, где тепло может отрицательно повлиять на материал, продукт, конструкцию и другое.

4. Система ЛОС безопасно для жизни осветит пространства и объекты на высоте. Вследствие того, что источник освещения находится удаленно, то обслуживание таких объектов становится проще и дешевле, без дополнительных устройств и спецтехники.

5. Серийный модуль системы ЛОС легко интегрируется в дорожные фонари консольного типа, мачты освещения, парковые столбы. Для обслуживания таких фонарей не потребуется спецтехника (автовышки) с инженерами, электриками, водителями. Серийный модуль легко сможет обслужить электрик с невысокой квалификацией, имея при себе минимальный набор инструментов. Именно такая система необходима для освещения улиц сельских поселений из-за низкотратных потреблений энергии и минимальной стоимости эксплуатации осветительных установок.

6. Высокоэффективная ЛОС выгодно отличается от современных источников освещения. Экономия происходит не только за счет эффективности работы системы, но и при внедрении самой системы. Главные экономические показатели достигаются за счет снижения стоимости при строительно-монтажных работах и обслуживании.

7. Ощутимым показателем работы системы ЛОС является время эксплуатации. Обычные светодиоды после 1 года эксплуатации снижают заявленные характеристики минимум от 20 до 30%. Лазерные диоды не снижают свои заявленные характеристики до конца эксплуатации диода.

Установка системы LARP для освещения сельских улиц, территорий парков, аллей позволит снизить потребление электроэнергии в десятки раз [1, 5, 6].



Список литературы

1. Система энергосбережения в освещении улиц и дорог / А. И. Стерхов [и др.] // Материалы X нац. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы энергетики АПК». Саратов : Изд-во ООО «ЦеСАин», 2019. С. 213–215.
2. Laser-Based Lighting: Experimental Analysis and Perspectives / N. Trivellin [et al.] // Materials. 2017. № 10. P. 1166.
3. Analysis and Reliability Study of Luminescent Materials for White Lighting / N. Trivellin [et al.] // Proceedings. 2018. № 2. P. 1158.
4. White-light sources based on GaN laser diodes: analysis and application study / N. Trivellin [et al.] // Proc. SPIE 10532, Gallium Nitride Materials and Devices XIII, 1053216 (23 February 2018). Doi: 10.1117/12.2290489.
5. Широбокова Т. А., Лошкарев И. Ю., Белова Н. Н. Методика оценки параметров светодиодного освещения в животноводческих помещениях // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 43. С. 47–50.
6. Энергосбережение в системе освещения в сельскохозяйственных и складских помещениях / И. Ю. Лошкарев [и др.] // Актуальные проблемы энергетики АПК : матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В. А. Трушкина. Саратов : ООО «ЦеСАин», 2018. С. 106–109.
7. Эффективность внедрения световодов для системы освещения в животноводческих помещениях / И. Ю. Лошкарев, О. В. Малецкий, В. И. Лошкарев, Н. Н. Белова // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 39. С. 19–24.
8. Лошкарев И. Ю., Аберясьев А. Я., Лошкарев В. И. Оценка эффективности внедрения светоаэратора в систему вентиляции коровника // Актуальные проблемы энергетики АПК. Саратов : ООО «ЦеСАин», 2018. С. 104–106.
9. Лошкарев И. Ю., Наход В. М., Аберясьев А. Я. Энергосберегающие принципы в тепличных комплексах // Актуальные проблемы энергетики АПК : матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В. А. Трушкина. Саратов : ООО «ЦеСАин», 2018. С. 109–110.
10. Лошкарев И. Ю., Осадчий Н. В. Расчет величины теплопритоков системы естественного освещения // Материалы X нац. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы энергетики АПК». Саратов : Изд-во ООО «ЦеСАин», 2019. С. 140–142.
11. Активные системы светозахвата для освещения помещений / И. Ю. Лошкарев, Н. В. Осадчий, А. Я. Аберясьев, С. В. Саенко // Материалы X нац. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы энергетики АПК». Саратов : Изд-во ООО «ЦеСАин», 2019. С. 142–147.
12. Методика расчета экономической целесообразности применения полых трубчатых световодов / И. Ю. Лошкарев, А. И. Стерхов, К. А. Петров, В. В. Белов // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 136–139.
13. Комплексное сравнение систем естественного освещения / И. Ю. Лошкарев [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 37–47.
14. Алгоритм расчета конструктивных параметров светодиодного осветительного прибора / А. Г. Возмилов, Т. А. Широбокова, Д. В. Астафьев, И. Ю. Лошкарев // АПК России. 2019. Т. 26. № 2. С. 185–188.
15. Solargy // Справочно-информационный интернет-портал. Режим доступа : <http://solargy.creativeizh.ru/about/o-kompanii>.
16. Jakubowsky M., Neyer A., Optimized design of daylight redirection microstructures combined with planar micro structured light sources for high efficient room lighting integrated in building façades // Energy Procedia. 2017. № 122. P. 157–162.
17. Tengler F.-C., Jakubowsky M., Neyer A. High transparent light guiding plate for single-sided light emission // Microelectronic Engineering. 2014. № 119. P. 174–177.
18. Loshkarev I. Yu., Sterkhov A. I., Petrov K. A. «Solar Concentrator Engineering Design SWx 700-250» Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST) // International Symposium «Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research» (ISEES 2019). August 2019. Vol. 1. P. 780–786. Doi.org/10.2991/isees-19.2019.156.
19. Sterhov A. I., Loshkarev I. Yu. Determination of the proportion of natural light in solar radiation using the method of conversion of lighting units into energy // HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser 1353. 2019. 012002. P.1–6. Doi:10.1088/1742-6596/1353/1/012002.
20. Sterhov A. I., Petrov K. A., Loshkarev I. Yu. Calculation of the critical power density of natural light in a polymer optical fiber // HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser 1353. 2019. 012003. P. 1–8. Doi:10.1088/1742-6596/1353/1/012003.

21. Sterhov A. I., Petrov K. A., Loshkarev I. Yu. Engineering design of solar concentrator for transporting sunlight through optical fiber // HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser 1353. 2019. 012004. P. 1–11. Doi:10.1088/1742-6596/1353/1/012004.

22. Loshkarev I. Yu., Sterhov A. I., Petrov K. A. Simulation of the parametrs of the acrylic and specular light pipe for transmitting light radiation of the LED matrix // ITBI 2019, J. Phys.: Conf. Ser 1333. 2019. 062014. P. 1–8. Doi:10.1088/1742-6596/1333/6/062014.

23. Лошкарев И. Ю. Анализ и классификация систем перенаправления естественного ос-

вещения для помещений АПК // АПК России. 2019. Т. 26. № 4. С. 541–547.

24. Эксплуатационные свойства и характеристики полых трубчатых световодов и зенитных фонарей / И. Ю. Лошкарев, А. И. Стерхов, Т. А. Широбокова, Ю. Д. Вахрушева // АПК России. 2019. Т. 26. № 4. С. 548–552.

25. Стерхов А. И., Палагин А. В., Лошкарев И. Ю. Исследование систем освещения с полыми протяженными световодами // Светотехника. 2019. № 6. С. 31–36.

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

E-mail: vozmiag44@rambler.ru.

Лошкарев Игорь Юрьевич, канд. техн. наук, доцент, Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова.

E-mail: igyulo@mail.ru.

Логачева Оксана Владимировна, канд. техн. наук, доцент, Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова.

E-mail: sgauoksana@mail.ru.

Стерхов Алексей Иванович, генеральный директор, ООО «Соларжи».

E-mail: aist@solargy.group.

* * *

УДК 631.22:628.9

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКОМ ПОМЕЩЕНИИ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОАЭРАТОРОВ И СИСТЕМ ПЕРЕНАПРАВЛЕНИЯ СВЕТА

А. Г. Возмилов, И. Ю. Лошкарев, О. В. Логачёва, А. И. Стерхов

В статье рассмотрены различные способы снижения энергопотребления в животноводческом помещении за счет применения светоаэраторов и систем перенаправления дневного света в части помещения с недостаточной освещенностью.

Ключевые слова: энергоэффективность, электроэнергия, перенаправление света, животноводство, животноводческие помещения, световод, светоаэратор.

Повышение CO_2 в атмосфере Земли приводит к изменению климата, к глобальным нарушениям атмосферного фона. В этом видится большая проблема, которую необходимо решать, замедляя глобальное потепление [1–6]. Животноводческие здания являются одними из самых энергозатратных потребителей. 25–40% электроэнергии, затрачиваемой в таких помещениях, расходуется на освещение. Необходимо оптимизировать энергоэффективность таких помещений [1, 7–11, 17–24].

В системе освещения животноводческих помещений используются различные виды осветительных установок и приборов. Светодиоды являются наиболее предпочтительным источ-

ником света, т.к. потребляют наименьшее количество удельной электроэнергии относительно ламп накаливания, люминесцентных, газоразрядных и т.д. Но даже светодиоды потребляют энергию и оказывают значительное негативное влияние на окружающую среду [12, 13]. В связи с этим целью работы является необходимость уменьшения доли искусственного освещения для предприятий сельского хозяйства.

Выделим три способа снижения потребления электроэнергии в животноводческих помещениях:

1) направление света в дальние части помещений, где освещенность от окон не удовлетворяет нормам;

2) снижение интенсивности яркого света вблизи оконных проемов, вызванного прямыми солнечными лучами;

3) распределение естественного света равномерно по помещению в течение дня независимо от времени суток.

Освещение дальних от окон частей помещения возможно осуществлять либо с помощью световодов, либо систем перенаправления света от окон.

Световоды представляют собой системы, состоящие из светоприемного куполообразного узла, устанавливаемого герметично на крыше здания, торцевого трубчатого световода, различного поперечного сечения и длины (прямого или коленчатого по длине, круглого или квадратного в сечении) и светорассеивающего выходного окна, располагаемого на потолке освещаемого помещения.

Как правило, приемный купол изготавливается из прозрачного ультрафиолето-стабилизированного поликарбоната (ПК). Полый зеркальный тубус световода – из зеркального алюминия толщиной 1–1,5 мм с коэффициентом отражения 0,95. Выходное окно – рассеиватель круглой или квадратной формы, выполняется обычно из светорассеивающего полиметилметакрилата (ПММА) или из опризмленного прозрачного ПММА или ПК.

В животноводческих помещениях целесообразно ставить светоаэраторы – устройства, совмещающие в себе еще функцию вентиляции помещения.

Светоаэратор – надежная и эффективная инновационная разработка для организации микроклимата в коровнике. От освещения коровника зависит самочувствие животных, улучшение обмена веществ организма, потребление кормов и, как следствие, увеличение надоев. Улучшить микроклимат коровника позволит установка светоаэратора. Светоаэратор состоит из световой и вентиляционной шахты по типу коаксиальной трубы (труба в трубе), таким образом, обеспечивается равномерное поступление свежего воздуха в коровник и достигается нормированный уровень освещения помещения (рис. 1). При этом происходит экономия электроэнергии за счет естественного освещения и уменьшения количества вентиляторов. Кроме того, светоаэратор способен создать хорошую вентиляцию даже в переходный период года, когда температура на улице и в коровнике оди-

накова, а значит имеется отсутствие тяги и воздухообмена [14, 21–24].

Светоаэраторы равномерно устанавливаются на крыше здания, обеспечивая надлежащую освещенность помещения. При установке светоаэратора конструкция крыши не теряет своей жесткости. Каркасом светоаэрационного устройства является бесшовный сэндвич – короб, в который встроена коаксиальная труба из наружной оцинкованной стали и внутреннего зеркального алюминия. Сверху конструкция закрывается светопрозрачным антивандальным куполом, сбоку инерционными вентиляционными решетками. Система является полностью герметичной. На внутренних и наружных поверхностях не выпадает конденсат.

В конструкцию светоаэратора устанавливается система досвечивания (светодиоды-LED), которая увеличивает освещение в вечернее и ночное время до нормативов (рис. 1). Свет от светодиодов направляется на рассеиватель, устанавливаемый на выходе светоаэратора.

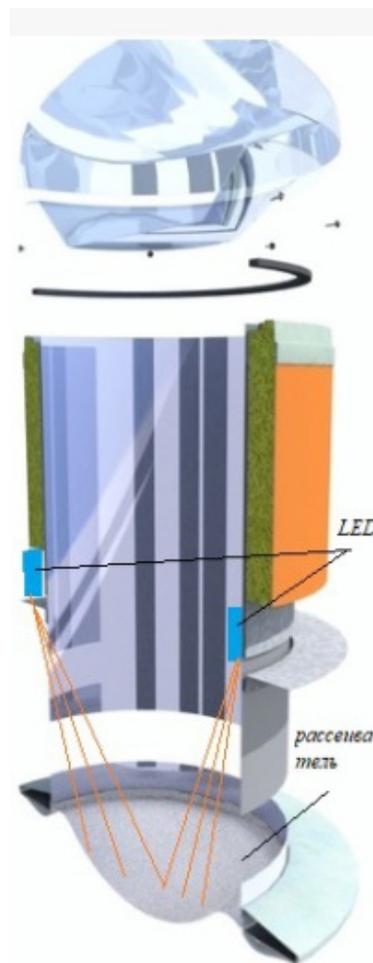


Рис. 1. Светоаэратор



Еще одной системой энергосбережения является способ перенаправления с помощью микроструктурной модели, размещенной в стеклопакете окна. Для перенаправления дневного света в верхней части окна располагается акриловая пластина толщиной 2 мм. Ее размещают в верхней части окна с тройным остеклением, заменяя часть среднего стекла стеклопакета. На рисунке 4 показано действие данной системы для перенаправления света [15]. Из ри-

сунка видно, что свет направляется в дальнюю часть коровника путем системы специальных пластин. Животные независимо от нахождения в помещении получают естественное освещение без дополнительных затрат энергии. В этом случае не требуется искусственное освещение в помещениях в течение светового дня. Светильники необходимы только в вечернее и ночное время. Затраты на освещение снижаются от 15 до 50% [5, 8, 10, 11, 14].



Рис. 2. Установка светоаэратора в коровниках

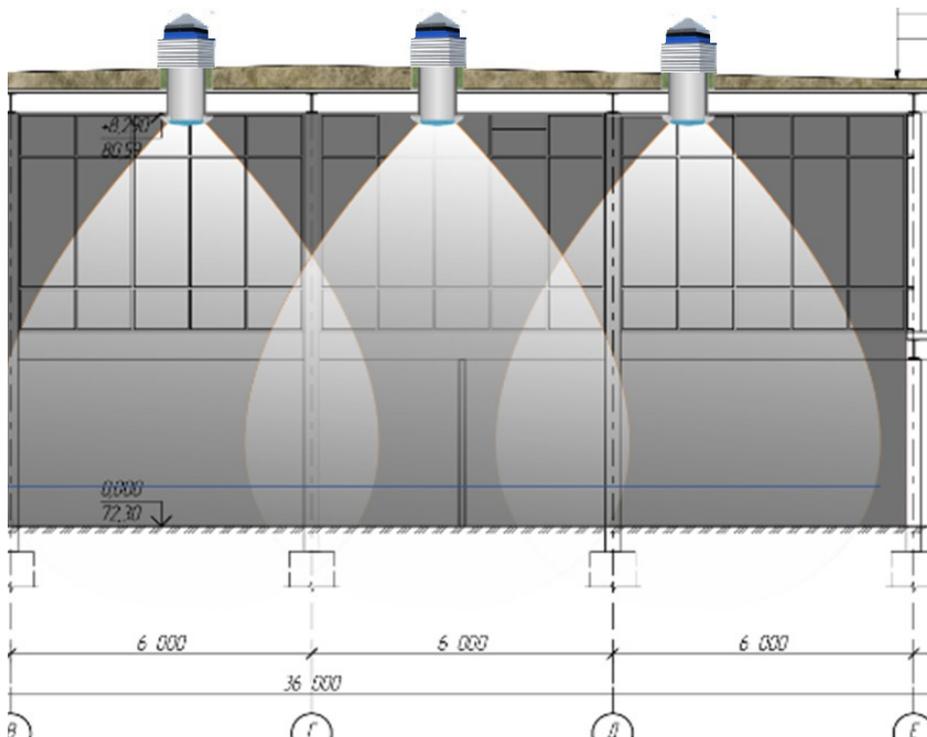


Рис. 3. Принцип действия доставки света с помощью светоаэратора со световодом в помещение

Принцип прохождения светового луча состоит в следующем: световой луч падает на внешнюю сторону призмы в линзовидные части, фокусируется внутри акриловой пластины и потом отражается к потолку. Вид сбоку линзовидной структуры радиусом 300 мкм представлен на рисунке 5.

Рисунок 6 представляет пример световых лучей с углом 35° , проходящих через систему перенаправления дневного света справа налево.

Представим модернизированную систему перенаправления света с досвечиванием от светодиодного источника [16]. Система искусственного освещения состоит из прозрачной световодной пластины толщиной 2 мм с микроструктурами и светодиодного источника света. На рисунках 7 и 8 представлены светораспределительные системы с микроцилиндрами и с усеченными микроконусами.

Светодиод подключен к краю световодной пластины из акрилового стекла. Чтобы направ-

вить свет от световодной пластины в комнату в определенном направлении, микроструктуры располагаются на одной стороне пластины. Разработка этих специальных микроструктур для системы искусственного освещения нацелена на возможность осветить потолок от какого-либо источника света.

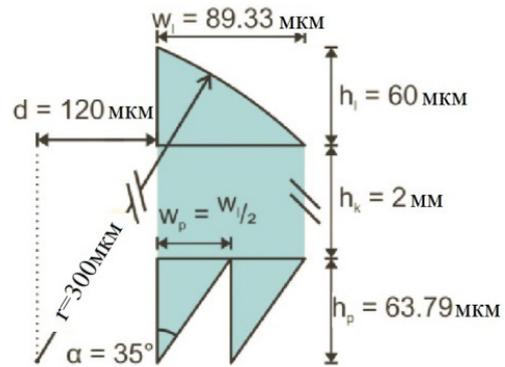


Рис. 5. Параметры системы перенаправления света

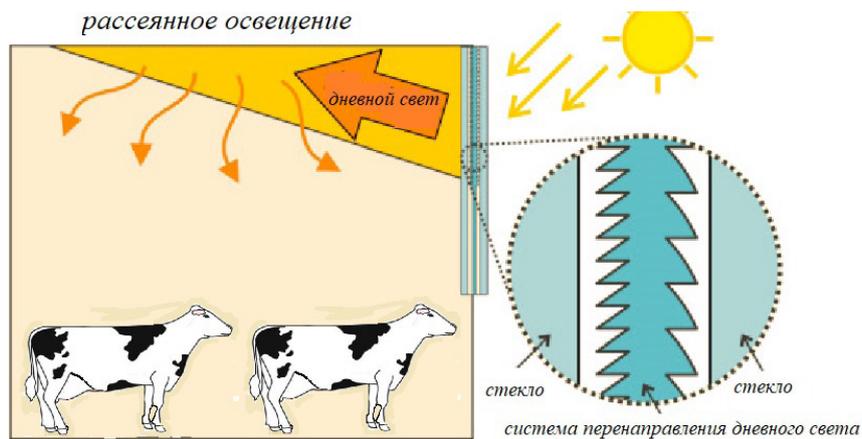


Рис. 4. Система перенаправления света в дальнюю часть помещения коровника

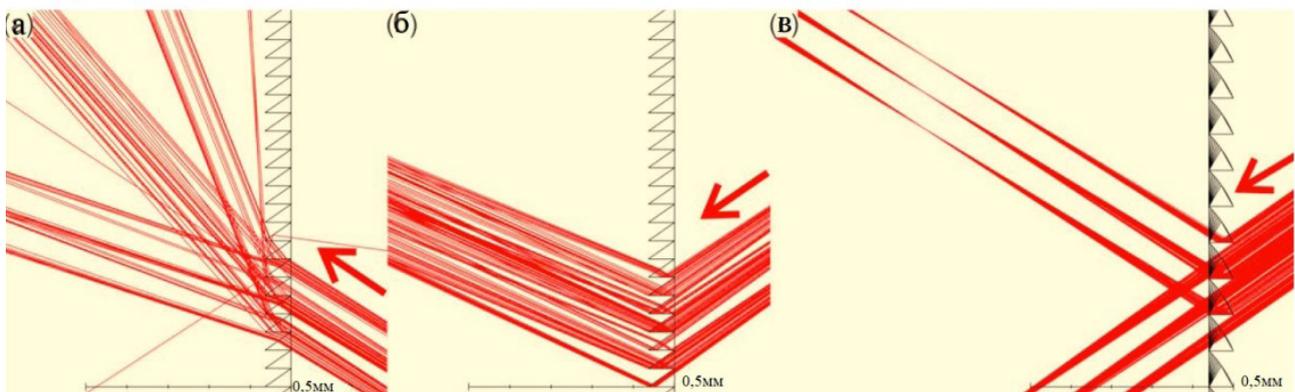


Рис. 6. Лучи под высотой 35° попадают в линзовидные структуры (в) справа и перенаправляются призмами различными частями (а) и (б) к потолку (красные стрелки указывают направления световых лучей)

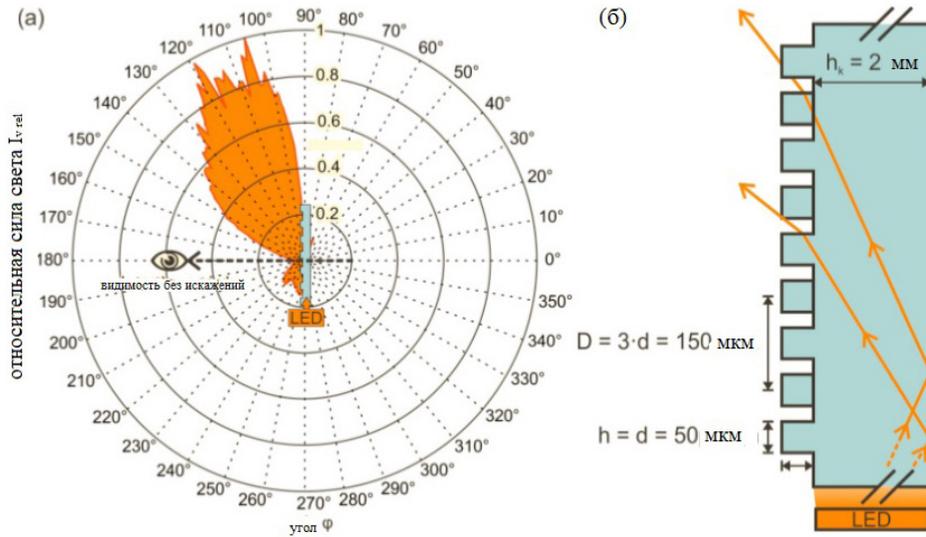


Рис. 7. Кривая распределения света системы с микроцилиндрами (а); параметры микроструктуры и принцип действия системы (б)

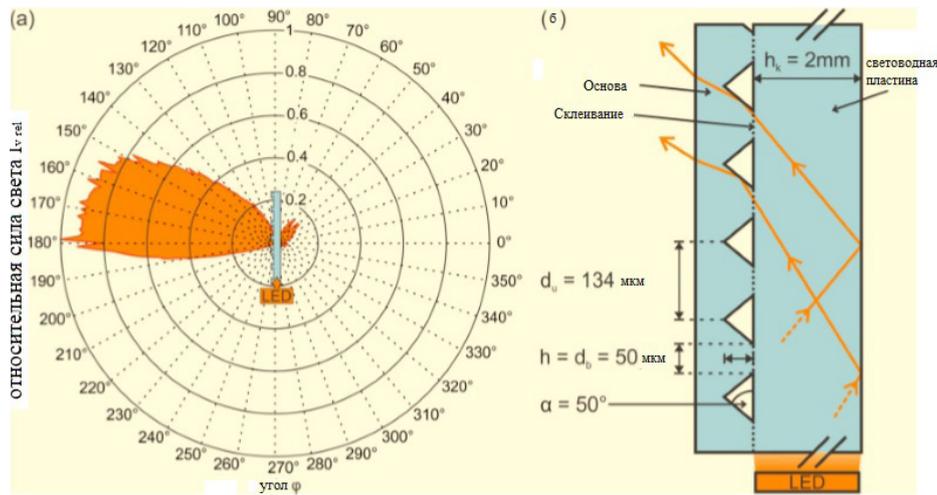


Рис. 8. Кривая распределения света системы с усеченными микроконусами (а); параметры микроструктуры и принцип действия системы (б)

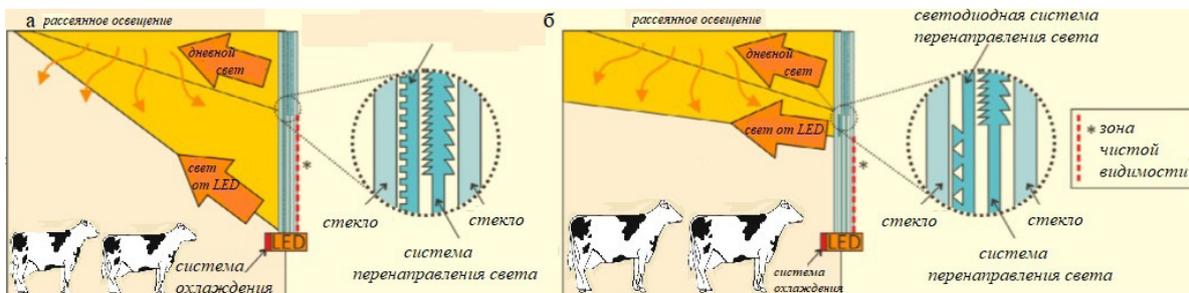


Рис. 9. (а) Система, состоящая из комбинации световодной пластины с микроцилиндрами и системой перенаправления дневного света; (б) система, состоящая из комбинации световодной пластины, структурированной с усеченными микроконусами и системой перенаправления дневного света; область четкого обзора через окно выделена красной пунктирной линией

На рисунке 9 представлены комбинированные системы перенаправления света с различными структурами световодных пластин для досвечивания светодиодами.

Применение таких систем позволит уменьшить потребление электроэнергии за счет более равномерного распределения света в помещении и перенаправления в дальние части помещения. Система перенаправления света освещает участки помещения, которые расположены вдали от оконных проемов.

Таким образом, доставка света в животноводческие помещения с помощью световодов вкуче с комбинированными системами перенаправления светового потока является одним из перспективных направлений энергосбережения в животноводческих помещениях.

Список литературы

1. Электроемкость продукции промышленного птицеводства / Г. П. Ерошенко, И. Ю. Лошкарев, И. В. Шестаков, В. И. Лошкарев // Аграрный научный журнал. 2016. № 2. С. 48–50.
2. Ерошенко Г. П., Лошкарев И. Ю. Рациональные варианты теплоснабжения животноводческих помещений // Научное обозрение. 2017. № 3. С. 38–46.
3. Эффективность внедрения световодов для системы освещения в животноводческих помещениях / И. Ю. Лошкарев, О. В. Малецкий, В. И. Лошкарев, Н. Н. Белова // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 39. С. 19–24.
4. Лошкарев И. Ю., Аберясьев А. Я., Лошкарев В. И. Оценка эффективности внедрения светоаэратора в систему вентиляции коровника // Актуальные проблемы энергетики АПК : матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В. А. Трушкина. Саратов : ООО «ЦеСАин», 2018. С. 104–106.
5. Энергосбережение в системе освещения в сельскохозяйственных и складских помещениях / И. Ю. Лошкарев [и др.] // Актуальные проблемы энергетики АПК : матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В. А. Трушкина. Саратов : ООО «ЦеСАин», 2018. С. 106–109.
6. Лошкарев И. Ю., Наход В. М., Аберясьев А. Я. Энергосберегающие принципы в тепличных комплексах // Актуальные проблемы энергетики АПК : матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В. А. Трушкина. Саратов : ООО «ЦеСАин», 2018. С. 109–110.
7. Лошкарев И. Ю., Осадчий Н. В. Расчет величины теплопритоков системы естественного освещения // Материалы X нац. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы энергетики АПК». Саратов : Изд-во ООО «ЦеСАин» 2019. С. 140–142.
8. Активные системы светозахвата для освещения помещений / И. Ю. Лошкарев, Н. В. Осадчий, А. Я. Аберясьев, С. В. Саенко // Материалы X нац. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы энергетики АПК». Саратов : Изд-во ООО «ЦеСАин», 2019. С. 142–147.
9. Система энергосбережения в освещении улиц и дорог / А. И. Стерхов [и др.] // Материалы X нац. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы энергетики АПК». Саратов : Изд-во ООО «ЦеСАин», 2019. С. 213–215.
10. Методика расчета экономической целесообразности применения полых трубчатых световодов / И. Ю. Лошкарев, А. И. Стерхов, К. А. Петров, В. В. Белов // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 136–139.
11. Комплексное сравнение систем естественного освещения / И. Ю. Лошкарев [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 37–47.
12. Широбокова Т. А., Лошкарев И. Ю., Белова Н. Н. Методика оценки параметров светодиодного освещения в животноводческих помещениях // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 43. С. 47–50.
13. Алгоритм расчета конструктивных параметров светодиодного осветительного прибора / А. Г. Возмилов, Т. А. Широбокова, Д. В. Астафьев, И. Ю. Лошкарев // АПК России. 2019. Т. 26. № 2. С. 185–188.
14. Solargy // Справочно-информационный интернет-портал. Режим доступа : <http://solargy.creativeizh.ru/about/o-kompanii>.
15. Jakubowsky M., Neyer A. Optimized design of daylight redirection microstructures combined with planar micro structured light sources for high efficient room lighting integrated in building façades // Energy Procedia. 2017. № 122. P. 157–162.
16. Tengler F.-C., Jakubowsky M., Neyer A. High transparent light guiding plate for single-sided light emission // Microelectronic Engineering. 2014. № 119. P. 174–177.
17. Loshkarev I. Yu., Sterkhov A. I., Petrov K. A. Solar Concentrator Engineering Design SWx



700-250 // Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST), volume 1, International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” (ISEES 2019). August 2019. P.780–786. Doi.org/10.2991/isees-19.2019.156.

18. Sterhov A. I., Loshkarev I. Yu. Determination of the proportion of natural light in solar radiation using the method of conversion of lighting units into energy // HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser 1353. 2019. 012002. P. 1–6. Doi: 10.1088/1742-6596/1353/1/012002.

19. Sterhov A. I., Petrov K. A., Loshkarev I. Yu. Calculation of the critical power density of natural light in a polymer optical fiber // HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser 1353. 2019. 012003. P. 1–8. Doi: 10.1088/1742-6596/1353/1/012003.

20. Sterhov A. I., Petrov K. A., Loshkarev I. Yu. Engineering design of solar concentrator for transporting sunlight through optical fiber // HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser 1353. 2019. 012004. P. 1–11. Doi: 10.1088/1742-6596/1353/1/012004.

21. Loshkarev I. Yu., Sterhov A. I., Petrov K. A. Simulation of the parameters of the acrylic and specular light pipe for transmitting light radiation of the LED matrix // ITBI 2019, J. Phys.: Conf. Ser 1333. 2019. 062014. P. 1–8. Doi: 10.1088/1742-6596/1333/6/062014.

22. Лошкарёв И. Ю. Анализ и классификация систем перенаправления естественного освещения для помещений АПК // АПК России. 2019. Т. 26. № 4. С. 541–547.

23. Эксплуатационные свойства и характеристики полых трубчатых световодов и зенитных фонарей / И. Ю. Лошкарёв, А. И. Стерхов, Т. А. Широбокова, Ю. Д. Вахрушева // АПК России. 2019. Т. 26. № 4. С. 548–552.

24. Стерхов А. И., Палагин А. В., Лошкарёв И. Ю. Исследование систем освещения с полыми протяженными световодами // Светотехника. 2019. № 6. С. 31–36.

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

E-mail: vozmiag44@rambler.ru.

Лошкарёв Игорь Юрьевич, канд. техн. наук, доцент, Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова.

E-mail: igyulo@mail.ru.

Логачёва Оксана Владимировна, канд. техн. наук, доцент, Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова.

E-mail: sgauoksana@mail.ru.

Стерхов Алексей Иванович, генеральный директор, ООО «Соларжи».

E-mail: aist@solargy.group.

* * *

УДК 631.158:658.345

ОБОСНОВАНИЕ РИСКА В ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОПЕРАЦИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА

О. А. Гребенщикова, А. Г. Попова

Повседневно каждый человек сталкивается с необходимостью оценить (качественно или количественно) степень, уровень опасности окружающих его процессов или явлений. В теории риска критерием такой оценки служит понятие «риск». Основной задачей внедрения и функционирования системы управления охраной труда является переход к системе оценки и управления профессиональными рисками в организации. В связи с этим была поставлена задача разработки показателя, позволяющего достаточно объективно, при этом с минимальными затратами оценить риск системы «оператор – машина – среда» в технологическом процессе сельскохозяйственного производства при возникновении транспортно-технологических отказов в условиях различных скоростей движения. С целью определения показателя риска травмирования был проведен полный факторный эксперимент. Была построена линейная модель влияния факторов (скорости движения автомобиля и возникновения риска отказа) на риск травмирования операторов. Проанализировав и оценив риск травмирования операторов, необходимо разработать меры по исключению или снижению его уровня.

Ключевые слова: риск, оценка риска, система «оператор – машина – среда», транспортно-технологические отказы, скорости движения автомобиля, линейная модель, показатель риска травмирования.

Повседневно каждый человек сталкивается с необходимостью оценить (качественно или количественно) степень, уровень опасности окружающих его процессов или явлений. Часто от точности этой оценки зависит его жизнь. В теории риска критерием такой оценки служит понятие «риск». Основной задачей внедрения и функционирования системы управления охраной труда является переход от реагирования на несчастные случаи и профессиональные заболевания к системе оценки и управления профессиональными рисками в организации, а именно повреждения здоровья работников [14, 16].

Анализ и оценка рисков позволяет:

- управлять рисками – значит эффективно планировать и целенаправленно расходовать средства на снижение уровня риска и повышение безопасности;
- снизить вероятность возникновения негативного события до уровня, который можно обеспечить при использовании современной техники и технологии, с одной стороны, и с другой – до уровня, который экономически целесообразен;
- создать основу для страхования ответственности за причинение вреда при авариях и несчастных случаях.



Существо экспертной поддержки при анализе и оценке рисков:

- идентификация опасностей и рисков;
- анализ источников опасности и измерение этой опасности по потенциальному уровню последствий воздействия на человека и окружающую среду;
- анализ эффективности мер (экономических и административных) по уменьшению уровня рисков;
- разработка мер по исключению или снижению уровня рисков.

Разработка методов оценки условий труда оператора как оценка рисков не теряет своей актуальности.

Гипотеза

Разработка показателя риска системы «оператор – машина – среда» в технологическом процессе сельскохозяйственного производства при возникновении транспортно-технологических отказов в условиях различных скоростей движения позволит проанализировать и оценить риск травмирования операторов.

Цель: оценка риска системы «оператор – машина – среда» для решения задач внедрения и функционирования системы управления охраной труда.

Задачи:

- проанализировать риск травмирования оператора быстроходных колесных машин при увеличении скорости их движения;
- построение линейной модели влияния факторов выполнения оператором определенных технологических операций при возникновении отказов в зависимости от скорости движения на риск травмирования операторов;
- установить закономерности влияния факторов транспортно-технологических отказов и скорости движения на критерий риска травмирования оператора.

Анализ риска травмирования оператора быстроходных колесных машин при увеличении скорости их движения

В настоящее время существуют различные методы оценки риска системы «оператор – машина – среда» в сельскохозяйственном производстве, однако они достаточно трудоемки и могут быть использованы в качестве оценки лишь отдельных показателей ее функционирования. В связи с этим была поставлена задача разработки показателя, позволяющего достаточно

объективно, при этом с минимальными затратами оценить риск системы «оператор – машина – среда» в технологическом процессе сельскохозяйственного производства при возникновении транспортно-технологических отказов в условиях различных скоростей движения.

Степень опасности мобильных колесных машин сельскохозяйственного назначения можно оценить с помощью показателя риска травмирования ($0 \leq R \leq 1$), который определяет вероятность получения оператором травм различной степени тяжести. При оценке риска травмирования оператора в системе «О – М – С» в процессе выполнении технологического процесса необходимо учитывать скорость движения, так как риск травмирования операторов мобильной колесной с.-х. техники зависит от скорости движения машины.

Превышение скорости – частая причина ДТП. В мировой практике зависимость между скоростью движения и относительным числом ДТП выглядит следующим образом: при увеличении средней скорости движения на 5% количество ДТП с ранеными возрастает на 10...15%, с погибшими – на 20...30%; при увеличении средней скорости на 10% количество ДТП с ранеными возрастает на 20...30%, с погибшими – на 50...60%, при увеличении средней скорости на 15% количество ДТП с ранеными возрастает на 35...45%, с погибшими – на 70...80% [4]. Объясняется это тем, что автомобиль на высокой скорости менее управляем.

Анализ литературных источников позволил выявить, то риск травмирования оператора быстроходных колесных машин при увеличении скорости их движения определяется четырьмя основными показателями: 1. снижение концентрации внимания; 2. сужение угла зрения; 3. уменьшение коэффициента сцепления; 4. скорость движения не соответствует (превышает) время обработки информации оператором (водителем).

1. Концентрация внимания – это умение длительное время сосредотачиваться на наиболее важных в данный момент объектах. С концентрацией внимания тесно связано свойство устойчивости внимания, которое характеризует умение сохранять интенсивность (напряжение) внимания в течение длительного времени [12].

Умение распределять, концентрировать и переключать внимание наиболее ярко проявляется в работе зрительного анализатора.

Рассматривая этот вопрос, введем понятие сенсорного поля – пространства вне и внутри автомобиля, из которого водитель получает значимую для движения автомобиля информацию. Для сбора информации водитель сканирует сенсорное поле – переключает внимание, направляя взгляд на элементы дороги, препятствия, находящиеся на дороге и в околородоржном пространстве, а также на других участников движения, приборы в кабине автомобиля, зеркало заднего обзора.

Для получения информации о сканируемых объектах взгляд должен быть зафиксирован на них в течение 0,2 с и более. Продолжительность фиксации взгляда зависит от значимости объекта наблюдения для безопасности, его видимости, скорости автомобиля. Чем более значим объект, тем больше время фиксации; чем выше скорость, тем время фиксации меньше. Зависимость времени фиксации (t_{ϕ} от скорости V_a для объектов разной значимости) приведена на рисунке 1. Если число объектов больше, чем водитель в состоянии просканировать за определенный промежуток времени, часть инфор-

мации окажется потерянной, и это может стать причиной ДТП [1, 2, 12].

2. Уменьшение угла зрения водителя (рис. 2) является второй причиной увеличения риска травмирования.

3. Снижение коэффициента сцепления [3, 5, 11] (рис. 3). Имеющиеся статистические данные [7] свидетельствуют о том, что при увеличении скорости движения с 60 до 100 км/ч в 2...2,5 раза возрастает вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

4. Длина тормозного пути и путь, пройденный машиной за время принятия решения водителем, также зависят от скорости движения. Так, длина тормозного пути возрастает пропорционально квадрату скорости, т.е. при увеличении скорости в 2 раза длина тормозного пути возрастает в 4 раза и т.д. (рис. 4) [8, 9, 10].

Из выше представленного материала можно сделать следующий вывод: риск травмирования операторов необходимо оценивать в зависимости от скорости движения мобильной колесной машины.

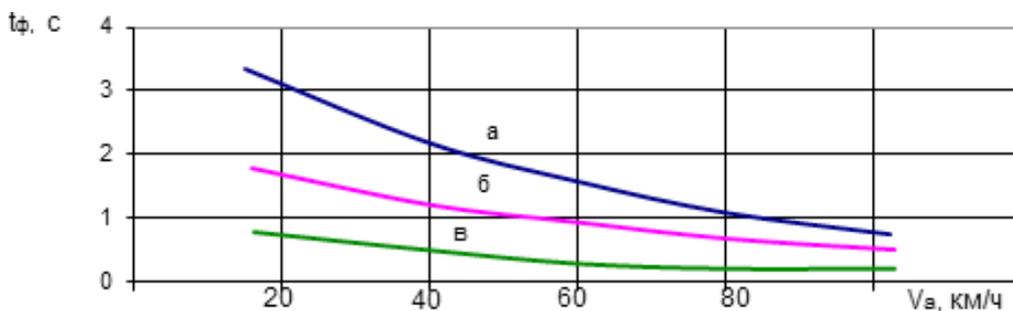
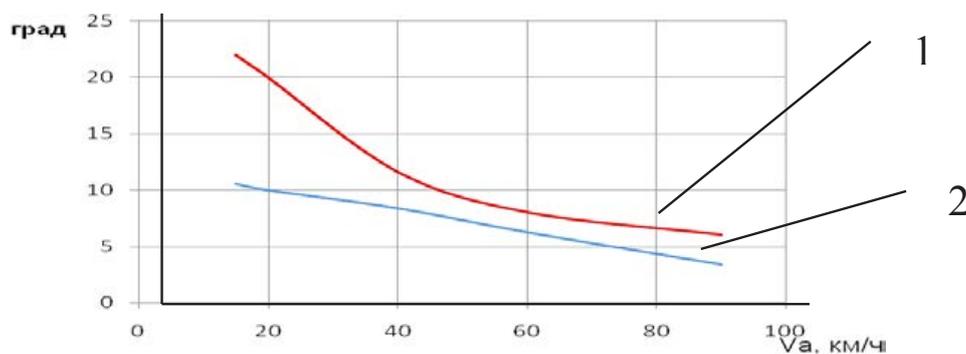


Рис. 1. Зависимость продолжительности фиксации взгляда водителя (t_{ϕ}) на объектах разной значимости от скорости движения автомобиля (V_a): а – наиболее значимые объекты; б – объекты средней значимости; в – малозначимые объекты



1 – ширина угла зрения, 2 – высота угла зрения

Рис. 2. Зависимость размеров поля зрения (градусы) от скорости движения транспортного средства (V_a)



Линейная модель влияния факторов выполнения оператором определенных технологических операций при возникновении отказов в зависимости от скорости движения на риск травмирования операторов

С целью определения показателя риска травмирования операторов мобильных колесных машин в процессе выполнения определенных технологических операций при возникновении отказов в зависимости от скорости движения был проведен полный факторный эксперимент. Была построена линейная модель влияния данных факторов на риск травмирования операторов. В качестве исходных данных для построения модели служили результаты экспертной оценки риска травмирования при различных скоростях движения мобильных колесных машин в зависимости от вида отказа. Оценка фактора весомости транспортно-технологических отказов была основана на результатах априорного ранжирования. В качестве экспертов выступили операторы (механизаторы, водители). На основании ана-

лиза предварительных результатов оценки было определено необходимое количество экспертов. Достоверность результатов экспертной оценки определялась с помощью методики двухфакторного дисперсионного анализа [6, 13, 15].

При построении линейной модели находятся численные значения b_0 и линейных коэффициентов уравнения регрессии:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_1^k b_i x_i + \sum_1^k b_{ij} x_i x_j, \quad (1)$$

где \hat{y} – значение критерия;

b_i – линейные коэффициенты;

b_{ij} – коэффициент двойного взаимодействия факторов.

Точность и надежность оценок коэффициентов регрессии зависят от свойств применяемого плана эксперимента. Выбор плана связан с определением числа экспериментальных точек и такого их расположения в факторном пространстве, которое позволяет при минимальном

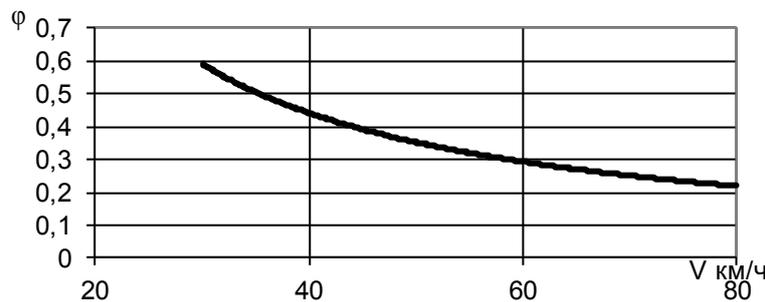
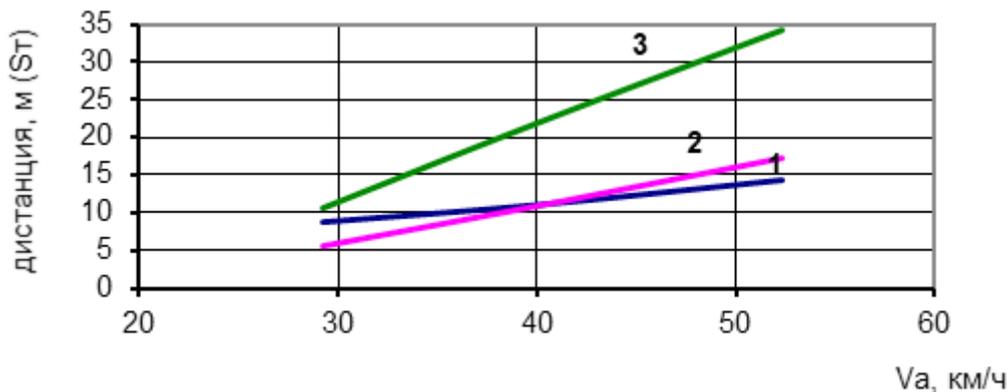


Рис. 3. График зависимости скорости движения колесной машины V_a от коэффициента сцепления ϕ



1 – путь, пройденный за время принятия решения водителем; 2 – тормозной путь по сухой дороге; 3 – тормозной путь на мокрой дороге

Рис. 4. Зависимость дистанции торможения (S_r) от скорости движения V_a

числе опытов получить необходимую информацию для принятия решения. При выборе плана составляют матрицу планирования – стандартного вида таблицу, где указываются условия проведения всех опытов, образующих выбранный план. В матрице планирования строки соответствуют различным опытам, а столбцы – отдельным факторам.

Построение линейных моделей связано с проведением полного факторного эксперимента (ПФЭ), в котором реализуются все возможные комбинации рассматриваемых уровней факторов, а результаты оцениваются с помощью статического анализа. Планирование эксперимента связано с использованием факторных планов типа 2^k .

При составлении матрицы ПФЭ учитывают кодированные значения факторов. В процессе кодирования факторов осуществляется линейное преобразование координат факторного пространства с переносом начала координат в нулевую точку и выбором масштабов по осям в единицах интервалов варьирования. Для определения используют соотношение:

$$x_i = \frac{c_i - c_{0i}}{\varepsilon}, \quad (2)$$

где x_i – кодированное значение фактора (безразмерная величина);

c_i и c_{0i} – натуральные значения фактора (соответственно его текущее значение и значение на нулевом уровне);

ε – натуральное значение интервала варьирования фактора (Δc).

В матрице ПФЭ в первом столбце указывают кодированное значение фиктивной переменной ($x_0 = +1$), ее «оценка» дает величину свободного члена (b_0) в уравнении регрессии. Число столбцов матрицы равно числу учитываемых факторов. Иногда добавляют столбцы, соответствующие взаимодействиям факторов. Число строк определяется из условия $N = 2^k$. В отдельном столбце указывают номера опытов.

После построения матрицу планирования обычно преобразуют в рабочую матрицу, заменяя кодированные значения переменных соответствующими именованными величинами. Затем с помощью рабочей матрицы осуществляется эксперимент. Получив экспериментальные данные, вновь возвращаются к матрице плани-

рования, преобразуя ее в расчетную матрицу (включая в нее столбцы, соответствующие не только линейным эффектам, но и тем эффектам взаимодействия, которые представляют интерес). Далее определяют значение коэффициентов регрессии.

Линейные коэффициенты регрессии рассчитывают по формуле:

$$b_i = \frac{\sum_1^N x_{iu} y_u}{\sum_1^N x_{iu}^2} = \frac{\sum_1^N x_{iu} y_u}{N}, \quad (3)$$

где x_{iu} – значение фактора x_i в u -м опыте;

y_u – значение параметра оптимизации в том же опыте;

N – число опытов в матрице.

При определении свободного члена в уравнении регрессии (b_0) берут среднее арифметическое всех значений параметра оптимизации в матрице:

$$b_0 = \frac{\sum_1^N y_u}{N}. \quad (4)$$

Коэффициенты регрессии, характеризующие парное взаимодействие факторов, находят по формуле:

$$b_i = \frac{\sum_1^N x_{iu} x_{ju} y_u}{\sum_1^N x_{iu}^2} = \frac{\sum_1^N x_{iu} x_{ju} y_u}{N}. \quad (5)$$

После определения коэффициентов линейной модели оценивают их значимость и проверяют адекватность модели.

Матрица планирования и результаты полного факторного эксперимента для определения обобщенного показателя риска травмирования операторов представлены в таблице 1.

Матрицу планирования построили для двух факторов ($k = 2$). С учетом этой матрицы создали рабочую матрицу, которую использовали при проведении эксперимента.

Рассматривалось влияние двух факторов (скорости движения автомобиля и возникнове-



ния риска отказа) на обобщенный показатель риска травмирования при выполнении транспортно-технологического процесса.

При кодировании факторов, принимая во внимание формулу (2), исходили из следующих соотношений:

$$x_1 = \frac{V - 50}{40}; \quad x_2 = \frac{R_{от} - 0,1675}{0,1075}.$$

Знание этих соотношений позволило построить рабочую матрицу, где приведены именованные значения факторов.

В результате эксперимента было найдено четыре значения критерия оптимизации в опытах (\bar{y}_u), каждый из которых имел двадцать повторений.

Полученные экспериментальные данные учитывались при определении коэффициентов уравнения регрессии, которое имело вид:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2. \quad (6) \quad \text{где } \hat{y} \text{ – риск травмирования оператора;}$$

Кроме того, экспериментальные данные были использованы при расчете дисперсии воспроизводимости, а также при оценке значимости найденных коэффициентов регрессии и проверке адекватности линейной модели.

Значения коэффициентов регрессии были найдены с учетом матрицы планирования (табл. 1) по формулам (3)–(5):

$$b_0 = \frac{\sum_1^4 \bar{y}_u}{4} = 0,34; \quad b_1 = \frac{\sum_1^4 x_1 \bar{y}_u}{4} = 0,23;$$

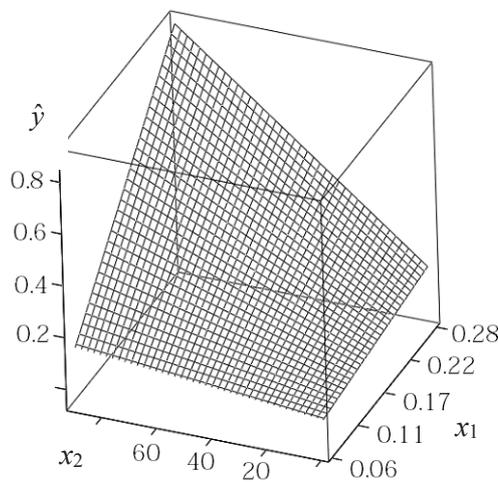
$$b_2 = \frac{\sum_1^4 x_2 \bar{y}_u}{4} = 0,19; \quad b_{12} = \frac{\sum_1^4 x_1 x_2 \bar{y}_u}{4} = 0,15.$$

После этого уравнение 6 примет вид:

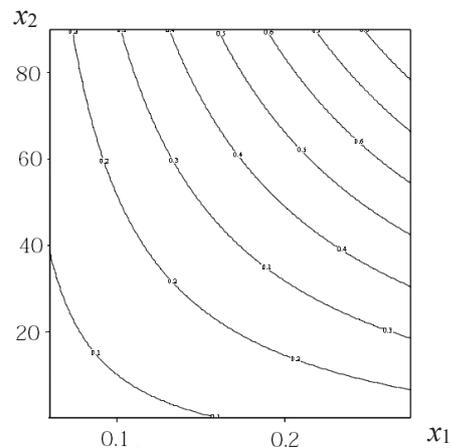
$$\hat{y} = 0,34 + 0,19x_1 + 0,23x_2 + 0,15x_1x_2,$$

Таблица 1 – Матрица планирования и результаты эксперимента

Номер опыта	Матрица планирования				Рабочая матрица		Результаты эксперимента (\bar{y}_u)
	x_0	x_1	x_2	x_1x_2	Скорость V , км/ч	$R_{от}$	
1	+	+	+	+	10	0,060	0,90
2	+	–	+	–	10	0,275	0,23
3	+	+	–	+	90	0,060	0,15
4	+	–	–	–	90	0,275	0,07



а



б

Рис. 5. Зависимость риска травмирования \hat{y} , от $x_1 = 0,06 \dots 0,275$; $x_2 = 10 \dots 90$ км/ч:

а – поверхность отклика, б – линии равного уровня

x_1 – весо́мость транспортно-технологического отказа, $x_1 = 0,06 \dots 0,275$;

x_2 – скорость движения, $x_2 = 10 \dots 90$ км/ч.

Закономерности влияния факторов транспортно-технологических отказов и скорости движения на критерий риска травмирования оператора

Задавая исходные данные x_1 , x_2 и вводя функцию для расчета на ЭВМ показателя риска травмирования оператора системы «О – М – С» (\hat{y}), получили зависимость этого показателя от сложности отказа (x_1), возникающего в транспортно-технологическом процессе и скорости движения транспортного средства (x_2).

Представленный график (рис. 5) показывает, что в течение выполнения транспортно-технологического процесса в изменяющейся системе «О – М – С» сложность транспортно-технологических отказов может увеличиваться по мере ухудшения состояния машины. Так, неисправное рулевое управление или увеличенный люфт приводит к тому, что машина становится сложной в управлении. Это приводит к дополнительным действиям оператора, в связи с чем сложность отказа увеличивается (x_1). Буксование машины в транспортно-технологическом процессе может вызвать ошибочные действия в процессе управления, что также приводит к увеличению риска получения травм.

На увеличение риска получения травмирования при управлении машиной (\hat{y}) также влияют факторы опасности внешней среды и скорость движения (x_2). Так, неудовлетворительное состояние несущей поверхности (мокрое асфальтированное шоссе, гололед, размытая грунтовая дорога) приводит к таким явлениям, как буксование, блокировка колес, неправильный выбор скорости движения и т.д.

Заключение

Из выше представленного материала сделать вывод, что при выполнении одного и того же транспортно-технологического отказа нагрузка на оператора может увеличиваться вследствие увеличения скорости движения (x_2), что в свою очередь увеличивает риск травмирования.

Проанализировав и оценив риск травмирования операторов, необходимо разработать меры по исключению или снижению его уровня. Учитывая большой износ техники и низкий

уровень приобретения новой, необходимо разработать ряд автоматических инженерно-технических устройств, улучшающих динамику колесных машин и повышающих безопасность операторов в транспортно-технологическом процессе выполнения сельскохозяйственных операций на имеющейся технике.

Список литературы

1. Безопасность дорожного движения / В. В. Амбарцумян, В. Н. Бабанин, О. П. Гуджоян, А. В. Петридис : под ред. чл.-кор. РАН проф. В. Н. Луканина. М. : Машиностроение, 1997. 244 с.
2. Бобков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения : учебник для вузов. М. : Транспорт, 1993. 271 с.
3. Веденяпин Г. В., Киртбая Ю. К., Сергеев М. П. Эксплуатация машинно-тракторного парка. М. : Колос, 1968. 343 с.
4. Гаспарянц Г. А. Повышение проходимости автомобиля. М. : Транспорт, 1967. 64 с.
5. Горев А. Э., Олещенко Е. М. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения : учеб. пособ. для студ. высш. учеб. завед. М. : Академия, 2006. 256 с.
6. Горшков Ю. Г. Повышение эффективности функционирования системы «дифференциал – пневматический колесный движитель – несущая поверхность» мобильных машин сельскохозяйственного назначения : дис. ... д-ра техн. наук. Челябинск, 1999.
7. Гребенщикова О. А. Улучшение условий и охраны труда операторов мобильных колесных машин в условиях сельского хозяйства : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2011.
8. Жулев В. И. Водитель и безопасность дорожного движения. М. : ДОСААФ, 1984. 247 с.
9. Иларионов В. А., Морин М. М., Шейнин А. М. Теория автомобиля. М. : Автотрансиздат, 1960. 192 с.
10. Иофинов С. А., Цырин А. А. Эксплуатация тракторов и автомобилей на транспортных работах в сельском хозяйстве. Л. : Колос, 1975. 288 с.
11. Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения : учеб. для вузов. М. : Транспорт, 2001. 247 с.
12. Коллинз Д., Моррис Д. Анализ дорожно-транспортных происшествий. М. : Транспорт, 1971. 128 с.



13. Майборода О. В. Основы управления автомобилем и безопасность движения : учебник водителя автотранс. средств категорий «С», «D», «Е». М. : Академия, 2004. 256 с.

14. Общая теория статистики / под ред. О. Э. Башиной, А. А. Спирина. М. : Финансы и статистика, 2000. 440 с.

15. Роик В. Д. Социальная защита работников от профессиональных рисков. Черноголовка : Минтруд России, 1994. 282 с.

16. Смирнов Н. В., Дунин-Барковский И. В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. М. : Наука, 1965. 78 с.

17. Хенли Э., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска / пер. с англ. М. : Машиностроение, 1984. 528 с.

Гребенщикова Ольга Александровна, канд. техн. наук, ФГКБОУ ВПО Филиал Военного учебно-научного центра военно-воздушных сил «Военно-Воздушная Академия» в г. Челябинске.
E-mail: olgai3@mail.ru.

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.

* * *

УДК 629.33.023.1.001.57

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ШАССИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ В СРЕДЕ MATLAB/SIMULINK

Г. В. Дасько, М. В. Смирнов, Т. В. Тинькина, А. С. Мартьянов

В последнее время наблюдается активный рост интереса к разработке и использованию автомобильного транспорта, основанного на использовании электрической энергии. Ведется активное исследование и последующее внедрение в повседневную жизнь электромобилей. Большое количество исследований направлено на улучшение уже существующих конструкций агрегатов, узлов, механизмов автомобиля. В предлагаемой статье рассматривается имитационная модель движения электромобиля по дороге с переменным профилем на примере шасси электромобиля, оборудованном электрическим двигателем и накопителем энергии, учитывающая изменение энергии, затрачиваемой на передвижение по дороге с учетом подъемов и спусков, а также влияние скоростного режима в заданных условиях. Также модель учитывает сопротивление воздуха, силы трения, воздействующие на агрегаты автомобиля во время движения. Модель реализована в программной среде MATLAB/Simulink и может быть полезна при определении параметров электрического привода электромобиля, анализе электрической системы и исследовании эффективности эксплуатации транспортного средства.

Ключевые слова: имитационная модель, математическая модель, шасси, MATLAB/Simulink, электромобиль.

Компьютерное моделирование позволяет исследовать интеллектуальные имитационные модели производственных и логистических систем, выполнять анализ их характеристик и оптимизировать производительность. Цифровая модель дает возможность проводить виртуальные эксперименты и отвечать на вопрос «Что, если?» без изменений работы текущей системы или до инвестиций в строительство и новое производственное оборудование. Компьютерное имитационное моделирование – способ проигрывать модель во времени, анимировать ее поведение.

В последнее время наблюдается рост публикаций по темам, связанным с разработкой

и исследованиями имитационных моделей элементов электромобилей. Так, например, в статье [1–5] описываются этапы исследования имитационной модели шасси автомобиля: в начале применяется виртуальное прототипирование для трансмиссионных систем конструкций механизмов, проводятся короткие циклические тесты эффективности и энергосбережения. Задаются свойства модели каждого элемента трансмиссии, после чего тестируются на соответствие заданным характеристикам системы. В результате анализа исследования создается полная виртуальная имитационная модель шасси.

Помимо моделей трансмиссии и шасси, в статьях [6, 7] исследуются электродвигатели,



аккумуляторные батареи, кузова в новых конструктивных исполнениях. Таким образом, используя специализированные программные продукты, например, MATLAB/Simulink, можно с довольно большой точностью оценить поведение реального объекта в различных ситуациях. На многих высокотехнологичных предприятиях построение цифровой модели стало обязательным этапом проектирования объектов и систем благодаря тому, что цифровая модель позволяет экономить средства, которые пошли бы на построение прототипа. Компьютерное моделирование позволяет в короткие сроки изменять конструкцию цифрового объекта и снимать необходимые характеристики без использования специальных тестовых стендов, платформ и полигонов.

Теоретическое исследование

Теоретическое исследование заключается в установлении взаимосвязи между входными и выходными параметрами модели электромобиля. Результатом такого исследования должна

быть математическая модель, при помощи которой можно описать движение электромобиля. В математической модели должны быть учтено то, что электромобиль движется по трассе определенного профиля, а также на электромобиль действуют силы лобового сопротивления воздуха и силы трения скольжения.

На рисунке 1 изображен пример профиля трассы, по которой должен двигаться автомобиль.

На всем участке трассы на электромобиль действуют различные силы.

На рисунке 2 обозначены силы, действующие на автомобиль при прохождении наклонного участка трассы.

Из второго закона Ньютона следует:

$$a = \frac{\sum F}{m}, \quad (1)$$

где a – ускорение автомобиля, м/с²;

F – силы, действующие на тело, Н;

m – масса электромобиля, кг.

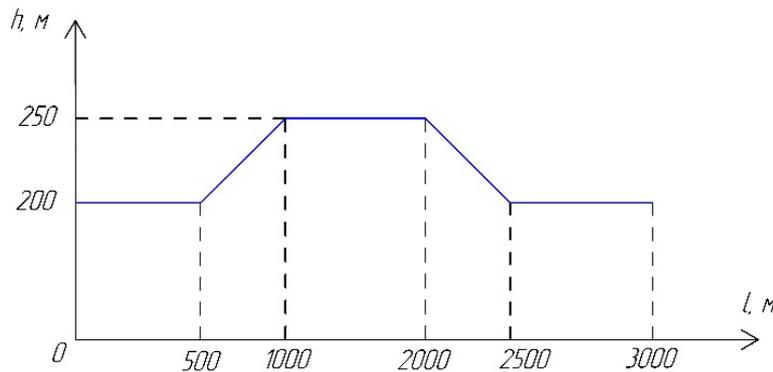


Рис. 1. Профиль трассы

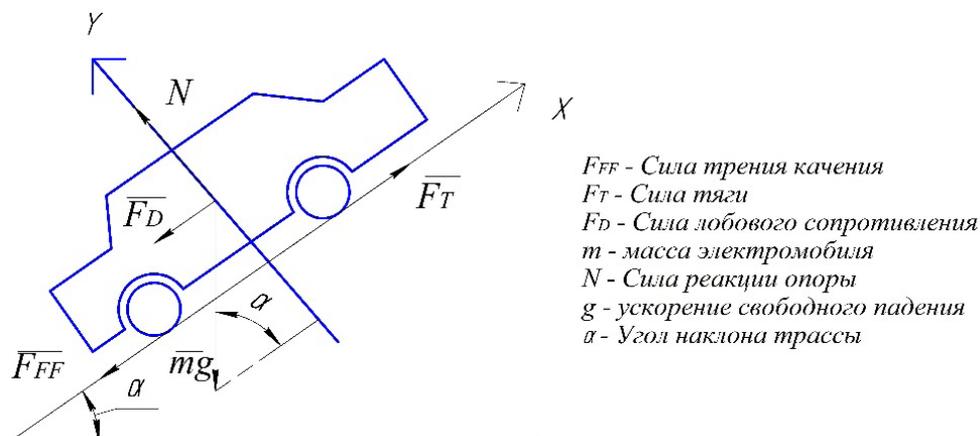


Рис. 2. Силы, действующие на автомобиль

В сумму сил, действующих на тело, входят сила тяги и силы сопротивления, такие как сила трения качения и сила лобового сопротивления воздуха.

Тогда переписать уравнение (1) можно следующим образом:

$$a = \frac{F_T + F_D + F_{FF} + m \cdot g \cdot \sin \alpha}{m}, \quad (2)$$

где F_T – сила тяги, Н·м;

F_D – сила лобового сопротивления, Н·м;

F_{FF} – сила трения качения, Н·м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

α – угол наклона поверхности, град.

Профиль трассы (см. рис. 1) можно представить как график некоторой функции $h = f(l)$. Взяв производную от этой функции, можно найти тангенс угла наклона касательной. А это и есть угол наклона поверхности профиля трассы α . Уравнение для нахождения угла α :

$$\alpha = \arctan\left(\frac{dy}{dx}\right). \quad (3)$$

Сила тяги автомобиля формируется за счет передачи вращения от двигателя к колесам электромобиля. Сила тяги определяется по формуле:

$$F_T = \frac{2M}{D}, \quad (4)$$

где M – момент на колесе, Н·м;

D – диаметр колеса, м.

Момент, формируемый на колесе электромобиля, можно определить через основное уравнение динамики вращательного движения. Основное уравнение динамики вращательного движения:

$$M = J \frac{d\omega}{dt}, \quad (5)$$

где J – приведенный момент инерции трансмиссии, кг·м²;

ω – угловая частота вращения вала двигателя, рад/с.

Зная уравнение, описывающее ускорение электромобиля, можно найти уравнение, описывающее скорость и путь электромобиля в течение времени:

$$v = \int a dt; \quad (6)$$

$$s = \int v dt. \quad (7)$$

Сила лобового аэродинамического сопротивления [8]:

$$F_D = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot S_{eff}, \quad (8)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³;

v – скорость автомобиля, м/с;

S_{eff} – эффективная площадь сопротивления электромобиля, м².

Сила трения качения:

$$F_{FF} = \frac{2f \cdot N}{D}, \quad (9)$$

где f – коэффициент трения качения, м;

N – сила реакции опоры, Н;

D – диаметр колеса, м.

Экспериментальное исследование

Используя уравнения (1–8) в программной среде MATLAB/Simulink, получим имитационную модель шасси. Численные значения параметров модели приведены в таблице 1.

На рисунке 3 изображена имитационная модель электромобиля в среде MATLAB/Simulink.

Для анализа модели зададимся условием поддержания постоянной скорости движения независимо от профиля дороги. Для этого применим пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор, изменяющий ток в обмотке тягового электродвигателя для поддержания заданной скорости во время движе-

Таблица 1 – Исходные данные

m , кг	D , мм	J , кг·м ²	g , м/с ²	f , м	ρ , кг/м ³	S_{eff}
1500	600	50	9,8	0,018	1,2	1,0



ния. В качестве измеряемых параметров прием пройденный путь, скорость электромобиля и силу тяги. На рисунках 4–6 приведены результаты модельного эксперимента. Рисунок 4 показывает график изменения профиля дороги от времени движения.

На рисунке 5 представлен график скорости от времени движения, график изменения силы тяги показан на рисунке 6.

Сопоставляя графики на рисунках 4, 5 и 6, видно, что наибольшая мощность требуется на начальном этапе, когда сила тяги максимальна.

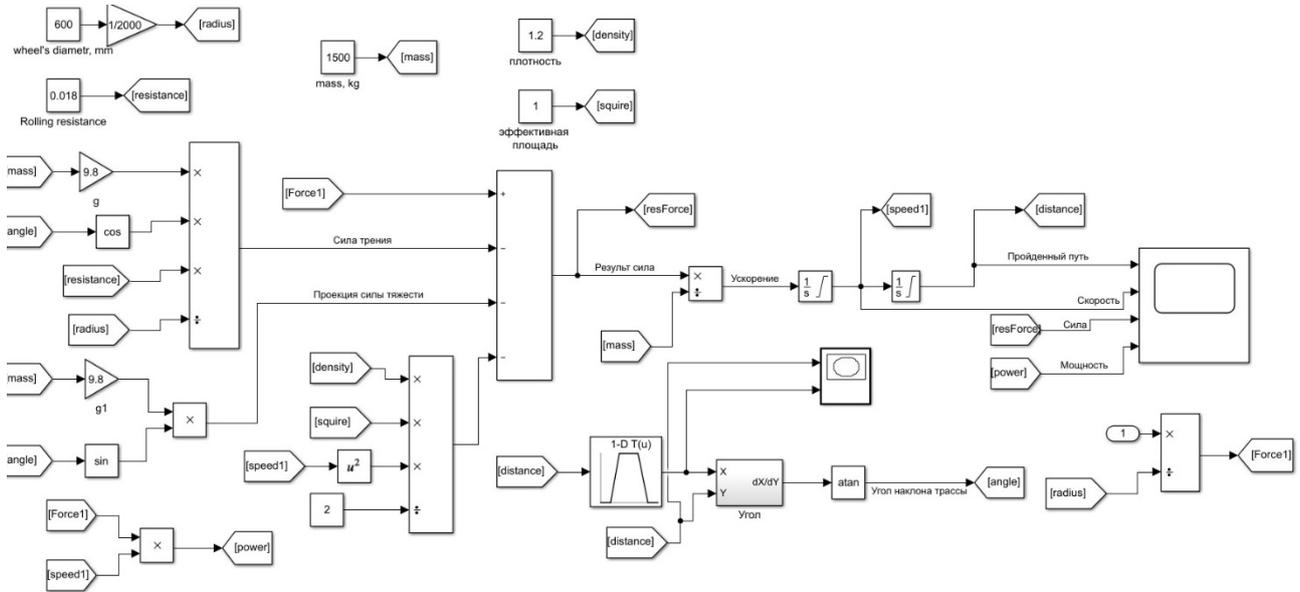


Рис. 3. Имитационная модель шасси в среде MATLAB/Simulink

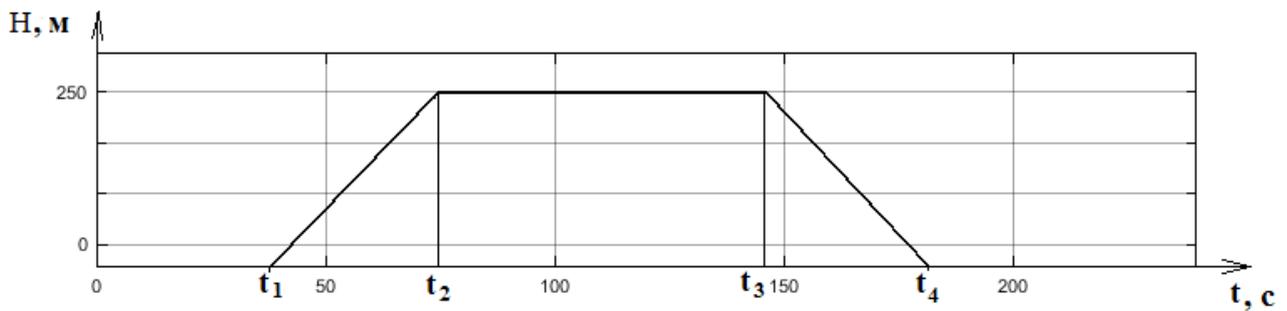


Рис. 4. График изменения профиля дороги от времени

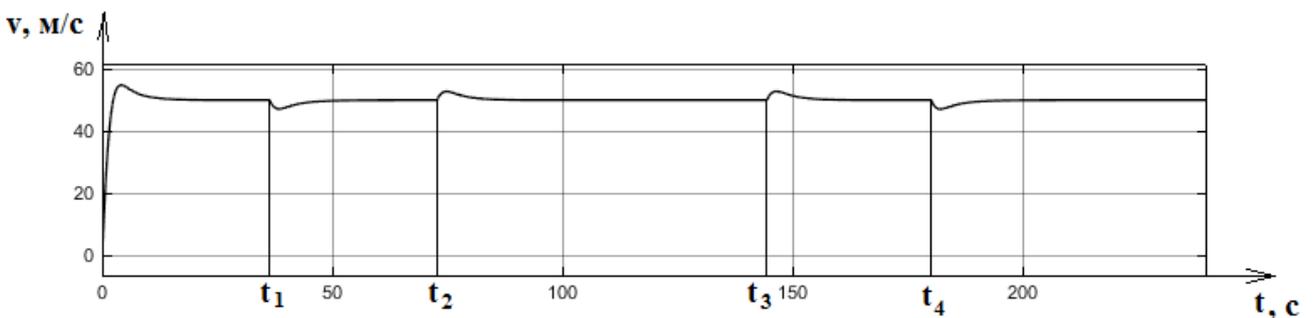


Рис. 5. Скорость движения от времени движения

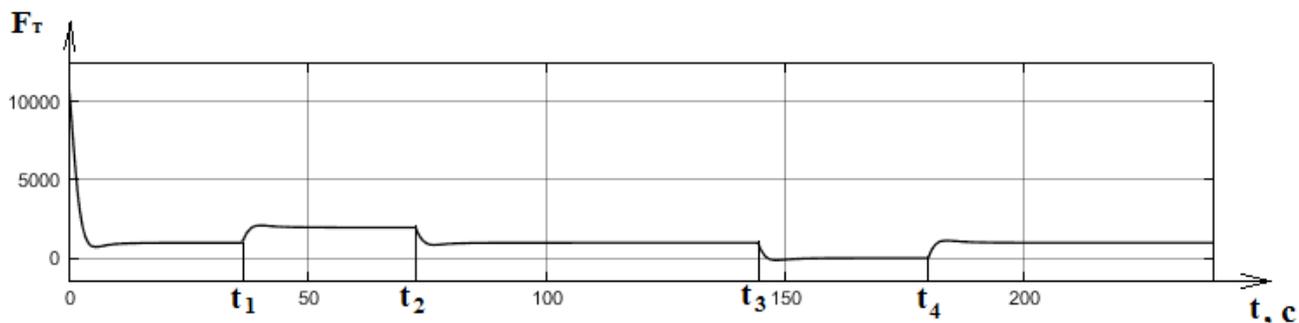


Рис. 6. Результаты расчета силы тяги

Это объясняется тем, что начальная скорость транспортного средства равна нулю, и для достижения заданной скорости автомобилю необходимо сообщить большое количество энергии. На этапе подъема (t_1, t_2) возрастает сила сопротивления движению и скорость начинает уменьшаться. При этом регулятор скорости движения, имитирующий водителя, увеличивает силу тяги и восстанавливает скорость. На этапе спуска (t_2, t_3) сила сопротивления движению уменьшается, скорость увеличивается, регулятор уменьшает силу тяги и скорость восстанавливается до заданного значения.

Результаты исследований, выводы

В результате проведенного исследования была разработана математическая модель шасси транспортного средства, учитывающая изменение энергии, затрачиваемой на передвижение по дороге с учетом подъемов и спусков, а также влияние скоростного режима в заданных условиях. Также модель учитывает сопротивление воздуха, силы трения, воздействующие на агрегаты автомобиля во время движения.

По математической модели составлена имитационная компьютерная модель в программной среде Matlab/Simulink. Результаты моделирования продемонстрировали, что модель позволяет исследовать изменение требуемых параметров. Полученные в ходе численных экспериментов результаты показывают, что при изменении профиля дороги меняется сила сопротивления движению. Это приводит к изменению скорости движения, внося возмущение в установившийся режим. Для компенсации этого возмущения требуется изменение силы тяги, что может быть достигнуто измене-

нием тока в обмотке тягового электродвигателя. Анализируя изменение тока, можно оценить затраты электрической энергии, требуемой для прохождения заданного участка дороги.

Предложенная модель может быть полезна при определении параметров электрического привода электромобиля, анализе электрической системы и исследовании эффективности эксплуатации транспортного средства, оборудованного электрическим двигателем и накопителем энергии, а также при определении емкости аккумуляторов, необходимой для прохождения электромобилем заданного участка.

Список литературы

1. Shen Y., Viehmann A., Rinderknecht S. Investigation of the power losses of the hybrid transmission DE-REX based on modeling and measurement // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. 2019. Т. 233. № 14. 1. С. 3646–3657.
2. Lv L. Detection of transmission system of construction machinery based on virtual technology // International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics. 2019. Т. 2. № 6. С. 39–45.
3. Study on Design of New Kind of Absorber for Under-chassis-equipment of Rail Vehicles / Y. Sun [et al.] // Tiedao Xuebao/Journal of the China Railway Society. 2019. Т. 41. № 4. С. 73–79.
4. Design and analysis of capacity models for Lithium-ion battery / A. Garg [et al.] // Measurement: Journal of the International Measurement Confederation. 2018. Т. 120. С. 114–120.
5. Koopman P., Wagner M. Autonomous Vehicle Safety: An Interdisciplinary Challenge // IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine. 2017. Т. 9. № 1. С. 90–96.



6. Kaushik S. Modeling and simulation of electric vehicle to optimize its cost and range // International Journal of Engineering and Advanced Technology. Т. 8. № 6. С. 415–419.

7. Simulation of rear surface contamination for a simple bluff body / A. P. Gaylard [et al.]

// Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 2017. Т. 165. С. 13–22.

8. Стариков Ю. Н., Коврижных Е. Н. Основы аэродинамики летательного аппарата : учеб. пособие. Ульяновск : УВАУ ГА, 2004. 151 с.

Дасько Георгий Васильевич, магистрант первого года обучения, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: zdasko@mail.ru.

Смирнов Максим Викторович, магистрант первого года обучения, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: smirnovmaxim97@gmail.ru.

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

E-mail: Tinkina_Tanya.97@mail.ru.

Мартьянов Андрей Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: martyanov_andrey@mail.ru.

* * *

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАПСОВОГО МАСЛА КАК БИОДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО

М. В. Запевалов, Н. С. Сергеев, В. С. Зыбалов, М. А. Русанов

Во всем мире, в том числе и в России, ведутся исследования по замене минерального топлива на другое, экологически безвредное топливо. Одним из таких видов уже сейчас может стать биодизельное топливо на основе растительных масел. Для этого могут применяться любые масла, однако наиболее рациональным является топливо на основе рапсового масла, которое применяли еще в древние времена в фонарях для освещения улиц, смазки металлических деталей, контактирующих с водой и паром с целью предотвращения коррозии. В настоящее время его применяют в гидравлических системах тракторов и сельхозмашин. Целью исследования является определение сравнительных эксплуатационных показателей дизельного двигателя при работе на дизельном топливе и топливе на основе рапсового масла. Рапсовое масло существенно отличается от дизельного топлива по вязкости и температуре вспышки, если вязкость дизельного топлива составляет 4,3 мм²/с, то рапсового масла 75,1 мм²/с. Смесь, состоящая из 75% рапсового масла и 25% дизельного топлива, имеет вязкость 36,0 мм²/с, а плотность и низшую теплоту сгорания, близкую к дизельному топливу. В Южно-Уральском ГАУ выполнены исследования по приготовлению смеси рапсового масла с дизельным топливом, в результате которых разработана технологическая линия для приготовления топливной смеси и проведены сравнительные испытания двигателя Д-240 при работе на дизельном минеральном топливе и топливе, состоящем из смеси 75% рапсового масла и 25% дизельного топлива. Установлено, что при номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя 2170 об/мин эффективная мощность двигателя, работающего как на дизельном топливе, так и на смеси рапсового масла с дизельным топливом, составляет 53,3 кВт. При одинаковом крутящем моменте 235 Н/м эффективный расход топливной смеси больше всего на 17 г/кВт ч. Это дает основание для использования данной смеси в качестве топлива дизельного двигателя по энергетическим показателям.

Ключевые слова: масличные культуры, рапсовое масло, биодизельное топливо, свойства, технологическая линия, эффективность, эксперимент, сравнительные показатели.

Рапс как сельскохозяйственная культура известен человечеству более двух тысяч лет. Рапс используется как для пищевых, так и для технических нужд. Посевная площадь рапса в мире постоянно растет. Он возделывается в 50 странах мира на площади свыше 26 млн га. Возделывание рапса распространено в странах с умеренным климатом, наиболее популярен он в Индии, Канаде, Китае, Германии, Франции, Великобритании, Польше. Наибольшие площади рапса находятся в Индии и Канаде. В странах Европейского союза первенство по выращиванию рапса принадлежит Германии и Франции.

Спрос на растительные масла растет во всем мире, в том числе и в России. В связи

с этим увеличивается как посевная площадь масличных культур, так и совершенствуется технология их возделывания. В Челябинской области в структуре масличных культур под яровым рапсом площадь по годам колеблется от 30 до 50 тыс. га. Из-за нарушения технологии его возделывания средняя урожайность семян не превышает 11 ц/га, хотя природно-климатические условия Южного Урала позволяют получать урожайность до 20 ц/га. В 2019 году в Челябинской области площадь под масличные культуры, в том числе и под рапс, составила 205,5 тыс. гектар [1].

Производство сельскохозяйственной продукции связано с высокими затратами энер-



гии. В первую очередь это касается топливо-смазочных материалов. В России в технологии возделывания сельскохозяйственных культур средний расход топлива на один гектар составляет около 50 кг дизельного топлива. Следует отметить, что доля стоимости топлива в себестоимости возделываемой сельскохозяйственной продукции превышает 20%. Таким образом, возрастающие цены на топливо ведут к увеличению себестоимости сельскохозяйственной продукции, а при сдерживании ее цены на рынке к снижению рентабельности хозяйства [2].

Россия является одним из основных поставщиков природных энергоресурсов на мировой рынок. Запас этих ресурсов неограничен, поэтому во всем мире ведутся исследования по применению альтернативных источников энергии. Уже сейчас стоит вопрос о замене минерального топлива на другое топливо, экологически безвредное. Одним из таких видов, по крайней мере, для сельского хозяйства, уже сейчас может стать биодизельное топливо на основе растительных масел [3].

Широкие исследования по применению растительного масла в качестве топлива для дизельных двигателей проводились еще в 70-е годы прошлого столетия. Известно, что молекула жира состоит из соединений трехвалентного спирта глицерина с тремя жирными кислотами, и если к девяти массовым единицам растительного масла добавить одну единицу метанола, то при определенных условиях в результате химической реакции образуется метиловый эфир и глицерин. Метиловый эфир и является биотопливом. Существуют и другие способы его приготовления, например, путем нейтрализации глицерина [4].

Биотопливо можно получать из любого растительного масла, однако наиболее рациональным является топливо на основе рапсового масла.

Рапс – это однолетнее масличное растение из семейства крестоцветных. В зависимости от сорта и условий возделывания в семенах содержится от 30 до 50% масла. Рапсовое масло содержит такие кислоты, как: олеиновая – 43,7%; линолевая – 20,9%; эруковая – 15,4%; линоленовая – 8,5%; пальмитиновая – 4,8%; эйкозеновая – 4,8%; стеариновая – 1,7%. Рапсовое масло является ценным диетическим продуктом, так как содержит достаточно высокое количество

полиненасыщенных жирных кислот, тем не менее, оно широко используется на технические нужды. Еще в древние времена рапсовое масло применялось в фонарях для освещения улиц, смазки металлических деталей, контактирующих с водой и паром, с целью предотвращения коррозии. В настоящее время его применяют в гидравлических системах тракторов и сельхозмашин. Это также отличное сырье для производства разлагаемой пластмассы и экологического топлива для тепловых двигателей. Если минеральное масло попадет на почву, то растения погибают и прорасти на этом месте не могут в течение нескольких лет. Рапсовое же масло не обладает бензоловым запахом, а при попадании в почву или воду не причиняет вреда ни растениям, ни живым организмам. Обладает коротким периодом распада (28–30 дней). Оно почти не содержит серы, в то время как при сгорании минерального дизельного топлива ее выделяется около 0,5%. При сгорании выделяется столько углекислого газа, сколько было потреблено растением из атмосферы для производства масла за весь период его жизни. Обладает хорошими смазочными показателями, что способствует увеличению срока службы топливного насоса и самого двигателя [5]. Повышенная температура воспламенения рапсового масла обеспечивает его пожарную безопасность. Все это говорит о рациональности применения рапсового масла в качестве топлива дизельных двигателей, которое может быть приготовлено в условиях сельскохозяйственного предприятия, с себестоимостью ниже закупочной цены минерального дизельного топлива.

Цель исследования: определение сравнительных эксплуатационных показателей дизельного двигателя при работе на дизельном топливе и топливе на основе рапсового масла.

Задачи исследования:

1. Обосновать техническую целесообразность применения рапсового масла в качестве топлива дизельного двигателя.
2. Разработать схему технологической линии для приготовления топливной смеси. Приготовить топливную смесь рапсового масла с дизельным топливом.
3. Провести сравнительные испытания дизельного двигателя при работе на дизельном топливе и смеси рапсового масла с дизельным топливом.

Материалы и методы

Несмотря на имеющиеся отличия физико-химических свойств рапсового масла и дизельного топлива (табл. 1), в настоящее время все большее применение рапсовое масло получает в качестве основного компонента при приготовлении биодизельного топлива [6].

Эти два компонента хорошо смешиваются, а полученная смесь имеет свойства, которые позволяют ее сжигать в дизельном двигателе без изменения его конструкции. Рапсовое масло существенно отличается от дизельного топлива по вязкости и температуре вспышки, если вязкость дизельного топлива составляет 4,3 мм²/с, то рапсового масла 75,1 мм²/с. Смесь 75% рапсового масла и 25% дизельного топлива имеет вязкость 36,0 мм²/с, плотность 891 кг/м³ и низшую теплоту сгорания 38,375 мДж/кг, то есть близкие к дизельному топливу.

Результаты исследований

В Южно-Уральском ГАУ проведены исследования по приготовлению смеси рапсового масла с дизельным топливом и сравнительные исследования двигателя Д-240 при работе на дизельном минеральном топливе и топливе из смеси, состоящей из 75% рапсового масла и 25% дизельного топлива. При приготовлении смеси необходимо обеспечить точное дозирование компонентов и их равномерное смешивание. Анализ существующих технологий дозирования жидкостей показывает, что наиболее распространенным является объемное дозирование, для обеспечения которого применяются различные способы и технические

средства, отличающиеся функциональностью и сложностью применяемых конструкций. При разработке технологического процесса приготовления топливной смеси ставилась задача по обеспечению его надежности и простоты конструкций при соблюдении заданной точности дозирования и равномерности смешивания. В связи с этим разработана технологическая линия для приготовления топливной смеси (рис. 1). Линия состоит из емкости для хранения рапсового масла 1, емкости для хранения минеральных компонентов 2, центробежных насосов 3, емкостей постоянного уровня масла и минеральных компонентов 4, трубопроводов подачи жидкости 5, обратных трубопроводов 6, электромагнитных клапанов 7, щелевых дозаторов жид-

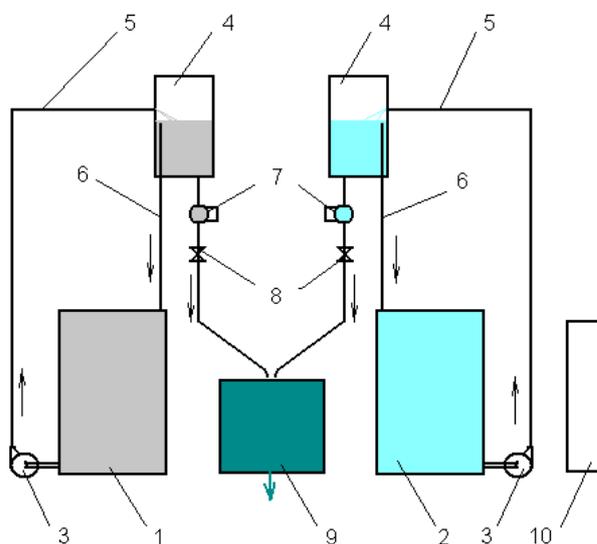


Рис. 1. Схема технологической линии для приготовления топливной смеси

Таблица 1 – Физико-химические свойства рапсового масла и дизельного топлива

№ п/п	Параметры	Рапсовое масло	Дизельное топливо
1	Содержание, % С; Н; О	78,0; 11,5; 10,5	85,2; 13,7; 1,1
2	Плотность при 15 °С, кг/м ³	917	800...845
3	Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с	42,1	1,5...4,0
4	Динамическая вязкость при 20 °С, Па/с	68,7·10 ⁻³	3,15·10 ⁻³
5	Поверхностное натяжение, н/м	33,2·10 ⁻³	27,1·10 ⁻³
6	Низшая теплота сгорания, мДж/м ³	36,992	42,437
7	Цетановое число	36...55	46...49
8	Температура вспышки, не ниже, °С	100	55
9	Температура застывания, °С	-23	-10; -35; -45; -55
10	Содержание серы, %	0,005	0,5
11	Коксуемость 10%-го остатка, не более %	0,4	0,3



кости 8, центробежного-роторного смесителя 9, пульта управления 10. Устройство работает следующим образом. Из емкостей для хранения 1 и 2 масло и минеральные компоненты центробежными насосами 3 по трубопроводам 5 подаются в емкости постоянного уровня 4.

При заполнении емкостей жидкостью до установленного уровня избыточная жидкость по обратному трубопроводу самотеком поступает в свои емкости. При включении смесителя

жидкости 9 электромагнитные клапаны 7 открываются, и жидкости поступают в щелевые дозаторы жидкости 8, дозирующие в определенной пропорции. Далее жидкости подаются в устройство для смешивания 9. Готовая топливная смесь по трубопроводу подается в накопительную емкость.

Для обеспечения качественного смешивания жидкостей было разработано и запатентовано устройство для смешивания жидкостей

Таблица 2 – Результаты испытаний дизельного двигателя Д-240 при работе с регулятором на дизельном топливе

№ п/п	Наименование параметра и размерность	Обозн. параметра	Номер опыта						
			1	2	3	4	5	6	7
1	Частота вращения вала двигателя, об/мин	n	2350	2300	2270	2200	2170	2000	1650
2	Нагрузка на тормозе, кг	P_T	0	17,0	29,0	33,0	33,5	35,0	39,0
3	Расход топлива за опыт, г	ΔG_T	50	100	100	100	100	100	100
4	Продолжительность опыта, с	T	43	41	30	25,5	26,5	30,5	31,8
5	Показания U-образного манометра, мм	Δh	162	160	158	150	141	133	91
6	Давление масла, МПа	P_M	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2
7	Температура масла, °С	t_M	76	82	85	89	90	94	95
8	Температура охлаждающей жидкости, °С	$t_{ж}$	72	74	78	80	82	82	83
9	Температура отработавших газов, °С	t_r	172	285	435	450	555	560	560
10	Давление атмосферное, кПа	$B_{окр}$	96	96	96	96	96	96	96
11	Температура окружающего воздуха, °С	$t_{окр}$	21	22	22	22	22	23	23
12	Часовой расход топлива, кг/ч	G_T	4,2	8,8	12,0	14,1	13,6	11,8	11,3
13	Цикловая подача топлива, мг/цикл	$g_{ц}$	14,8	31,8	44,1	53,5	52,2	49,2	57,2
14	Плотность воздуха, кг/м ³	$\rho_{окр}$	1,1363	1,1325	1,1325	1,1325	1,1325	1,1286	1,1286
15	Действительный расход воздуха, кг/ч	G_B	326	324	322	313	304	295	244
16	Теоретический расход воздуха, кг/ч	G_{BT}	381	373	368	356	352	324	267
17	Коэффициент наполнения	ηV	0,86	0,87	0,87	0,88	0,86	0,91	0,91
18	Коэффициент избытка воздуха	a	5,44	2,58	1,87	1,55	1,56	1,75	1,51
19	Усл. среднее давление мех. потерь, МПа	P_M	0,23	0,22	0,22	0,22	0,21	0,20	0,17
20	Условная мощность мех. потерь, кВт	N_M	21,2	20,4	19,9	18,8	18,4	15,8	11,2
21	Крутящий момент, Н м	M_K	0	119	203	231	235	249	273
22	Среднее эффективное давление, МПа	Pe	0	0,31	0,54	0,61	0,62	0,66	0,72
23	Эффективная мощность, кВт	Ne	0,0	28,7	48,3	53,2	53,3	52,0	47,2
24	Удельный эффективный расход топлива, г/кВт ч	g_e		306	249	265	255	227	240
25	Среднее индикаторное давление, МПа	P_i	0,23	0,54	0,76	0,83	0,83	0,86	0,89
26	Индикаторная мощность, кВт	N_i	21,2	49,1	68,2	72,0	71,6	67,9	58,4
27	Удельный индикаторный расход топлива, г/кВт	g_i	197	179	176	196	190	174	194
28	Индикаторный КПД	η_i	0,44	0,48	0,49	0,44	0,46	0,50	0,45
29	Механический КПД	η_m	0,00	0,58	0,71	0,74	0,74	0,77	0,81

разной вязкости, представляющее собой центробежно-роторный смеситель [7]. Конструкция технологической линии проста в обслуживании и надежна в эксплуатации.

Сравнительные испытания двигателя Д-240 проводились в специализированной лаборатории ЮУрГАУ при работе с регулятором на электрическом обкаточно-тормозном стенде КИ-5543-ГОСНИТИ. Результаты испытаний представлены в таблицах 2 и 3.

Из результатов испытаний видно, что при номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя 2170 об/мин эффективная мощность двигателя, работающего как на дизельном топливе, так и на смеси рапсового масла с дизельным топливом, составляет 53,3 кВт. Одинаковый также крутящий момент 235 Н/м, а удельный эффективный расход топливной смеси больше всего на 17 г/кВт ч. Это дает основание для использования данной смеси в ка-

Таблица 3 – Результаты испытаний дизельного двигателя Д 240 при работе с регулятором на смеси 75 % рапсового масла и 25 % дизельного топлива

№ п/п	Наименование параметра и размерность	Обозн. параметра	Номер опыта						
			1	2	3	4	5	6	7
1	Частота вращения вала двигателя, об/мин	n	2350	2300	2270	2200	2170	2000	1650
2	Нагрузка на тормозе, кг	P_T	0	14,0	26,5	32,5	33,5	35,0	38,5
3	Расход топлива за опыт, г	ΔG_T	50	100	100	100	100	100	100
4	Продолжительность опыта, с	T	41	39	28,5	24,5	24,8	25,7	28,8
5	Показания U-образного манометра, мм	Δh	160	159	156	146	145	132	91
6	Давление масла, МПа	P_m	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2
7	Температура масла, °С	t_m	77	82	86	88	91	93	95
8	Температура охлаждающей жидкости, °С	$t_{ж}$	74	75	77	80	81	82	84
9	Температура отработавших газов, °С	t_r	172	285	435	520	535	531	556
10	Давление атмосферное, кПа	$B_{окр}$	96	96	96	96	96	96	96
11	Температура окружающего воздуха, °С	$t_{окр}$	21	22	22	22	22	23	23
12	Часовой расход топлива, кг/ч	G_T	4,4	9,2	12,6	14,7	14,5	14,0	12,5
13	Цикловая подача топлива, мг/цикл	$g_{ц}$	15,6	33,4	46,4	55,7	55,7	58,4	63,1
14	Плотность воздуха, кг/м ³	$\rho_{окр}$	1,1363	1,1325	1,1325	1,1325	1,1325	1,1286	1,1286
15	Действительный расход воздуха, кг/ч	G_b	324	323	320	309	308	294	244
16	Теоретический расход воздуха, кг/ч	$G_{вт}$	381	373	368	356	352	324	267
17	Коэффициент наполнения	ηV	0,85	0,87	0,87	0,87	0,88	0,91	0,91
18	Коэффициент избытка воздуха	a	5,15	2,44	1,77	1,47	1,48	1,47	1,37
19	Усл. среднее давление мех. потерь, МПа	P_M	0,23	0,22	0,22	0,22	0,21	0,20	0,17
20	Условная мощность мех. потерь, кВт	N_m	21,2	20,4	19,9	18,8	18,4	15,8	11,2
21	Крутящий момент, Н м	M_k	0	98	186	228	235	245	270
22	Среднее эффективное давление, МПа	P_e	0	0,26	0,49	0,60	0,62	0,65	0,71
23	Эффективная мощность, кВт	N_e	0	23,6	44,1	52,4	53,3	51,3	46,6
24	Удельный эффективный расход топлива, г/кВт ч	g_e		391	286	280	272	273	268
25	Среднее индикаторное давление, МПа	P_i	0,23	0,48	0,71	0,82	0,83	0,85	0,88
26	Индикаторная мощность, кВт	N_i	21,2	44,0	64,0	71,2	71,6	67,1	57,8
27	Удельный индикаторный расход топлива, г/кВт	g_i	207	210	197	206	203	209	216
28	Индикаторный КПД	η_i	0,42	0,41	0,44	0,42	0,43	0,42	0,40
29	Механический КПД	η_m	0,00	0,54	0,69	0,74	0,74	0,76	0,81



честве топлива дизельного двигателя по энергетическим показателям.

Выводы

1. Для обеспечения точного дозирования и равномерного смешивания рапсового масла и дизельного топлива при приготовлении топливной смеси для дизельного двигателя разработана технологическая линия, включающая запатентованное устройство для смешивания жидкостей разной вязкости.

2. Приготовлена топливная смесь для дизельного двигателя, состоящая из 75% рапсового масла и 25% дизельного топлива.

3. На электрическом обкаточно-тормозном стенде КИ-5543-ГОСНИТИ проведены сравнительные испытания двигателя Д-240, при работе на дизельном топливе и топливной смеси рапсового масла с дизельным топливом.

4. Испытания показали, что при номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя 2170 об/мин эффективная мощность двигателя, работающего как на дизельном топливе, так и на смеси рапсового масла с дизельным топливом, составляет 53,3 кВт. Одинаковый также крутящий момент 235 Н/м, а удельный эффективный расход топливной смеси больше всего на 17 г/кВт ч. Данная топливная смесь по энергетическим показателям не уступает минеральному дизельному топливу.

Список литературы

1. Зыбалов В. С. Яровой рапс – культура больших возможностей на Южном Урале // АПК России. 2019. Т. 26. № 5. С. 755–762.

2. Зыбалов В. С., Кожамкулова Я. С. Анализ химического состава и физических свойств подсолнечного и рапсового масла. Челябинск : ЧГАА, 2013. С. 33–38.

3. Зыбалов В. С., Сергеев Н. С., Запечалов М. В. Рациональное использование рапса в сельскохозяйственном производстве // АПК России. 2019. Т. 26. № 2.

4. Рапс озимый и яровой (практическое руководство). М. : Госагрокомитет, 1988. 44 с.

5. Рапсовое масло как альтернативное топливо для дизеля / В. А. Марков, А. И. Гайворонский, С. Н. Девянин, Е. Г. Пономарев // Автомобильная промышленность. 2006. № 2.

6. Жосан А. А., Рыжов Ю. Н., Курочкин А. А. Сравнительные физико-химические свойства дизельного топлива из рапсового масла // Инженерно-техническое обеспечение развития в АПК. Вестник ОрелГАУ. Ч. 11.

7. Пат. на изобр. № 2342985, РФ. Устройство для смешивания жидкостей разной вязкости / М. В. Запечалов, Н. С. Сергеев, С. П. Маринин ; опубл. 10.01.2009, Бюл. № 1.

Запечалов Михаил Вениаминович, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, и технология и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: mv.zapevalov@mail.ru.

Сергеев Николай Степанович, 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: s.n.st@mail.ru.

Зыбалов Владимир Степанович, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры «Тракторы, сельскохозяйственные машины и земледелие», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: Zybalov74@mail.ru.

Русанов Михаил Алексеевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Тракторы, сельскохозяйственные машины и земледелие», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: nich_csaa@mail.ru.

* * *

УДК 631.3:621.791.92

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ АКТИВНОГО ПЯТНА ДУГИ

Н. Машрабов, Е. В. Шаманова, Е. А. Осенних, А. С. Меньшенин

Разработана методика определения длины и ширины активного пятна дуги в зависимости от частоты вращения детали, на основании которой выявлены корреляционные зависимости для последующих расчетов с применением программы «Тепло-б».

Ключевые слова: источник теплоты, скорость движения, активное пятно дуги, поверхность детали, электрод, методика.

Основные (количественные и качественные) показатели теплового расчета в основном зависят от выбранных переменных входных параметров, теплового расчета, которые приведены в таблице 1 (от числа источников теплоты, охладителя и др. численность входных параметров изменится).

Главные признаки источника теплоты при аргоно-дуговой наплавке, закалке, мехобработке надлежащие:

а) по месторасположению источника относительно изделий, участвующих в процессе нагрева – внешнее;

б) по времени действия по критерию Фурье F_0 [1, 2] $F_0 = \omega (\text{см}^2/\text{с}) \cdot \tau (\text{с}) / \ell^2 (\text{см}^2) =$

$= 100 \omega (\text{см}^2/\text{с}) \tau (\text{с}) / \ell^2 (\text{мм}^2)$, где ω – коэффициент температуропроводности материала изделия, ℓ – характерный размер источника, τ – время, по данному показателю рассматриваемый источник возможно отнести к источникам, действующим в течение конечного интервала времени;

в) по скорости перемещения, определенной на основании безразмерного критерия Пекле, P_e [1, 2] $P_e = v (\text{см}/\text{с}) \ell (\text{см}) / \omega (\text{см}^2/\text{с}) = 1/6 v (\text{м}/\text{мин}) \ell (\text{мм}) / \omega (\text{см}^2/\text{с})$, где v – скорость движения источника, при $v \leq 30 \text{ см}/\text{с}$ ($P_e \leq 10$) источник теплоты называется движущимся с любой скоростью, а при движении $v \geq 30 \text{ см}/\text{с}$ ($P_e \geq 10$) источник теплоты является быстро-



движущимся, при этом теплота не распространяется впереди по направлению движения источника, а только под источником и сзади него;

г) при нагревании более мощным быстродвижущимся источником тепловой энергии нагретая область поверхности детали проходит узкой полосой (впоследствии изотермы будут сужаться) по ходу его движения по поверхности детали машин, т.е. происходит распространение в основном в направлении, перпендикулярном оси движения источника теплоты [2–6].

К примеру, при перемещении точечного источника со скоростью 0,05 см/с температура 600 °С достигается на расстоянии 20 мм от источника, а при источнике, передвигающемся со скоростью 0,4 см/с, данная температура станет достижима лишь на расстоянии 10 мм от оси движения источника [6, с. 93], при данном увеличении скорости движения соответственно уменьшается ширина активного пятна дуги [7, 8]. Изучая воздействие геометрии вольфрамового электрода на некоторые свойства сварочной

Таблица 1 – Входные параметры для определения теплового поля

Название параметра	Условное обознач.	Единица измерения
Элементарные участки, их кол-во: а) по длине радиуса	n	ед.
б) по окружности	m	ед.
в) по длине вала	M	ед.
Радиус образца	R	м
Длина детали (участка)	$L_{дет}$	м
Скорость вращения детали	$W_{вращ}$	об/с
Скорость подачи вдоль оси образца	$W_{прод}$	м/с
Время действия дуги	dt	с
Теплоемкость детали	c	Дж/м ³ ·град
Теплопроводность детали	q	Дж/м·с·град
Теплоотдача на границе: а) по боковой поверхности	$\alpha_{бок}$	Дж/м ² ·с·град
б) с правого торца	$\alpha_{прав}$	Дж/м ² ·с·град
в) с левого торца	$\alpha_{лев}$	Дж/м ² ·с·град
Количество теплоисточников		ед.
Мощность источника тепла	Q	Дж/м ² ·с
Ширина источника тепла	a	м
Длина источника тепла	b	м
Расстояние: а) от правого торца	$z_{прав}$	м
б) влево от образующей	$z_{лев}$	м
Количество хладоисточников	$n_{хлад}$	ед.
Теплоотдача хладоисточника	$\alpha_{хлад}$	Дж/м ² ·с·град
Температура хладоисточника	$T_{хлад}$	°С
Ширина хладоисточника	$a_{хлад}$	м
Расстояние от правого торца	$z_{прав}^*$	м
Температура воздуха в помещении	$T_{окр}$	град
Начальная температура	$T_{нач}$	град
Температура на начало движения источника тепла вдоль оси детали	$T_{движ}$	°С
Мощность источника после начала движения	$Q_{движ}$	Дж/м ² ·с
Время работы источника или число оборотов	$t_{наг}^{\circ} n_{наг}$	с или к-во бор.
Время охлаждения (свободное) или число оборотов	$t_{охл}^{\circ} n_{охл}$	с или к-во бор.
Время охлаждения (принудит.) или число оборотов	$t_{охл}^* n_{охл}^*$	с или к-во бор.

дуги, авторы работы [7] выявили, что с увеличением притупления и угла заточки электрода распределение термической струи переходит от гауссовой кривой к прямоугольной. При написании расчета процессов в разных областях дуги приняты допущения о том, что распределение тока считать равномерным по активным пятнам дуги, а поле в данных областях принято плоским [9, с. 151]; д) в рассмотренных методиках наплавки и обработки геометрические и технологические характеристики в процессе технологического процесса остаются неизменными, следовательно, тепловая мощность дуги (количество теплоты, образующейся в единицу времени и на единицу площади для двумерного источника) считается размеренно распределенной, а интенсивность q не зависит от координат источника и времени действия. При этом интенсивность такого источника определяется по следующей формуле: $q = Q/F$ (кал/см² с) [1, с. 8].

Вышесказанное позволяет утверждать, что источник – двухмерная цилиндрической форма, ограниченная в двух направлениях.

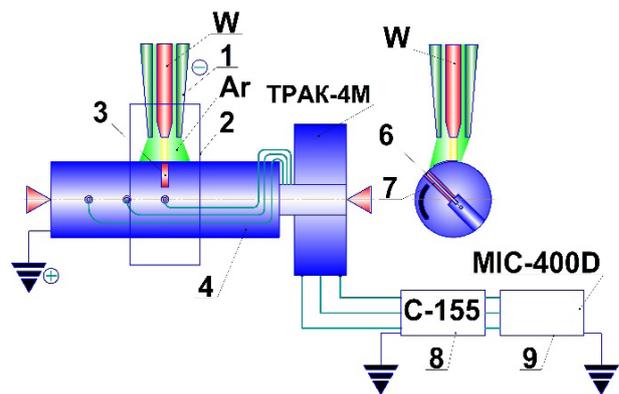
Размеры двумерного источника непосредственно зависят от геометрических параметров токопроводящего пятна дуги: ширины и длины. Под пятном дуги принято понимать площадь токопроводящей зоны на элементарной поверхности детали. Для выяснения особенностей процесса необходимо провести эксперимент для определения действительных данных о ширине и длине токопроводящего пятна дуги, поскольку в литературе подобные данные отсутствуют. Методика определения длины и ширины токопроводящего пятна при действии мощного источника тепловой энергии на поверхности нагреваемой детали приведена ниже. В работах [3, 5, 6] для определения размера активного пятна нагрева приведены расчетные формулы, например: $R_n = 1/\sqrt{k}$, где k – коэффициент сосредоточенности ввода тепла. Для электрической дуги с вольфрамовым электродом в среде инертного газа аргона $k = 6 \dots 16$ (1/см²), тогда $D = 2,3 \dots 4$ мм, а по данным [3, 6] площадь активного пятна дуги определяется по формуле $F_a = I/I_a$, где $I = 450$ А – значение силы тока в рассматриваемых процессах, $I_a = 1000$ А/см² – плотность тока. Тогда $F_a = 0,4$ см², что соответствует $R_n = 3,57$ мм.

Для определения габаритов активного пятна дуги (АПД) известна методика [10], схема измерения которой указана на рисунке 1.

Для эксперимента используются: универсальный токарный – станок, обеспечивающий вращательное движение детали и продольную подачу S ; стандартная аргоновая горелка, установленная на суппорте станка. Процесс обеспечивается посредством пульта управления, устройства для подачи аргона; выпрямителем сварочным типа ВДУ-506.

Согласно методике, деталь 4 зажимают в патроне токарного станка и проводят измерения при необходимой частоте вращения. Основной неплавящийся вольфрамовый электрод 2 закрепляют на суппорте станка, с учетом изоляции, под прямым углом по отношению к вектору линейной скорости вращения детали. Сварочное напряжение подведено к основному вольфрамовому электроду 1 и детали 4.

Характеристика источника питания – падающая; полярность – прямая; рабочее напряжение находится в пределах – 11...13 В; ток дуги – 380...450 А; материал образца – 45; диаметр образца – 40 мм; частота вращения образца может варьироваться в соответствии с паспортными данными станка. Вольфрамовый электрод 1 диаметром 4 мм установлен на расстоянии 2 мм от детали; дополнительный вольфрамовый электрод диаметром 2 мм, заточенный под острым углом, установлен в образце, расход защитного газа аргона составляет – 0,16 л/с.



- 1 – аргоно-дуговая горелка; 2 – защитный кожух;
- 3 – пятно дуги; 4 – образец; 5 – ртутный токосъемник «Трак-4М»; 6 – дополнительный (измерительный) электрод; 7 – керамический изолятор; 8 – осциллограф;
- 9 – многофункциональный измерительный комплекс МИС 400D

Рис. 1. Схема для измерения размеров активного пятна дуги



Последовательность измерения АПД. Запускается станок, создается вращение детали, потом подается аргон и напряжение на электрод и деталь. Зажигается электрическая дуга между вольфрамовым электродом и деталью. При вхождении измерительного электрода в зону воздействия АПД и при выходе из него в цепи образуется напряжение (как по ширине, так и по длине); данный сигнал через «Трак-4М» подается в осциллограф или в измерительный комплекс МИС 400D (рис. 2).

Из приведенного фрагмента осциллограммы видно, что время нахождения измерительного электрода в зоне действия АПД составляет 60 миллисек (цена деления шкалы осциллографа равна 20 миллисек).

Зная значения линейной скорости, подачу вдоль оси детали, скоростные показатели видеосъемки, с помощью тарировочных графиков устанавливают время нахождения измерительного вольфрамового электрода в зоне активного действия электрической дуги. Результаты проведенных экспериментальных исследований

согласно методике по определению параметров АПД представлены в таблице 2.

Полученные экспериментальные данные геометрических размеров АПД при определенной линейной скорости детали позволили установить корреляционную зависимость между ними.

На рисунке 3 приведен график выявленной зависимости (в виде степенной функции $y = A \cdot x^B$) между отношением длины дуги к ширине АПД от линейной скорости детали.

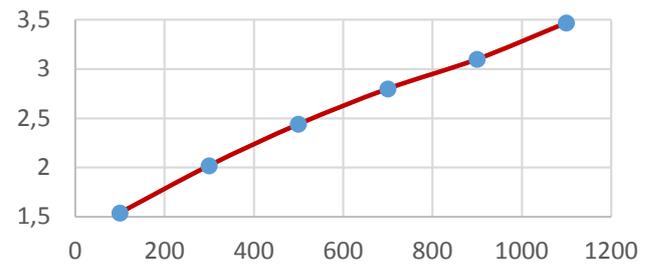
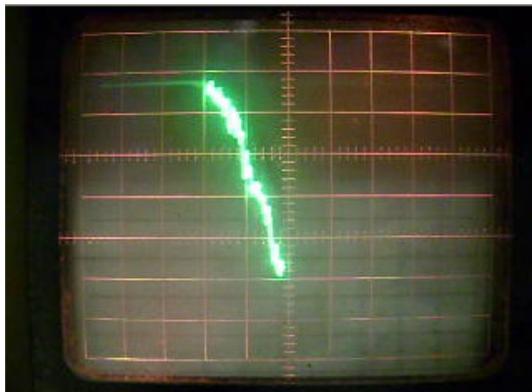
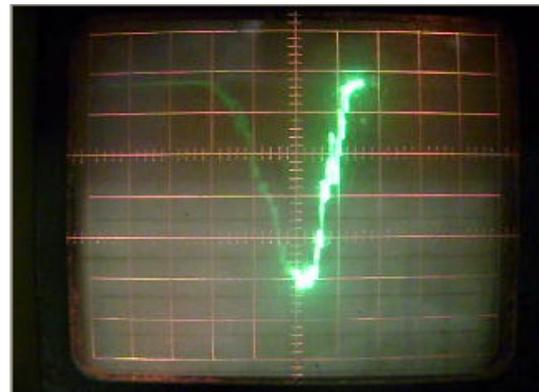


Рис. 3. Зависимость отношения длины на ширину дуги от частоты вращения $y = 0,3157 \cdot x^{0,3349}$ ($R_{xy} = 0,996895$), ($R^2 = 0,98$)



а

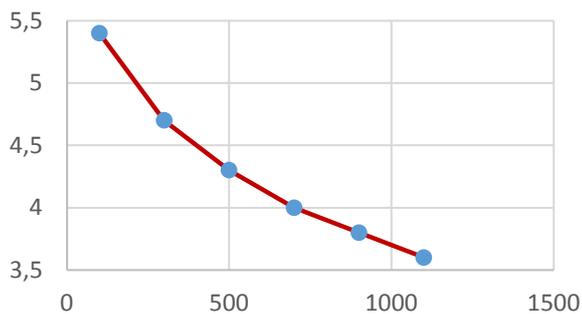


б

Рис. 2. Фрагмент осциллограммы при определении времени нахождения измерительного электрода в зоне АПД: а, б – соответственно момент входа и выхода измерительного электрода в зону и из зоны действия дуги

Таблица 2 – Определение габаритных размеров источника тепла

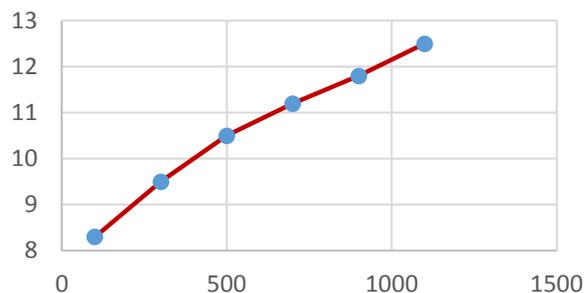
Частота вращения детали (линейная скорость детали), об/мин (см/с)	Отношение длины источника тепла к его ширине						Сред. значение	Ширина и длина, мм
	Номера опытов							
	1	2	3	4	5			
100 (20,93)	1,46	1,59	1,57	1,60	1,48	1,54	5,4×8,3	
300 (62,8)	2,03	2,06	2,09	1,98	1,94	2,02	4,7×9,5	
500 (104,67)	2,40	2,39	2,38	2,50	2,53	2,44	4,3×10,5	
700 (146,53)	2,86	2,77	2,89	2,73	2,75	2,80	4,0×11,2	
900 (188,40)	3,14	3,17	3,19	3,01	2,99	3,10	3,8×11,8	
1100 (230,26)	3,46	3,41	3,49	3,55	3,44	3,47	3,6×12,5	



$$y = -2 \cdot 10^{-6} \cdot x^2 + 0,0063 \cdot x + 7,7365$$

$$(R_{xy} = 0,990377), (R^2 = 0,998)$$

а



$$y = 10^{-6} \cdot x^2 - 0,0035 \cdot x + 5,6871$$

$$(R_{xy} = 0,966988), (R^2 = 0,994)$$

б

Рис. 4. Зависимость ширины (а) и длины (б) АПД от частоты вращения детали

На рисунке 4 приведены ширины и длины АПД от частоты вращения детали и зависимость в виде полинома с соответствующими характеристиками.

Заключение

- Разработана общая методика определения и схема измерения линейных размеров АПД.
- Определены габаритные размеры источника теплоты в зависимости от частоты вращения детали.
- Полученные корреляционные зависимости позволяют определить размеры АПД для последующих тепловых расчетов с помощью программы продукта «Тепло-6».

Список литературы

1. Резников А. Н. Теплофизика резания. М. : Машиностроение, 1969. 288 с.
2. Резников А. Н. Тепловые процессы в технологических системах. М. : Машиностроение, 1990. 288 с.
3. Петров Г. Л., Тумарев А. С. Теория сварочных процессов. М. : Высш. шк., 1977. 392 с.

4. Махненко В. И., Кравцов Т. Г. Тепловые процессы при механизированной наплавке деталей типа круговых цилиндров. Киев : Наукова Думка, 1976.

5. Теория сварочных процессов / под ред. В. В. Фролова. М. : Высш. шк., 1988. 559 с.

6. Рыкалин Н. Н. Расчеты тепловых процессов при сварке. М. : Машгиз, 1951.

7. Влияние геометрии вольфрамового катода на некоторые характеристики сварочной дуги и проплавление металла / А. А. Ерохин [и др.] // Сварочное производство. 1971. № 12. С. 17–19.

8. Влияние теплового потока и давления дуги на предельную скорость сварки / Г. Г. Чернышев, В. Л. Ковтун // Сварочное производство. 1985. № 2. С. 14–15.

9. Лесков Г. И. Электрическая сварочная дуга. М. : Машиностроение, 1970. 335 с.

10. Машрабов Н., Игнатъев Г. С. Методика определения геометрических размеров активного пятна дуги при высокоскоростной аргонодуговой наплавке // Тр. ГОСНИТИ. 2011. Т. 107. Ч. 2. С. 102–104.

Машрабов Нематулла, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: nmashrabov@yandex.ru.

Шаманова Елена Владимировна, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: elena-shamanova@mail.ru.



Осенних Евгений Александрович, аспирант, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: Osen_74tehno.ru@mail.ru.

Меньшенин Александр Сергеевич, магистрант, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: jibrilfl@gmail.com.

* * *

УДК 664.08:664.036

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КАМЕРНЫХ ПЕЧЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ

В. М. Сандалов, С. А. Панишев

В рамках модернизации электрооборудования предложена непрерывная система регулирования температуры камерной печи. Разработана модель печи в программном комплексе VisSim, выполнены расчеты точности стабилизации температуры для релейного и цифрового регуляторов. Показано, что реализация ПИД-регулятора на базе терморегулятора ТРМ-101 позволяет повысить точность поддержания температуры во всех режимах до уровня $\pm 0,2$ °С.

Ключевые слова: камерная печь, термообработка, релейное регулирование, импульсное регулирование.

Промышленные предприятия выпускают множество изделий из металла. Важной составляющей технологического процесса является термическая обработка металла. Технологический процесс требует поддержания температуры на уровне ± 5 °С от 1100 °С. Химические и физические процессы, протекающие при термообработке, обуславливают состав и характеристику образующихся фаз, их соотношение, размер, форму и взаимное расположение структурных элементов, изменение массы и объема тела. Тем самым эти процессы определяют весь комплекс физических, механических и химических свойств, а также получение изделий заданных размеров и форм.

Также печи широко используются в агропромышленном комплексе для сушки плодов, овощей, зерна, рыбы, мяса и т. д.; при получении удобрений; для обогрева различных технологических помещений, для производства мяса птицы, субпродуктов, колбасных изделий, мясных полуфабрикатов, цыплят и кормов и т. д.

Цикл термообработки изделий состоит из периодов нагрева, выдержки в области максимальных температур и охлаждения.

подавляющее большинство печей на предприятиях обеспечивают релейный закон управления, который позволяет управлять только двумя крайними положениями силового коммутатора – «включено» и «выключено».



В стандартных регуляторах температуры отсутствует контроль температуры на нагревательных элементах печи. Это приводит к их перегреву и существенному снижению срока службы. Для решения этой проблемы целесообразно разрабатывать модели, позволяющие сэкономить время на подборке оптимальных динамических характеристик, а также настройке регулятора с ограничением температуры нагревательных элементов.

Зона нечувствительности современных терморегуляторов может быть сделана весьма малой и доведена до 0,1–0,2 °С. Однако действительные колебания температуры печи могут быть во много раз большими из-за инерционности печи, а также динамического запаздывания в системе регулятор – печь.

Основным источником этого запаздывания является инерция датчика – термопары. Чем больше это запаздывание, тем больше колебания температуры нагревателя превышают зону нечувствительности регулятора. Так, стандартная термопара в фарфоровом наконечнике с защитным чехлом имеет запаздывание около 20–60 с.

Можно достичь уменьшения запаса мощности, если печь не включать и выключать, а переключать с одной ступени мощности на другую.

Для того чтобы осуществить такое переключение, необходимо иметь возможность регулировать мощность печи. Такое регулирование может быть осуществлено следующими способами.

1) Переключение нагревателей печи, например, с «треугольника» на «звезду». Грубое регулирование связано с нарушением равномерности температуры и применяется лишь в бытовых электронагревательных приборах.

2) Включение последовательно с печью регулируемого активного или реактивного сопротивления. Этот способ связан с очень большими потерями энергии.

3) Питание печи через регулировочный трансформатор или автотрансформатор. Регулирование ступенчатое и сравнительно грубое. Имеют место дополнительные потери (в трансформаторе).

4) Фазовое регулирование с помощью полупроводниковых приборов. В этом случае питание печи осуществляется через тиристоры,

угол включения которых изменяется системой управления. Таким путем можно получить плавное регулирование мощности печи в широких пределах почти без дополнительных потерь [1].

Самый эффективный из всех способов регулирования температурного режима в электрических печах – импульсное регулирование с использованием тиристорных регуляторов.

Электрическая печь сопротивления с точки зрения управления представляет собой сложную систему, состоящую из нагревательных элементов, на которые поступает мощность футеровки, обеспечивающей теплоизоляцию от окружающей среды, воздушного пространства печи, в котором находится нагреваемое изделие и термопреобразователя (датчика температуры, устанавливаемого в пространстве печи). Все элементы системы взаимодействуют друг с другом, оказывая влияние путем изменения поступающих возмущений. Кроме того, каждый элемент имеет свои теплотехнические характеристики и особенности теплоотдачи.

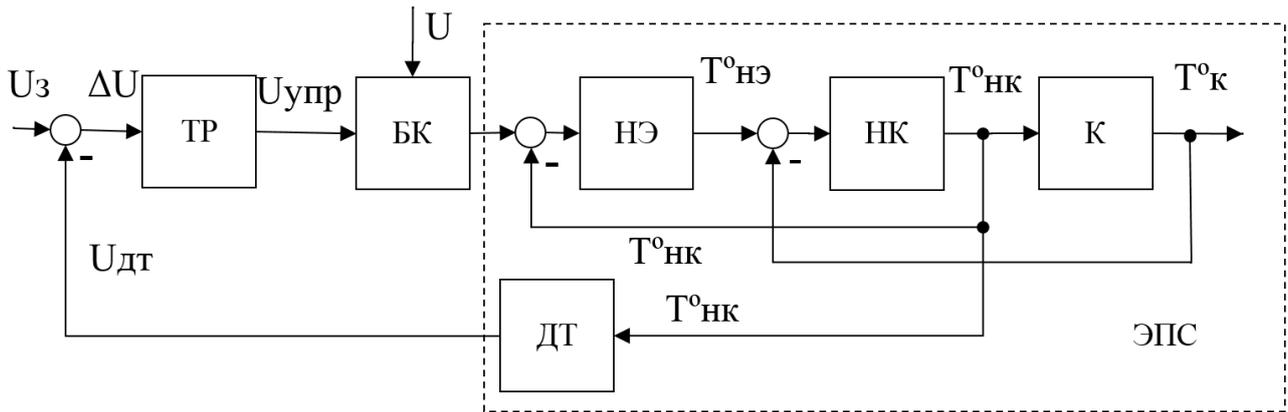
На рисунке 1 представлена структурная схема ЭПС.

Все элементы модели взаимодействуют с помощью обратных связей. Так, нагревательные элементы отдают тепло в нагревательную камеру, а она в свою очередь, имея меньшую температуру, отнимает у нагревательного элемента теплоту, не давая ему разогреться. Такие же процессы происходят и в случае с нагревательной камерой и корпусом печи. Температура окружающей среды учитывается в модели как возмущающее воздействие, поступающее на вход звена.

Параметры элементов, входящих в модель ЭПС, рассчитываются на основе законов теплопередачи или определяются на основе экспериментов.

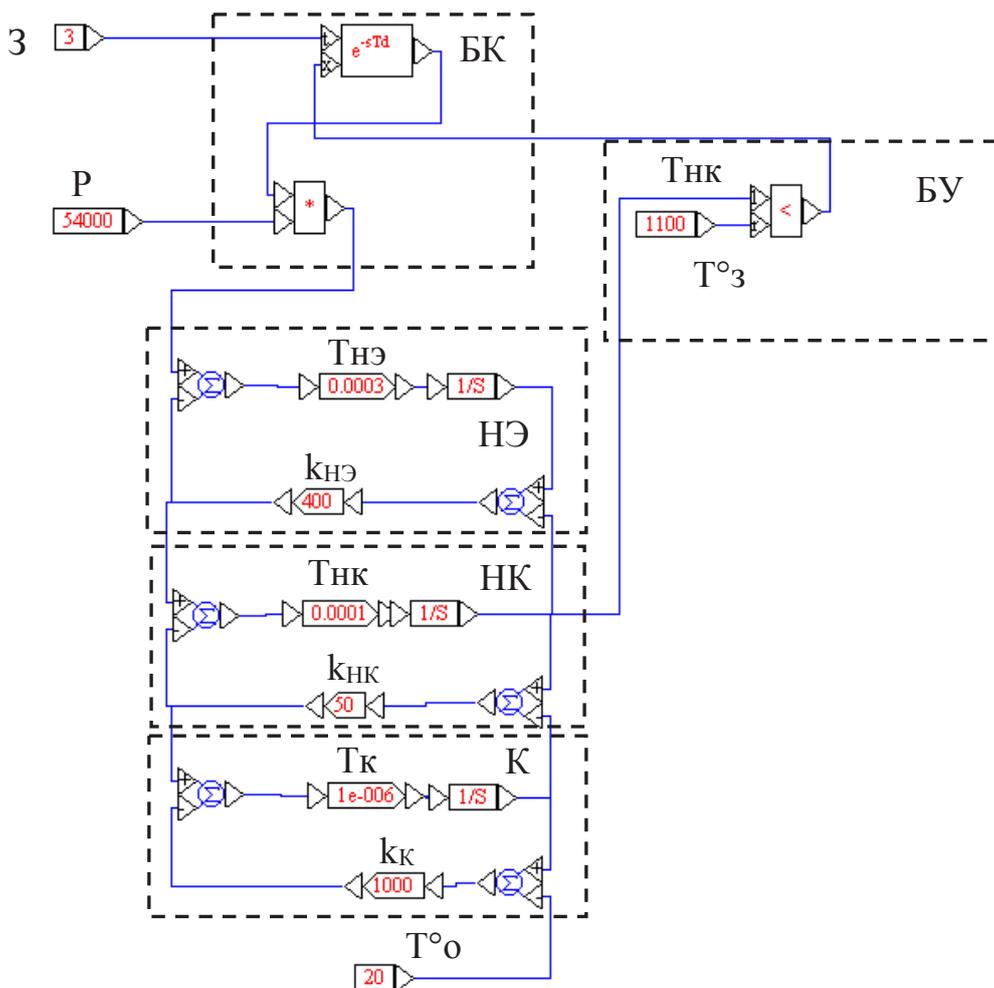
Модель позволяет проводить анализ и синтез регулятора температуры, рассчитывать распределение температур внутри печи как в динамике, так и в статике, а также осуществлять сравнение различных вариантов выполнения регулятора температуры.

По структурной схеме (рис. 1) была составлена имитационная модель системы регулирования температуры в программе VisSim. Модель ЭПС с релейным регулированием температуры представлена на рисунке 2.



ТР – терморегулятор; БК – блок коммутации; НЭ – нагревательный элемент; НК – нагревательная камера; К – корпус печи; ДТ – датчик температуры; U_3 – сигнал задания температуры, $U_{упр}$ – сигнал управления; U – напряжение питания, T – температуры, $U_{дт}$ – сигнал обратной связи

Рис. 1. Структурная схема, учитывающая неоднородность ЭПС как объекта управления



БК – блок коммутации; БУ – блок управления; НЭ – нагревательный элемент; НК – нагревательная камера; К – корпус печи; T – теплоемкость; k – коэффициент теплопередачи; T_0 – температура окружающей среды

Рис. 2. Модель ЭПС с релейным регулированием в программе VisSim



Блок управления БУ обеспечивает релейный принцип управления, сравнивая текущую температуру $T_{нк}$ нагревательной камеры (НК) с заданной температурой T_3 . Блок коммутации БК учитывает запаздывание (З) системы регулирования и обеспечивает подачу мощности (Р) на нагревательные элементы (НЭ). Если температура НК меньше заданной, то БК включен, если больше – выключен.

Блоки НЭ, НК и К представлены инерционными звеньями с передаточной функцией:

$$W_n(p) = \frac{k_n}{T_n p + 1}$$

Коэффициентами задаются теплоемкости: нагревательных элементов $T_{нэ}$, камеры $T_{нк}$ и корпуса T_k . Коэффициентами теплоотдачи $k_{нэ}$, $k_{нк}$, k_k учитывается теплообмен между нагревателями НЭ, камерой НК и корпусом К.

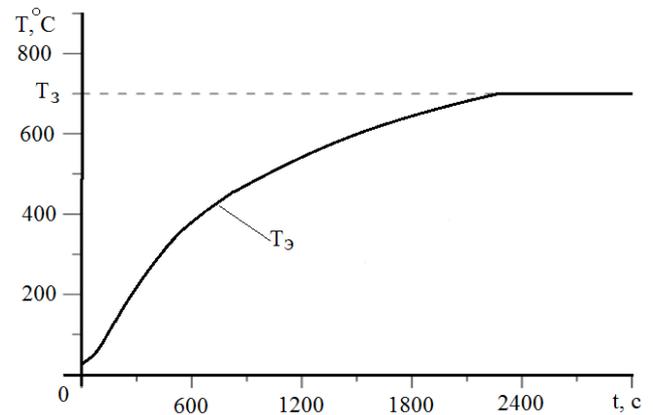
Параметром T_0 задается температура окружающей среды.

Теплоемкости и коэффициенты теплопередачи элементов печи были подобраны с учетом времени нагрева реальной печи. Экспериментальные данные представлены на рисунке 3 [2], где T_3 – температура камеры. Расчетная температура нагревательных элементов $T_{нэ}$, нагревательной камеры $T_{нк}$ и корпуса печи T_k , получен-

ные в результате моделирования, представлена на рисунке 4. Эксперимент проводился на электрической камерной печи ПК 7,5.12,7/12, мощностью 54 кВт при помощи терморегулятора «Варта» ТП 703 с дискретностью измерения температуры 1 °С и термопары ТХА в керамическом чехле с погрешностью измерения 1 °С.

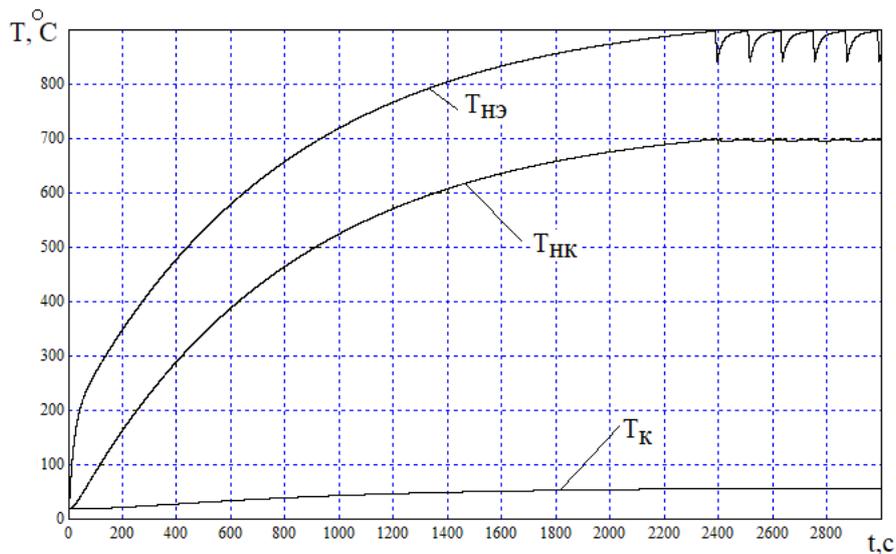
Результаты сравнения двух кривых приведены в таблице 1.

Коэффициент корреляции, рассчитанный с помощью программы Excel, равный 0,98, показывает, что результаты моделирования соответствуют экспериментальным данным.



T_3 – экспериментальная температура нагрева печи

Рис. 3. Экспериментальные данные нагрева печи



$T_{нэ}$ – температура на нагревательных элементах; $T_{нк}$ – температура в нагревательной камере;
 T_k – температура корпуса печи

Рис. 4. Результаты расчета

Таблица 1 – Результаты сравнения

Время, с	Температура экспериментальная, °С	Температура из модели, °С
300	220	230
600	380	386
900	490	500
1200	550	570
1500	600	626
1800	650	657
2100	680	682
2300	700	700

На полученной модели был рассчитан процесс релейного регулирования температуры.

На рисунке 5 представлены результаты расчета – график зависимости температуры на нагревательном элементе $T_{НЭ}$ и в нагревательной камере $T_{НК}$ от времени. При этом были учтены запаздывания системы, такие как запаздывание датчика температуры, время реагирования исполнительного органа.

На рисунке 6 представлена расчетная температура нагревательной камеры при различных запаздываниях системы.

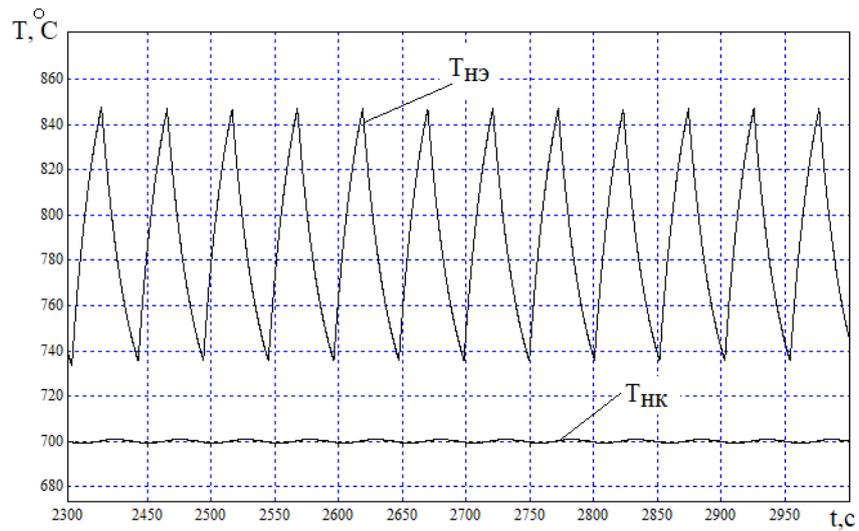
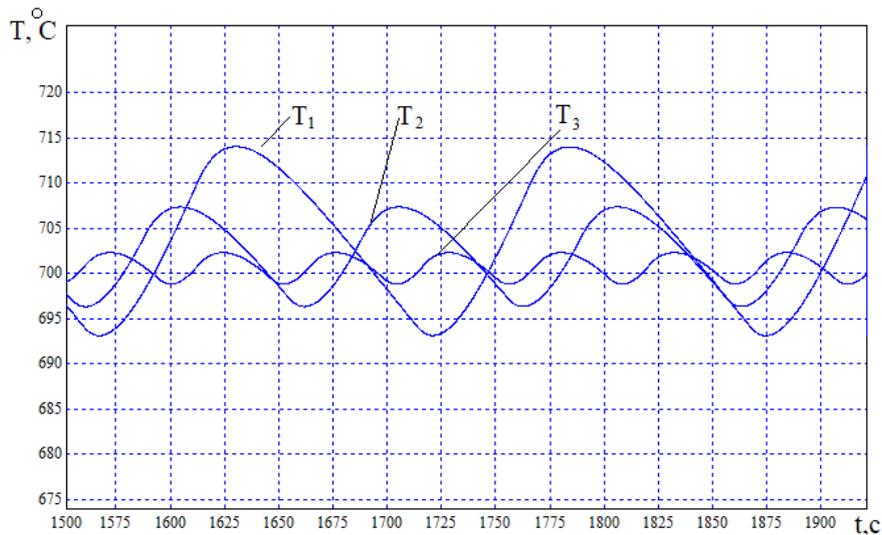


Рис. 5. Результаты моделирования



T_1 – колебания температуры при запаздывании 20 с; T_2 – колебания температуры при запаздывании 15 с;
 T_3 – колебания температуры при запаздывании 5 с

Рис. 6. Расчетная температура нагревательной камеры



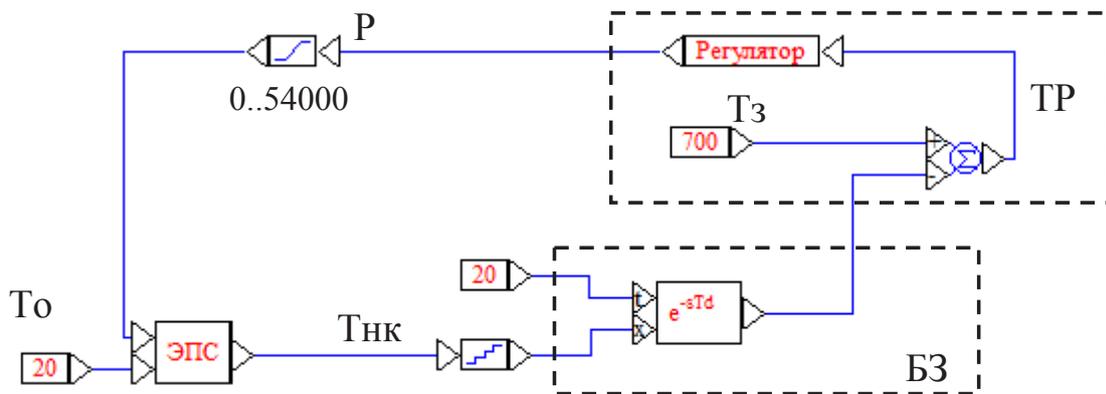
Таблица 2 – Зависимость амплитуда колебаний от запаздывания

№	Запаздывание, с	Амплитуда колебаний, °С
1	3	3,5
2	5	5,8
3	7	8
4	10	11
5	15	16
6	18	19
7	20	21

Результаты анализа амплитуды колебаний от запаздывания сведены в таблицу 2.

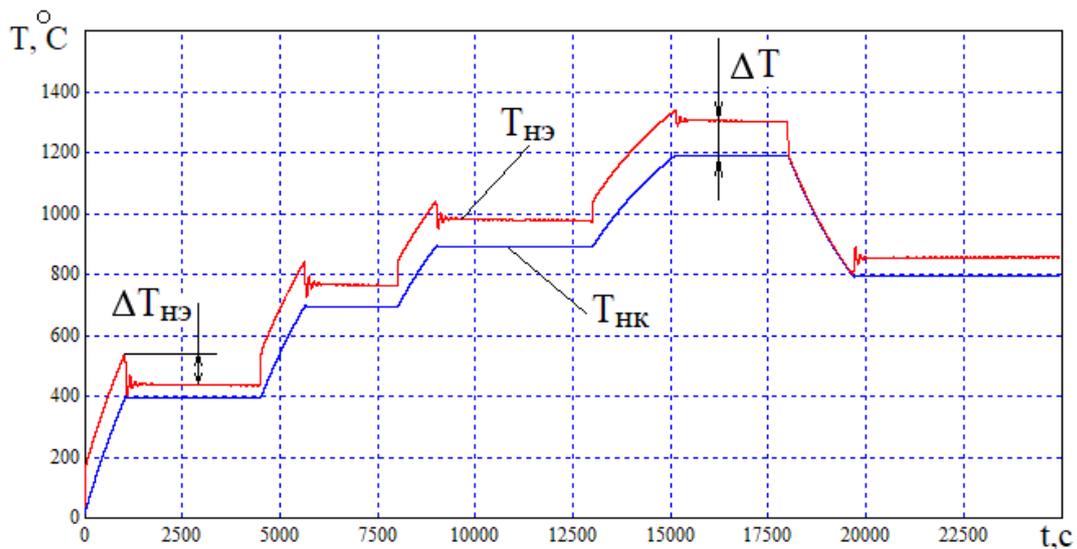
Для моделирования импульсного регулирования была изменена модель. Схема модели, реализованная в программе VisSim, изображена на рисунке 7.

Терморегулятор ТР обеспечивает импульсное регулирование, непрерывно изменяя мощность P , подаваемую в печь, в зависимости от ошибки регулирования. Задание температуры осуществляется в нем.



ТР – терморегулятор; БЗ – блок запаздываний; P – мощность; ЭПС – электрическая печь сопротивления

Рис. 7. Схема в программе VisSim



$T_{нэ}$ – температура нагревательного элемента; $T_{нк}$ – температура нагревательной камеры; $\Delta T_{нэ}$ – перерегулирование температуры нагревательного элемента; ΔT – превышение температуры нагревательного элемента над температурой нагревательной камеры

Рис. 8. Расчет переходных процессов

Таблица 3 – Результаты расчетов

Значение уставки, °С	Установившееся значение температуры, °С	Колебания, °С	Время выхода на режим, с	Перерегулирование, °С
400	399,5	±0,2	1250	3
600	599,5	±0,2	1900	2,2
800	800	±0,2	3000	2
1100	1101	±0,2	5400	1,8

Блок запаздывания БЗ, как и в первом случае, учитывает запаздывание системы регулирования, так же установлена дискретность измерения температуры. Блок ЭПС состоит из элементов НЭ, НК и К, описанных ранее.

Мощность, подаваемая в печь, ограничена блоком «лимит» и составляет от 0 до номинального значения – 54 000 Вт.

Были проведены расчеты статических и динамических показателей для различных значений температуры уставки (рис. 8). Результаты сведены в таблицу 3.

Разработанная уточненная математическая модель печи соответствует реальности.

При релейном регулировании происходят пульсации температуры в нагревательной камере и на нагревательном элементе, которые зависят от запаздывания контура регулирования. Колебания температуры на нагревательных элементах превосходят значение в 100 °С, этот фактор уменьшает срок их службы.

На математической модели проанализирован импульсный метод регулирования и поддержания температуры. Импульсное регулирование с настроенным пропорциональным и ин-

тегральным каналами обеспечивает регулирование во всех пределах температур с точностью ±0,2 °С. Колебания температуры на нагревательных элементах в установившемся режиме составляет ±3 °С.

Список литературы

1. Кручинин В. А., Махмудов К. М., Мионов Ю. М. Автоматическое управление электро-термическими установками : учебник для вузов. М. : Энергоатомиздат, 1990. 416 с.
2. Горячих Е. В., Щербаков А. В. Разработка способов и алгоритмов управления электрическими печами сопротивления. М. : МЭИ, 2016. 125 с.
3. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования. М. : Наука, 2004. 325 с.
4. Малафеев С. И., Малафеева А. А. Системы автоматического управления. Владимир : ВлГУ, 1998. 218 с.
5. Малафеев С. И., Малафеева А. А. Моделирование и расчет автоматических систем управления : учеб. пособие. Владимир : ВлГУ, 2003. 56 с.

Сандалов Виктор Михайлович, канд. техн. наук, доцент, Филиал ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)» в г. Златоусте.

E-mail: sandalovvm@susu.ru.

Панишев Сергей Алексеевич, магистрант 1-го курса автотранспортного факультета, кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: panishef.serega@mail.ru.

* * *

УДК 621.355.001.57

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Т. В. Тинькина, Г. В. Дасько, А. С. Мартьянов, М. В. Смирнов

В статье рассмотрена имитационная модель электрохимического накопителя электрической энергии, основанная на известных электрических характеристиках. Особенностью модели является использование параметрических зависимостей, полученных с помощью регрессионного анализа по имеющимся экспериментальным данным. Модель реализует изменение напряжения и внутреннего сопротивления в зависимости от глубины заряда, а также изменение емкости аккумуляторной батареи в зависимости от температуры окружающей среды. Показана реализация математической модели в среде MATLAB/Simulink, приведены результаты проверки адекватности предложенной модели при различных внешних воздействиях. Представлены результаты модельных экспериментов по определению изменения степени заряда, напряжения и количества запасенной энергии во времени при заданных значениях зарядного тока. Модель может быть полезна при моделировании электроэнергетических систем с накопителем энергии для имитации изменения параметров электрических цепей из-за процесса заряда/разряда аккумуляторной батареи, а также под действием температуры окружающей среды.

Ключевые слова: накопитель энергии, моделирование, математическая модель, имитационная модель, глубина заряда.

Накопитель электрической энергии – одна из важнейших составляющих работы многих электроэнергетических систем [1, 2]. На сегодняшний день активно ведутся разработка, исследование и применение различных типов аккумуляторных батарей (АКБ), отвечающих основным параметрам: достаточная электрическая емкость, возможность работы при низких и высоких температурах, срок эксплуатации, безопасность использования, дешевизна [3, 4]. При этом наблюдается рост интереса к компьютерному моделированию процессов, происходящих в аккумуляторных батареях с использованием различных математических моделей [5].

Имитационная компьютерная модель как способ представления информации об оригинальном объекте стала распространенным объектом исследования в последние десять лет. Значительно возросло количество научных публикаций, в которых, так или иначе, фигурирует процесс разработки модели с использованием прикладных программных пакетов. Динамика повышения интереса к данной теме за последние десять лет представлена на рисунке 1.

Разработкой и производством аккумуляторных батарей занимается большинство стран, где в числе первых по количеству публикаций стоят Соединенные Штаты Америки, Китай, Российская Федерация.

Британское королевское химическое общество в 2011 году в очередной раз обратило внимание на Li-ионные аккумуляторы, опубликовав статью, в которой подчеркнута важность производства этого типа источников энергии, их преимущество над другими типами аккумуляторов, а также возможность их использования в сфере автомобильного транспорта в качестве тяговой аккумуляторной батареи [6].

Общество немецких химиков Wiley-VCH в 2012 году выпустило статью [7], где рассмотрен вопрос производства Li-ионных аккумуляторов. В частности, была подчеркнута роль Li-ионных аккумуляторов в предоставлении возможности применения этих аккумуляторов в электромобилях для замены двигателя внутреннего сгорания с целью сокращения использования нефтяных ресурсов. В статье говорится, что в последнее время интерес ученых обращен на исследование Na-ионных батарей, так как натрий проявляет аналогичные с литием свойства, но в природе является более распространенным.

В 2014 году в журнале прикладной математики была опубликована статья [8], в которой рассмотрен процесс оценки состояния заряда Li-ионной батареи на основе конечно-разностного расширенного фильтра Калмана. Модель аккумуляторной батареи была составлена в Simulink. В ходе исследования было проведено сравнение между расширенным фильтром Калмана с конечной разностью и стандартным расширенным фильтром Калмана в оценке степени

заряда. Авторы сообщают, что их модель может предсказать поведение Li-ионного аккумулятора при динамичном изменении напряжения, а разработанный алгоритм может обеспечивать хорошую точность оценки и обладает высокой устойчивостью к ошибкам моделирования.

В 2015 году Институт инженеров электротехники и электроники (IEEE) представил статью [9], в которой показана разработка модели электрической батареи, использующей многократные постоянные времена для диапазонов секунд, минут и часов. Параметры модели включают напряжение холостого хода, последовательное сопротивление и эквивалентные RC-цепи, зависимость емкости от степени заряда. Модель Li-ионного аккумулятора запрограммирована в среде MATLAB/Simulink и используется в качестве источника питания в существующем динамическом симуляторе транспортного средства.

В этом же году Корейское общество автомобильной промышленности опубликовало в Международном журнале «Автомобильные технологии» статью «Проверка точности моделирования гибридного электромобиля и исследование алгоритма глобального оптимального управления» [10]. В статье подчеркнута важность моделирования как основной части при разработке электрических и гибридных транспортных средств. Модель динамической системы транспортного средства, включая аккумуляторную батарею, создается с помощью программного обеспечения MATLAB/Simulink.

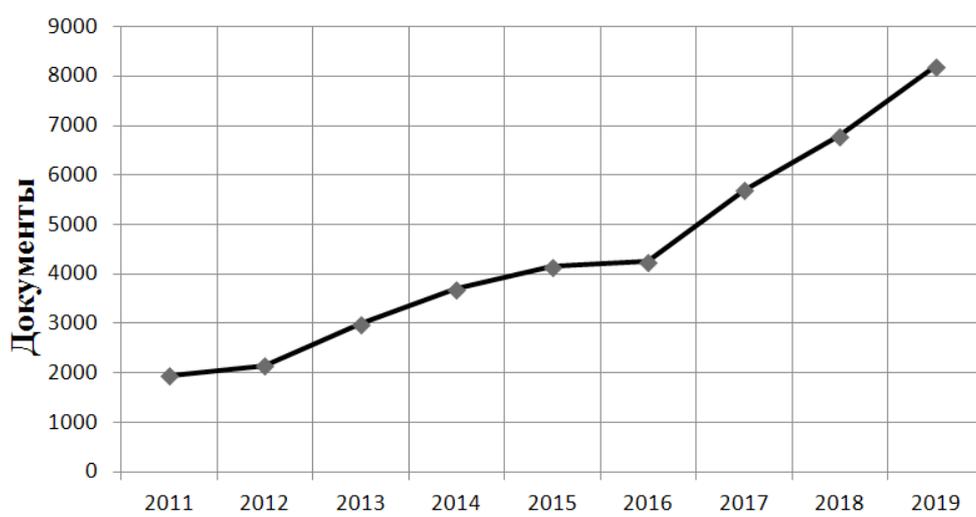


Рис. 1. Рост количества публикаций о моделировании электрохимических источников согласно базе данных Scopus



Из анализа наиболее популярных на сегодняшний день публикаций зарубежных ученых можно сделать вывод о том, что производство источников энергии не стоит на месте и наиболее популярным способом исследования характеристик аккумуляторной батареи является создание компьютерной модели, которая предоставляет возможность подбора различных параметров. Существующие модели АКБ требуют массивных вычислительных процессов, таких как определение емкости, номинального тока и напряжения. В представленной работе разработана упрощенная модель, которая позволяет минимальным количеством вычислений получить зависимости важнейших выходных параметров накопителя энергии.

Методика исследования

Методика исследования включает в себя:

1. Математическое описание модели.
2. Реализация математической модели при помощи блоков программного обеспечения MATLAB/Simulink.
3. Анализ полученных результатов.

Математическое описание модели

Математическая модель аккумуляторной батареи должна описывать зависимость выходных и входных параметров модели. Входными параметрами модели являются номинальный постоянный ток заряда/разряда, температура окружающей среды.

В качестве исходных данных для разрабатываемой модели были приняты:

- номинальное напряжение $U_{\text{НОМ}} = 48 \text{ В}$;
- номинальная емкость $C_{\text{НОМ}} = 210 \text{ А} \cdot \text{ч}$;
- температура окружающей среды $t_{\text{НОМ}} = 25 \text{ }^\circ\text{С}$.

Модель описывает электрическую цепь, состоящую из последовательно соединенных источника ЭДС и внутреннего сопротивления.

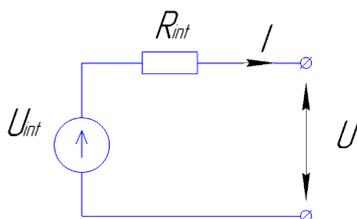


Рис. 2. Эквивалентная электрическая схема модели АКБ

На рисунке 2 представлена электрическая схема цепи заряда/разряда АКБ.

Как и любая электрическая цепь заряда/разряда, АКБ подчиняется закону Ома. Закон Ома для полной цепи:

$$U = U_{\text{int}} \pm R_{\text{int}} \cdot I,$$

где U – напряжения заряда/разряда, В;

U_{int} – напряжение источника ЭДС АКБ, В;

R_{int} – внутреннее сопротивление АКБ, Ом;

I – ток в цепи, А.

Напряжение источника ЭДС АКБ в ходе процесса заряда/разряда будет меняться. Такую зависимость можно представить в виде математической функции вида

$$U_{\text{int}} = f_1(SOC),$$

где SOC – глубина заряда АКБ.

Также от процента емкости АКБ будет зависеть и внутреннее сопротивление АКБ:

$$R_{\text{int}} = f_2(SOC).$$

Текущий уровень заряда (процент емкости АКБ) можно определить как:

$$SOC = \frac{E}{C},$$

где E – накопленная энергия, Дж;

C – номинальная емкость АКБ, Дж.

Значение накопленной энергии в текущий момент времени определится как:

$$E = \int P dt,$$

где P – электрическая мощность зарядного тока, Вт.

Электрическую мощности можно определить, как

$$P = U_{\text{int}} \cdot I.$$

Зависимости внутреннего сопротивления и ЭДС от глубины заряда SOC определяются с помощью методов регрессионного анализа. В качестве математических функций, пригодных для аппроксимации указанных зависимостей, выбрана степенная функция вида

$y = A \cdot e^{-B \cdot x}$ и полином третьей степени. В качестве инструмента для определения коэффициентов указанных функций был использован программный пакет MS Excel.

На рисунке 3 изображен график зависимости внутреннего сопротивления от глубины заряда АКБ в MS Excel.

Зависимость между внутренним сопротивлением и глубиной заряда описывается уравнением (1):

$$R_{\text{int}} = 1,1501 \cdot e^{-6,001 \cdot \text{SOC}} \quad (1)$$

На рисунке 4 изображен график зависимости ЭДС от уровня заряда АКБ.

Зависимость между ЭДС и глубиной заряда описывается уравнением (2):

$$U_{\text{int}} = 91,841 \cdot \text{SOC}^3 - 155,71 \cdot \text{SOC}^2 + 89,282 \cdot \text{SOC} + 33,438 \quad (2)$$

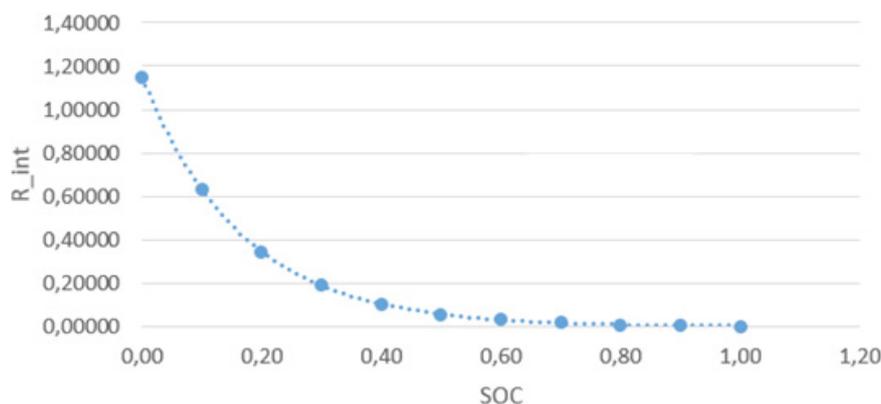


Рис. 3. Зависимость между внутренним сопротивлением и глубиной заряда

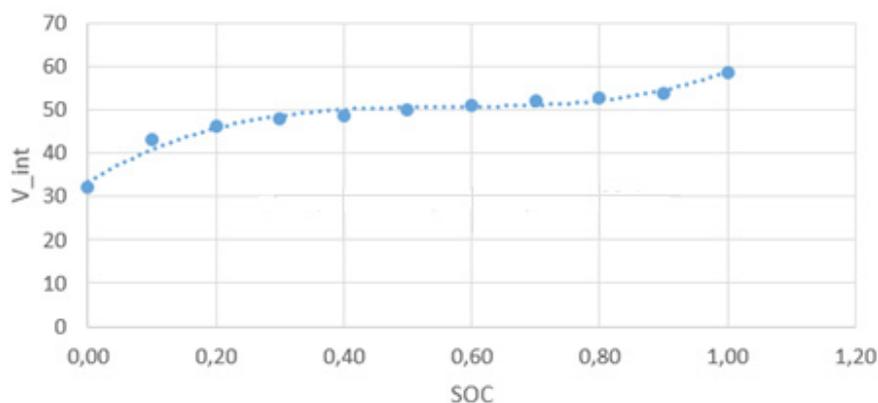


Рис. 4. Зависимость между ЭДС и глубиной заряда

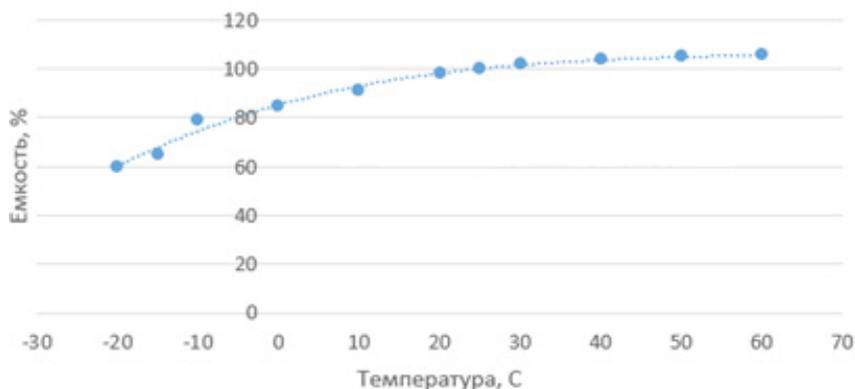


Рис. 5. Зависимость между температурой окружающей среды и глубиной заряда



На рисунке 5 изображен график зависимости глубины заряда АКБ от температуры окружающей среды.

Зависимость между глубиной заряда АКБ и температурой окружающей среды описывается уравнением (3):

$$C_{\max} = 0,0004 \cdot t^3 - 0,0152 \cdot t^2 + 0,9129 \cdot t + 85,237, \quad (3)$$

где t – температура окружающей среды, °C.

Реализация математической модели

Математическая модель накопителя электрической энергии основывается на уравнениях, представленных выше. На рисунке 6 изображена реализация математической модели в виде имитационной компьютерной модели, разработанной в среде MATLAB/Simulink.

Анализ полученных результатов

Рассмотрим моделирование процесса заряда-разряда.

На рисунках 7, 8, 9 изображены рассчитанные значения степени заряда, запасенной энергии и выходного напряжения от времени соответственно при последовательном заряде-разряде АКБ постоянным током с начального состояния, соответствующего глубине заряда 0%.

Как видно из графика выходного напряжения на рисунке 9, в начальный момент времени напряжение на клеммах АКБ максимально. Это объясняется тем, что в этот момент времени

внутреннее сопротивление АКБ у полностью разряженной батареи наиболее высоко.

Далее аккумулятор заряжался и накапливал энергию в течение 2 часов 46 минут, при этом можно заметить, что в момент времени $t = 2$ часам 46 минутам степень его заряда достигла 100%, и, как следствие, накопление энергии прекратилось (горизонтальный участок на графике). По мере заряда аккумуляторной батареи его внутреннее напряжение уменьшалось, и, как следствие уменьшалось выходное напряжение на источнике питания.

В момент времени, равный 5 часам, аккумулятор начали разряжать током в 75 А. Можно заметить, что в течение 2 часов 13 минут аккумулятор сохранял выдаваемое напряжение, равное 48 В, при этом утратив половину своего заряда. После этого в течение последующих 2 часов 30 минут аккумулятор отдавал энергию. При этом его напряжение заметно падало, пока не достигло минимально возможного значения. В момент времени, когда напряжение достигло минимального значения, аккумулятор перестал отдавать энергию, и степень его заряда стала равна нулю.

Необходимо отметить, что модель учитывает влияние температуры окружающей среды. На рисунках 10, 11 и 12 приведены выходные параметры модели при температуре окружающей среды -10 °C.

На рисунке 11 видно, что максимальное значение накопленной энергии уменьшилось, оно составило около 28 МДж. На осциллограмме сигнала SOC (рис. 10) наблюдается максимальное значение степени заряда – 75%.

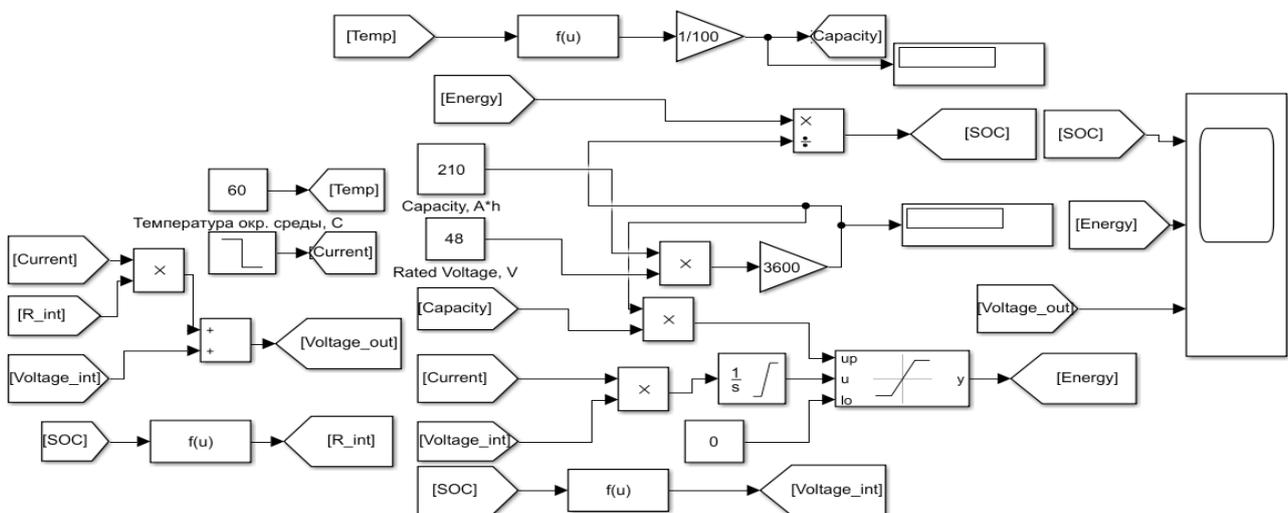


Рис. 6. Имитационная модель накопителя электрической энергии

На рисунках 13, 14, 15 представлены выходные параметры модели при температуре окружающей среды 60 °С.

На рисунке 15 видно, что максимальное значение накопленной энергии уменьшилось, оно составило около 36 МДж. На осциллограмме сигнала SOC (рис. 13) наблюдается максимальное значение степени заряда – 100%.

Выводы

Предложенная имитационная модель электрохимического накопителя электрической энергии демонстрирует адекватное изменение напряжения и внутреннего сопротивления в зависимости от глубины заряда, а также изменение емкости аккумуляторной батареи в зависимости от температуры окружающей среды.

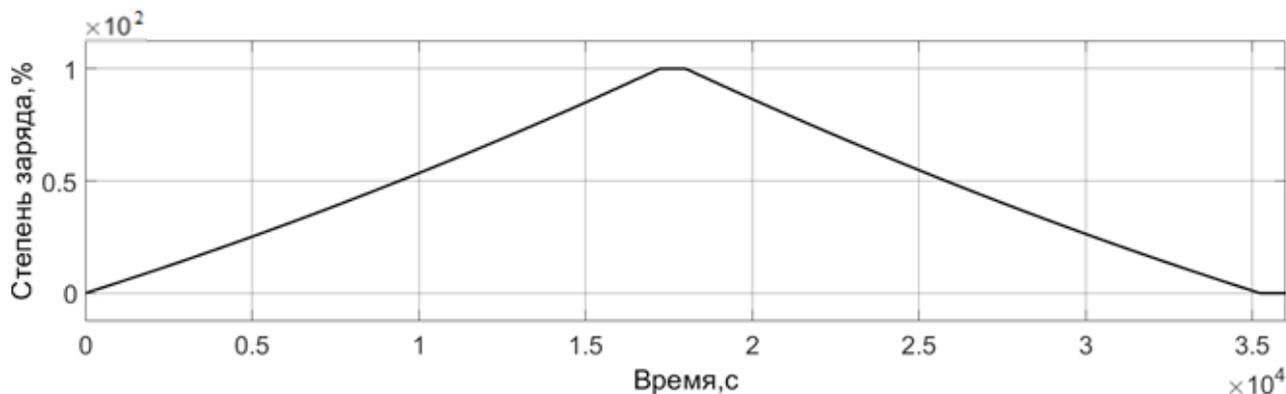


Рис. 7. Зависимость степени заряда от времени

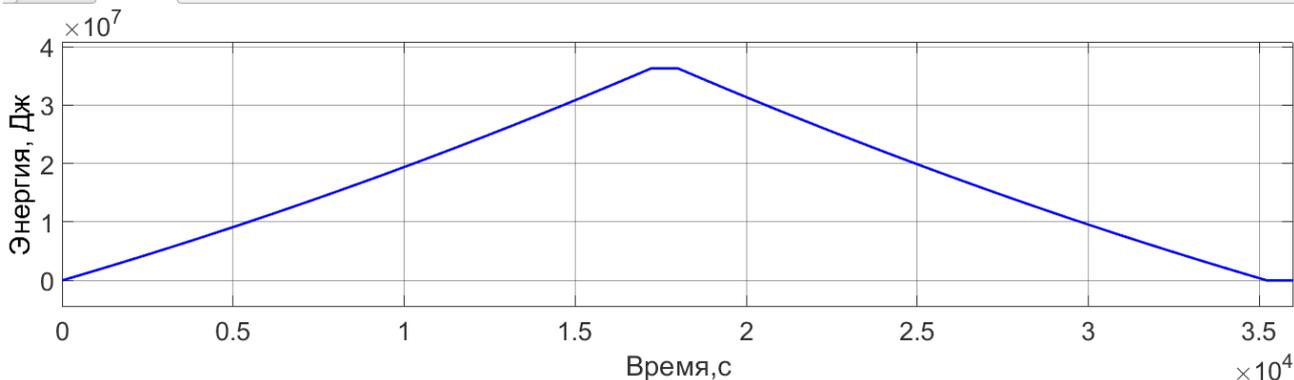


Рис. 8. Зависимость энергии от времени

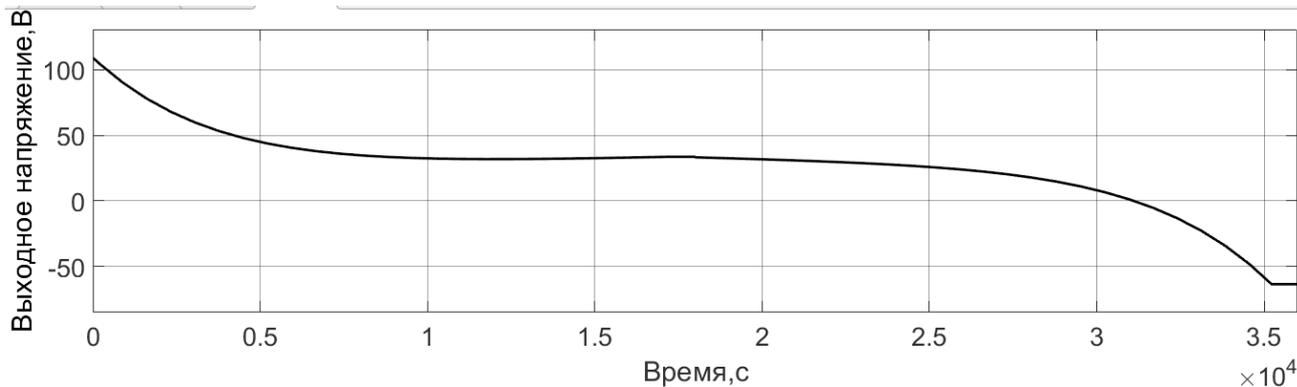


Рис. 9. Зависимость выходного напряжения от времени



Результаты численных экспериментов показали, что при увеличении глубины заряда *SOC* внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи уменьшается, а напряжение холостого хода увеличивается согласно заданным зависимостям.

Также модель реализует эффект влияния температуры окружающей среды на процессы,

происходящие внутри аккумуляторной батареи. Снижение температуры окружающей среды до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ влияет на емкость отрицательно, и, как следствие, она уменьшается на 25% в сравнении с номинальной. Увеличение температуры окружающей среды до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ почти не влияет на выходные параметры аккумуляторной батареи, т.е. энергия, накопленная за период

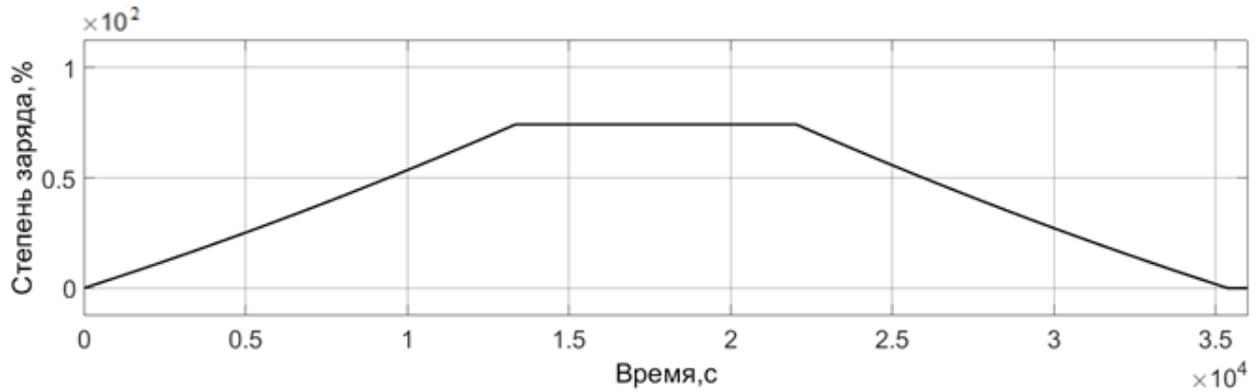


Рис. 10. Зависимость степени заряда от времени при температуре окружающей среды $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$

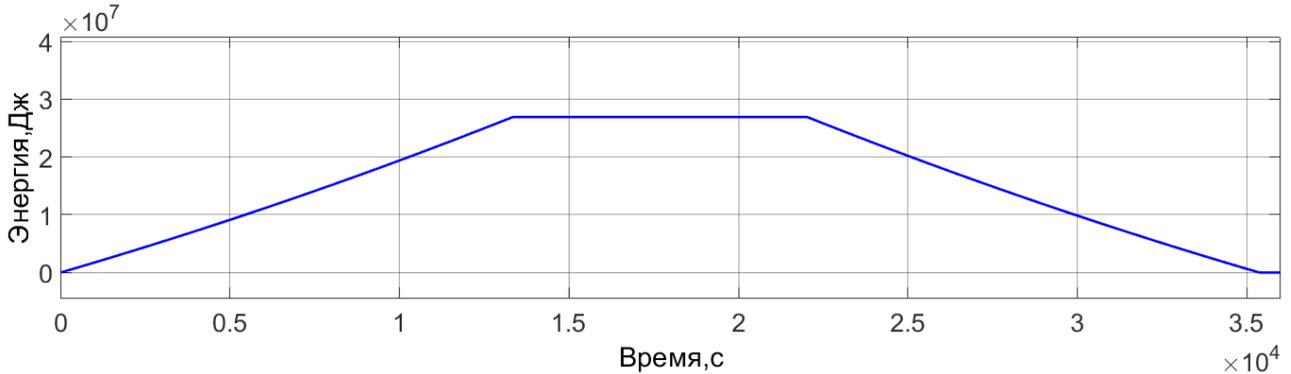


Рис. 11. Зависимость энергии от времени при температуре окружающей среды $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$

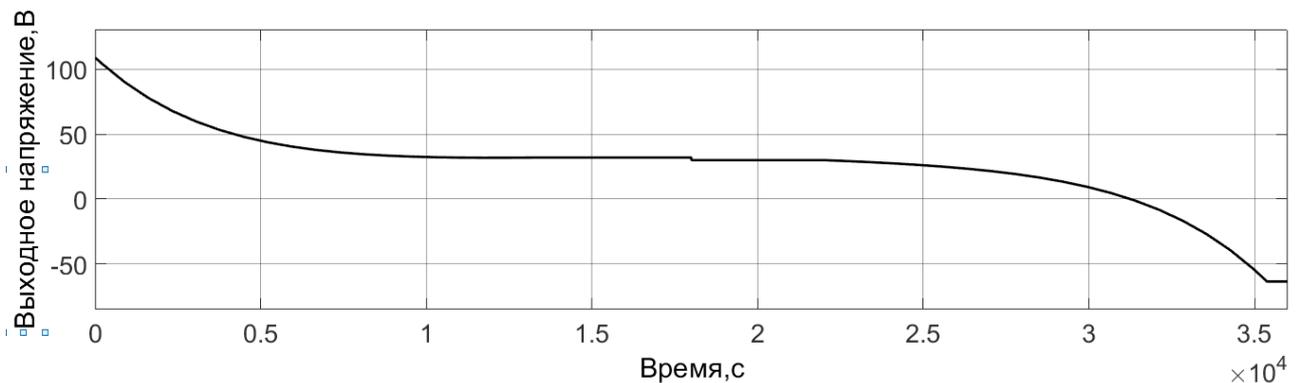


Рис. 12. Зависимость выходного напряжения от времени при температуре окружающей среды $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$

заряда при температуре +60 °С близка к величине энергии, накопленной при температуре +25 °С.

Разработанная модель АКБ показала свою работоспособность и может быть полезна при моделировании различных электроэнергетических систем с накопителем энергии для имитации изменения параметров электрических цепей из-за процесса заряда/разряда аккумуля-

торной батареи, а также под действием температуры окружающей среды.

Список литературы

1. Мартянов А. С., Соломин Е. В. Моделирование энергетической установки с накопителем энергии // Наука ЮУрГУ : матер. 70-й научной конференции / Южно-Уральский государственный университет. 2018. С. 460–467.

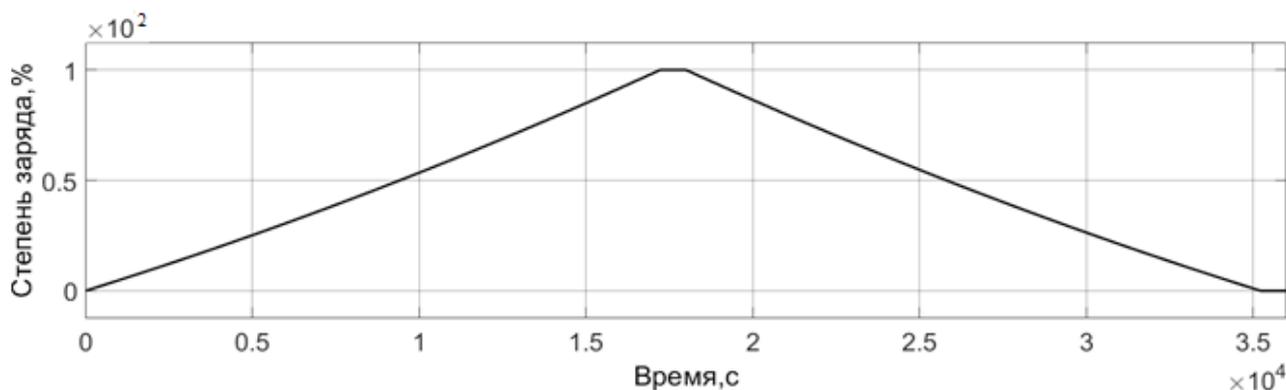


Рис. 13. Зависимость степени заряда от времени при температуре окружающей среды 60 °С

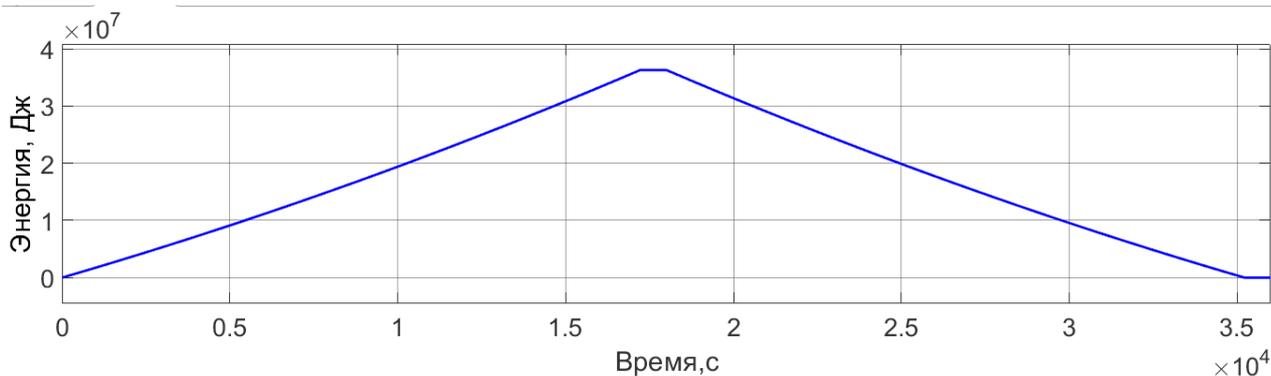


Рис. 14. Зависимость энергии от времени при температуре окружающей среды 60 °С

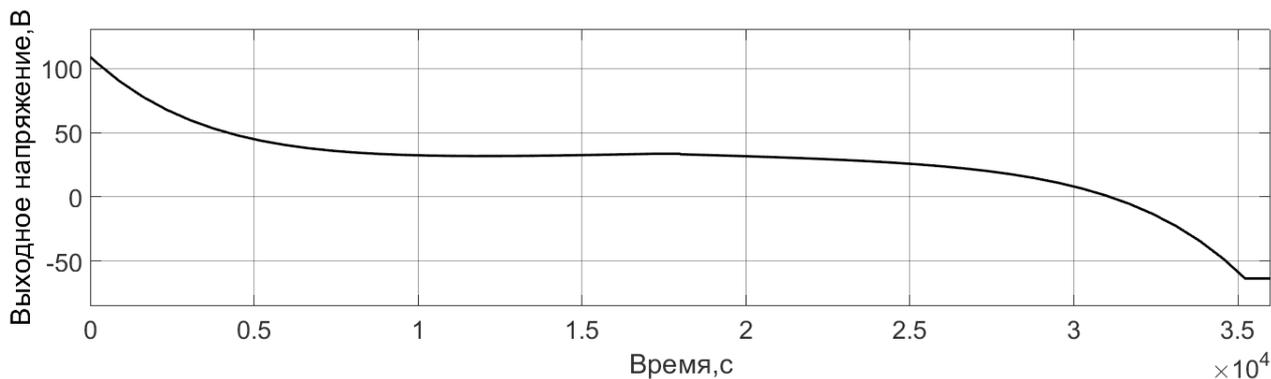


Рис. 15. Зависимость выходного напряжения от времени при температуре окружающей среды 60 °С



2. Имитационная модель системы освещения на основе фотоэлектрического преобразователя и аккумуляторной батареи / А. С. Мартьянов, Е. С. Бодрова, А. Ю. Дюрягин, Д. В. Коробатов // *Альтернативная энергетика и экология*. 2016. № 23–24. С. 21–33.

3. Аникин А. С., Мартьянов А. С. Математическая модель литий-железо-фосфатной аккумуляторной ячейки и батареи на ее основе // *Наука ЮУрГУ : матер. 67-й науч. конференции / Министерство образования и науки Российской Федерации ; Южно-Уральский государственный университет*. 2015. С. 1152–1157.

4. Использование ветро-водородного комплекса бесперебойного энергоснабжения в различных климатических условиях / Е. В. Соломин [и др.] // *Альтернативная энергетика и экология*. 2018. № 13–15 (261–263). С. 30–54.

5. Мартьянов А. С. Моделирование алгоритмов заряда аккумуляторной батареи // *Наука ЮУрГУ : матер. 67-й науч. конф. / Министерство образования и науки Российской Федерации ; Южно-Уральский государственный университет*. 2015. С. 1165–1172.

6. Challenges in the development of advanced Li-ion batteries / V. Etacheri [et al.]

// *A review : International Journal Energy and Environmental Science*. 2011. № 4 (9). P. 3243–3262. Doi:10.1039/2fc1ee01598b.

7. Electrode materials for rechargeable sodium-ion batteries // *Potential alternatives to current lithium-ion batteries : Advanced Energy Materials Journal*. 2012. № 2 (7). P. 710–721. Doi:10.1002/2faenm.201200026.

8. Estimation of state of charge for lithium-ion battery based on finite difference extended Kalman filter / Z. Cheng, J. Lv, Y. Liu, Z. Yan // *Journal of Applied Mathematics*. 2014. St. № 348537. Doi:10.1155/2f20142f348537.

9. Multi-timescale parametric electrical battery model for use in dynamic electric vehicle simulations // *IEEE Transactions on Transportation Electrification*. 2016. № 2 (4). St. № 7469782. P. 432–442. Doi:10.1109/2fTTE.2016.2569069.

10. Hybrid electric vehicle modeling accuracy verification and global optimal control algorithm research / J. Wang [et al.] // *International Journal of Automotive Technology*. 2015. № 16 (3). P. 513–524. Doi:10.1007/2fs122390150053y.

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

E-mail: Tinkina_Tanya.97@mail.ru.

Дасько Георгий Васильевич, магистрант первого года обучения, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: zdasko@mail.ru.

Мартьянов Андрей Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: martyanov_andrey@mail.ru.

Смирнов Максим Викторович, магистрант первого года обучения, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: smirnovmaxim97@gmail.ru.

* * *

УДК 621.577.001.57

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ТЕПЛОВОГО НАСОСА И ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ

Г. М. Цейзер, О. С. Пташкина-Гирина, О. А. Гусева

Разработана математическая модель, имитирующая утилизацию сбросного низкопотенциального тепла на теплоэлектроцентралях с помощью тепловых насосов. Описан пример применения разработанной модели путем теоретической оценки эффективности применения тепловых насосов на существующих теплоэлектроцентралях г. Челябинска.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, тепловые насосы, теплоэлектроцентраль, энергоресурсосбережение, сбросное тепло, вторичные энергоресурсы, тепловой насос.

Тепловые насосы входят в число наиболее перспективных направлений альтернативной энергетики в мире [1]. В России это в первую очередь связано с климатическими особенностями: продолжительные суровые зимы наряду с нарастающими проблемами в теплоэнергетическом комплексе требуют не только совершенствования уже существующих технологий, но и введения новых [2, 3]. Так, теплонасосная энергетика, которая во многих развитых странах уже является едва ли не повсеместной, может стать важной опорой в решении проблем отечественной теплоэнергетики [4].

В то же время использование тепловых насосов в условиях нашего климата имеет ряд

затруднений [5]. Более низкие температуры наружного воздуха в отопительный период, повышенная глубина промерзания грунта – эти и многие другие факторы, характерные для большей части территории России, делают малоэффективным использование тепловых насосов по технологиям, которые применяются в США, Японии и странах Европы [6]. Все это говорит о том, что внедрение тепловых насосов в нашей стране требует разработки собственных технологий и подходов, позволяющих достичь наибольшей эффективности их использования в отечественных реалиях [7, 8].

Одним из альтернативных подходов применения тепловых насосов в нашей стране яв-



ляется утилизация низкопотенциальной сбросной тепловой энергии [9, 10].

Централизованная система теплоснабжения, используемая в большинстве крупных российских городов, характерна наличием больших объемов тепловой энергии, которая попросту сбрасывается в окружающую среду. Такое тепло содержится в сбросных и сточных водах, системе охлаждения теплоэлектроцентралей и др. Отсюда следует, что источниками сбросного тепла могут быть как непосредственные производители тепловой энергии, так и сами потребители тепловой энергии.

Основная проблема использования сбросного тепла заключается в его низкой температуре (ниже 40 °С). Применение тепловых насосов позволит утилизировать такое тепло для отопления и покрытия прочих тепловых нужд [11].

Материалы и методы

Ввиду наличия множества факторов, влияющих на работу теплонасосной установки (ТНУ) и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), необходимо теоретическое обоснование внедрения ТНУ. Теоретическое обоснование является фундаментальным аспектом разработки любых инженерных объектов и систем, в том числе и тепловых насосов. Компьютерное математическое моделирование является одним из наиболее эффективных вариантов проведения теоретических исследований, позволяющих рассматривать различные сценарии [12, 13].

В данной работе рассмотрен пример разработки математической модели в программной среде Simulink, описывающей годовую совместную работу теплоэлектроцентрали (ТЭЦ)

и теплонасосной установки (ТНУ) в условиях климата средней полосы России.

Исходные данные для моделирования, к которым относятся номинальные мощности и характеристики ТЭЦ, население Челябинска и его районов, температурный график Челябинска были взяты из официальных источников [14].

Результаты исследований

Первичным допущением разработанной модели является то, что в ее математическом аппарате заложены лишь основные мощностные и энергетические показатели моделируемых объектов. Такой подход позволяет с достаточной достоверностью провести предварительный анализ моделируемой системы без использования обширного математического аппарата, характерного при моделировании сложных технических объектов [15].

В целях упрощения разработки математической модели была составлена ее предварительная блок-схема (рис. 1). Очевидно, что основными составляющими данной модели будут блоки, моделирующие ТЭЦ и ТНУ.

Исходными данными блока ТЭЦ выбраны ее установленные мощности и набор коэффициентов, характеризующих когенерацию теплоэлектроцентрали и работу ее пиковой котельной. Исходными данными блока ТНУ выбраны коэффициенты, характеризующие сам тепловой насос, тогда как мощностные параметры ТНУ будут выходными, т.е. вычисляться согласно исходным характеристикам ТНУ, а также мощностным параметрам теплоэлектроцентрали, вычисленным предварительно в блоке ТЭЦ. Помимо блоков ТЭЦ и ТНУ введен блок,

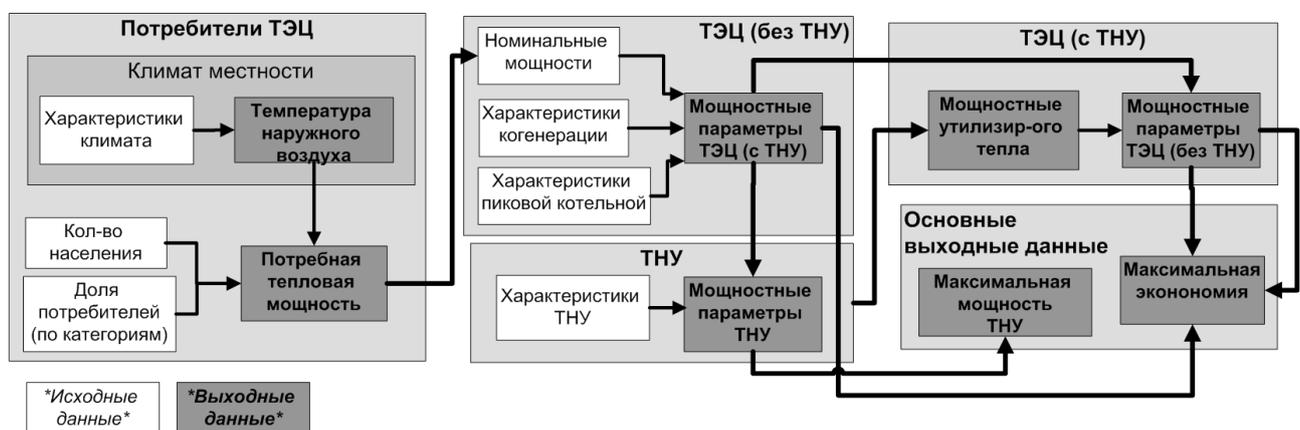


Рис. 1. Блок-схема математической модели

моделирующий потребителей ТЭЦ и блок, моделирующий непосредственную работу ТЭЦ с ТНУ. Необходимость создания отдельных двух блоков ТЭЦ («без ТНУ» и «с ТНУ») объясняется тем, что такой подход позволяет сравнить мощностные показатели ТЭЦ в двух режимах и тем самым оценить эффективность совместной работы ТЭЦ и ТНУ.

Поскольку задачей теплоэлектроцентрали является производство электрической и тепловой энергии, разработку математической модели целесообразно начать с моделирования потребителей ТЭЦ, ведь именно с учетом суммарных нужд потребителей закладываются первоначальные параметры теплоэлектроцентрали, а именно ее электрическая и тепловая установленные мощности [16]. Как следует из вышесказанного, конечными выходными данными моделей потребителей являются суммарная электрическая и тепловая потребная мощность. В нашем случае поскольку разработанная модель оценивает совместную работу ТЭЦ и ТНУ в течение года, для потребных мощностей потребителей ТЭЦ будут рассчитываться лишь их среднесуточные значения на протяжении одного года. Суточными колебаниями потребных мощностей в данном временном отрезке пренебрегают. Также пренебрегают случайными флуктуациями среднесуточных значений потребных мощностей. Поскольку главным образом в представляемой модели оцениваются тепловые характеристики моделируемых объектов, значения среднесуточных мощностей потребной электрической энергии принимаются равными на протяжении всего года.

Для моделирования поведения среднесуточной потребной тепловой мощности в течение года прежде всего стоит учесть тот факт,

что эта мощность представляет собой сумму других тепловых мощностей, каждая из которых обладает своим значением и особенностью изменения в течение года. Обобщая различные виды тепловых потребностей, можно выделить три наиболее общих типа потребностей: отопительные нужды, горячее водоснабжение и производственные нужды [17]. Для оценки значения каждого вида перечисленных нужд примем во внимание то, что и сами потребители тепловой энергии подразделяются на различные категории, каждая из которых обладает характерными особенностями в типах тепловых потребностей.

Для модели поведения потребителей ТЭЦ также были сделаны некоторые допущения. Фактически суммарным потребителем теплоэлектроцентрали является некоторый городской район с определенным количеством жилых, общественных и производственных объектов. Эти перечисленные типы объектов и принимаются за три обобщенных категории потребителей ТЭЦ. Стоит отметить, что единственной наиболее прозрачной количественной характеристикой суммарного потребителя ТЭЦ является количество населения, проживающего на территории моделируемого района. Этот показатель и принимается за первичное исходное значение модели потребителей теплоэлектроцентрали.

Количество населения позволяет произвести оценку потребляемого тепла жилой категории потребителей исходя из усредненного потребления тепла на душу населения. Динамику потребляемого тепла для остальных категорий потребителей возможно рассчитать, исходя из принятых коэффициентов. Таким образом, была построена первая часть математической модели, а именно модель потребителей теплоэлектроцентрали (рис. 2).

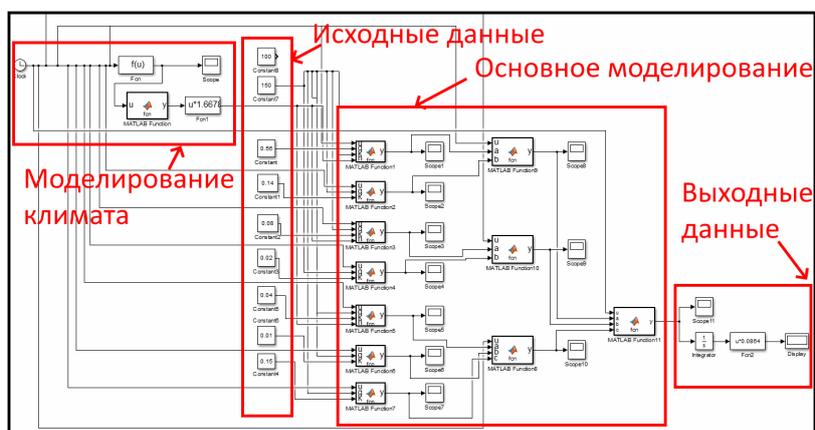


Рис. 2. Математическая модель потребителей ТЭЦ



Получив динамику изменения суммарной потребной мощности, возможно моделирование теплоэлектроцентрали. Первичными исходными данными моделируемой ТЭЦ являются ее электрическая и тепловая установленные мощности. Их в свою очередь выбираем, исходя из полученной динамики потребных мощностей. Остальными же исходными данными послужат коэффициенты, характеризующие основные показатели работы ТЭЦ. В число таких коэффициентов входят показатели, характеризующие когенерацию теплоэлектроцентрали, работу ее пиковых котельных, тепловые потери и т.д. [18]. Конечным мощностным показателем ТЭЦ принимается мощность суммарная сжигаемого топлива, которая и принимается в качестве выходного сигнала.

Таким образом, была получена модель ТЭЦ, позволяющая оценить годовую динамику изменения мощности сжигания топлива, исходя из полученной ранее динамики потребных тепловых нужд, а также вводимых данных в виде номинальных мощностей ТЭЦ и коэффициентов, характеризующих ее работу (рис. 3).

При моделировании теплонасосной установки так же, как и в случае с теплоэлектроцентралью, принимаются в расчет лишь первичные показатели моделируемого объекта. В случае с ТНУ такими показателями будут коэффициенты, характеризующие долю отобранного тепла (коэффициент утилизации) и коэффициент привода (характеризующий отношение отобранного тепла к мощности, затрачиваемой на работу ТНУ), при этом мощностные показатели ТНУ (мощность отбираемого тепла, мощность привода и суммарная полезная мощность) будут рассчитываться, исходя из принятых коэффициентов, а также уже ранее полученных данных по ТЭЦ и потребителям тепла. Другими словами, мощностные показатели ТНУ будут выходными данными модели теплового насоса [19]. Окно полученной модели теплового насоса представлено на рисунке 4.

Заключительным этапом построения общей математической модели является объединение составных частей: потребители, ТЭЦ и ТНУ, а также интегрирование выходных данных для получения суммарной годовой энергии

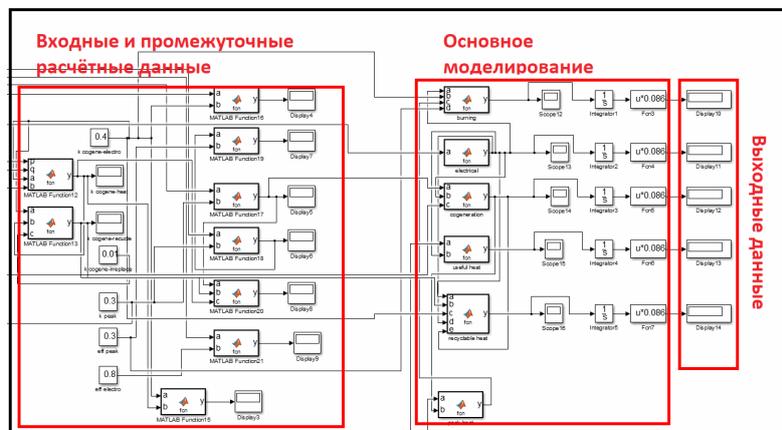


Рис. 3. Математическая модель теплоэлектроцентрали

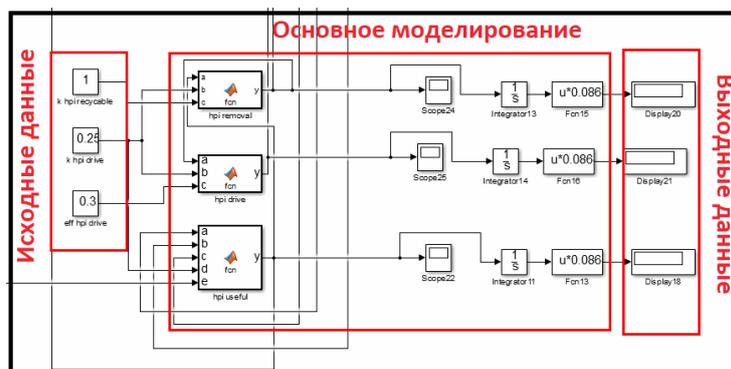


Рис. 4. Математическая модель теплового насоса

сжигаемого топлива на ТЭЦ «с ТНУ» и «без ТНУ». В качестве выходных данных были выбраны максимальные мощностные показатели ТНУ, необходимые для получения заявленной экономии [20]. Таким образом, возможно получить количество сэкономленной энергии и относительную экономию. Окно объединенной математической модели представлено на рисунке 5.

Разработанная модель для имитации утилизации сбросного тепла с помощью ТНУ апробирована на существующих теплоэлектроцентралях г. Челябинска. В таблице 1 представлены некоторые исходные и полученные данные.

Оценка эффективности утилизации сбросного тепла на теплоэлектроцентралях г. Челябинска показала, что наибольшая относительная эффективность достигается при использовании ТНУ на ЧТЭЦ-1, что объяснимо. Среди всех теплоэлектростанций Челябинска именно ЧТЭЦ-1 к настоящему моменту имеет наиболее устаревшее оборудование, уступая по своим показателям даже ЧТЭЦ-4 (ранее – ЧГРЭС), кото-

рая будучи построенной ранее ЧТЭЦ-1, прошла практически полную модернизацию в 2018 году. Данный факт обусловил то, что именно ЧТЭЦ-1 имеет наибольшие тепловые потери на единицу произведенной энергии, а следовательно, и наибольшую относительную экономию при утилизации этих потерь с помощью ТНУ, что и показала разработанная модель.

Выводы

Полученная математическая модель является одним из этапов разработки и непосредственной частью более обширной модели, оценивающей эффективность внедрения ТНУ в систему централизованного теплоснабжения в целом, где помимо ТЭЦ, также моделируется тепловая сеть и потребители тепловой энергии.

Новизной предложенного подхода является относительная простота математической модели с минимальным требованием вычислительных ресурсов. Наряду с этим интерактивность и гибкость данной математической модели позволяют вносить модификации в це-

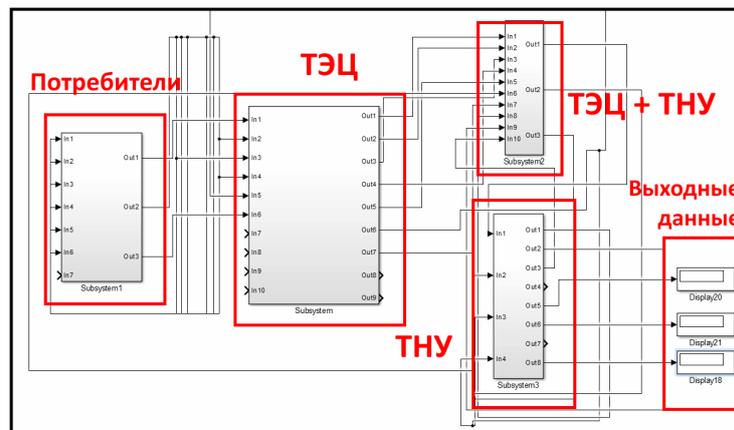


Рис. 5. Объединенная математическая модель

Таблица 1 – Исходные и выходные данные блока теплоэлектростанций г. Челябинска

			ЧТЭЦ-1	ЧТЭЦ-2	ЧТЭЦ-3	ЧТЭЦ-4	
Данные	Исходные	Установленная мощность, МВт	Электрическая	133,8	320,0	593,0	742,0
			Тепловая	611,9	822,6	966,9	731,4
		Численной населения снабжаемой территории, чел.	152,5	174,0	251,4	303,6	
	Выходные	Доля объектов	Жилые	0,44	0,37	0,50	0,67
			Общественные	0,19	0,16	0,25	0,16
			Производственные	0,37	0,47	0,25	0,16
Максимальная мощность ТНУ, МВт	Отбор	161,4	239,0	148,4	198,6		
	Привод	32,3	47,8	29,7	39,7		
	Максимальная экономия	тыс. ТУТ	211,3	327,3	246,3	200,4	
%		24,7	20,7	16,6	10,8		



лях получения более точных и приближенных к реальности данных.

Рекомендации

Несмотря на упрощенность предложенной модели, ее использование позволяет не только провести предпроектную оценку эффективности совместной работы ТЭЦ с ТНУ, но и сделать это с варьированием начальных параметров как самих ТНУ и ТЭЦ, так и особенностей потребителя тепловой энергией и температурным режимом местности. Кроме того, модель позволяет вносить принципиальные изменения как в ней самой, так и в ее составных элементах (блоках) с сохранением общей структурной целостности. В перспективе данная особенность позволит совершенствовать модель и ее блоки, что и планируется сделать в ходе дальнейшей работы. Так, в блок, моделирующий работу ТЭЦ, может быть внесен математический аппарат, моделирующий цикл Ренкина и работу составных элементов ТЭЦ (котел, турбина, конденсатор, градирни и т.д.). В свою очередь в блок ТНУ – обратный цикл Карно и работу компрессора, вентиля, теплообменников и/или других элементов как пароконденсационной, так и сорбционной теплонасосной установки. В блок потребителей может быть внесено более реалистичное варьирование климатических особенностей местности, а также отдельные блоки, моделирующие, к примеру, потребности нужды отдельных заводов и фабрик, а не просто потребности промышленной категории потребителей в целом.

Расширение разработанной модели позволит оценить эффективность утилизации низкопотенциального тепла не только на ТЭЦ, но и централизованной системы теплоснабжения в целом. Именно оценка цельной системы, когда в расчете будет взято наличие сразу нескольких ТЭЦ и других источников тепла (таких, как котельных), а также тепловой сети и потребителей тепловой энергии (которые также могут и сами быть непосредственными источниками сбросного тепла, пригодного для утилизации по средствам ТНУ) позволит наиболее детально и точно смоделировать эффективность использования тепловых насосов для данных целей.

Для полной проверки достоверности разработанной модели необходимо провести натурные исследования с применением лабораторного стенда или реально существующих ТЭЦ и ТНУ.

Предложенная математическая модель может стать важным фундаментом для практического внедрения тепловых насосов в отечественную теплоэнергетику.

Список литературы

1. Наумов А. Л. Тенденции развития теплоснабжения в России // АВОК. 2001. № 6. Режим доступа : http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=446.
2. Анализ изменчивости климата на территории России в последние десятилетия / О. Н. Булыгина, Н. Н. Коршунова, В. Н. Кузнецова, В. Н. Разуваев // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2000. Вып. 167. С. 315
3. Sheryazov S. K., Ptashkina-Girina O. S., Guseva O. A. Renewable low-potential thermal energy investigation of water bodies // 2019 international multi-conference on industrial engineering and modern technologies (fareastcon-2019). 2019. С. 8934199.
4. Байтингер Н. М., Бурцев В. В. Современный взгляд на некоторые проблемы централизованного теплоснабжения // СОК. 2005. № 10. Режим доступа : <http://www.c-o-k.ru/articles/sovremennyu-vzglyad-na-nekotorye-problemy-centralizovannogo-teplosnabzheniy>. (Дата обращения: 07.05.2016).
5. Пташкина-Гирина О. С., Гусева О. А., Волкова О. С. Опыт внедрения теплонасосных установок в системы отопления зданий в Челябинской области // Приоритетные направления развития энергетики в АПК : сб. ст. по матер. II Всерос. (национальной) науч.-практ. конференции. 2018. С. 132–137.
6. Пташкина-Гирина О. С., Гусева О. А., Жарков Е. В. Возможность применения теплонасосных установок для энергообеспечения автономных потребителей Челябинской области // Энергетика и энергосбережение: теория и практика : сб. матер. IV Всерос. науч.-практ. конф. : электронный сборник. 2018. С. 161.1–161.4.
7. Эффективность использования тепловых насосов в централизованных системах теплоснабжения / В. П. Фролов, С. Н. Щербаков, М. В. Фролов, А. Я. Шелгинский // Новости теплоснабжения. 2004. № 7. С. 50–55.
8. Шерьязов С. К., Пташкина-Гирина О. С., Гусева О. А. Использование тепловой энергии водоемов в условиях Южного Урала // АПК России. 2019. Т. 26. № 5. С. 833–842.
9. Слесаренко В. В., Князев В. В., Вагнер В. В. Перспективы применения тепловых

насосов при утилизации теплоты городских стоков // Энергосбережение и водоподготовка. 2012. № 3 (77). С. 28–34.

10. Пташкина-Гирина О. С., Гусева О. А., Козырева К. Н. Энергосберегающие технологии применения теплового насоса в системе вентиляции животноводческих помещений // Энергетика и энергосбережение: теория и практика : сб. матер. IV Всерос. науч.-практ. конф. : электронный сборник. 2018. С. 162.1–162.4.

11. Шилкин Н. В. Утилизация тепла канализационных стоков // Энергосбережение в системах промышленного энергоснабжения. Вып. 2 : Опыт проектов утилизации сбросного тепла в промышленности. С. 9–14.

12. Пташкина-Гирина О. С., Гусева О. А. Определение энергетической мощности створа гидроузла комплексного назначения с помощью имитационного моделирования пакета Matlab Simulink // Достижения науки – агропромышленному производству : ЛП Междунар. науч.-техн. конференция. 2013. С. 234–239.

13. Пташкина-Гирина О. С., Гусева О. А. Моделирование гидрологических характеристик для определения энергетики напорного гидроствора // Наука ЮУрГУ : матер. 68-й науч. конф. / Министерство образования и науки Российской Федерации; Южно-Уральский государственный университет. 2016. С. 822–826.

14. Система теплоснабжения: общие сведения. Режим доступа : <https://www.rosteplo.ru/w/> Челябинск.

15. Цейзер Г. М. Применение тепловых насосов в городской среде // Эффективная энергетика-2015 : матер. науч.-практ. конф. с междунар. участием (21–22 мая 2015 года). СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2015. 359 с.

16. Цейзер Г. М., Пташкина-Гирина О. С., Кирпичникова И. М. Повышение эффективности системы теплоснабжения г. Челябинска путем утилизации сбросного низкопотенциального тепла // Альтернативная энергетика и экология. 2018. № 1–3 (249–251). С. 26–36.

17. Цейзер Г. М. Оценка эффективности применения теплонасосных установок в целях утилизации сбросного тепла в условиях г. Челябинска // Сборник матер. II Всерос. (с международным участием) молодежной науч.-практ. конф. «Введение в энергетiku». Кемерово, 2016.

18. Цейзер Г. М. Использование низкопотенциальной сбросной энергии для целей теплоснабжения в условиях г. Челябинска // Научный поиск : матер. девятой науч. конф. аспирантов и докторантов / Министерство образования и науки Российской Федерации; Южно-Уральский государственный университет. 2017. С. 111–114.

19. Цейзер Г. М. Разработка математической модели обратного цикла Карно // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика : матер. Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвящ. памяти проф. Данилова Н. И. (1945–2015) «Даниловские чтения» (Екатеринбург, 10–14 декабря 2018 г.). Екатеринбург : УрФУ, 2018. С. 319–321.

20. Tseyzer G., Ptashkina-Girina O., Guseva O. Efficiency of use of waste heat energy on the example of Chelyabinsk // E3S Web Conf. International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering (EECE-2019). 2019. Vol. 140. Access mode : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201914011003>.

Цейзер Григорий Михайлович, аспирант кафедры «Электрические станции», сети и системы электроснабжения, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)». E-mail: tseyzer93@mail.ru.

Пташкина-Гирина Ольга Степановна, канд. техн. наук, доцент кафедры энергообеспечения и автоматизации технологических процессов, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет. E-mail: girina2002@mail.ru.

Гусева Ольга Анатольевна, канд. техн. наук, доцент кафедры энергообеспечения и автоматизации технологических процессов, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет. E-mail: gusevaoa2010@mail.ru.

* * *

УДК 619:616.7:636.2+612.017.1

**СПОСОБ КОРРЕКЦИИ ИММУННОГО СТАТУСА У ТЕЛЯТ
ПРИ АДАПТАЦИИ К ДЛИТЕЛЬНОЙ ГИПОДИНАМИИ****Ф. Г. Гизатуллина, А. Н. Безин, Э. И. Шигабутдинова**

Длительное действие гиподинамии и гипокинезии приводит к снижению резистентности организма животных, нарушению метаболических процессов, сдвигам в иммунной системе. В условиях эксперимента изучена эффективность фармакологической коррекции иммунного статуса телят при адаптации к длительной гиподинамии и гипокинезии с применением миксоферона, аскорбиновой кислоты и антигистаминного препарата. Установлено, что коррекция препаратами обеспечивает более высокий уровень клеточных и гуморальных факторов иммунитета. Применение фармакологических средств снижает отрицательное действие на организм животных гиподинамии и гипокинезии. Результаты исследования могут быть рекомендованы для предупреждения негативных изменений в организме животных и коррекции их иммунного статуса в условиях адаптации к гиподинамии и гипокинезии.

Ключевые слова: иммунный статус, телята, адаптация, гиподинамия, фармакокоррекция, факторы клеточного иммунитета, факторы гуморального иммунитета, миксеферон, аскорбиновая кислота, антигистаминный препарат.

Проблема адаптации продуктивных животных к современным индустриальным технологиям в животноводстве продолжает оставаться актуальной, так как их организмы постоянно подвергаются воздействию различных факторов окружающей среды. Особенности адаптации организма во многом зависят от силы и продолжительности действия того или иного фактора. Один из таких стрессовых факторов – гиподинамия. При интенсивном и длительном воздействии длительная гипокинезия и гиподинамия являются стресс-фактором. У животных с низкими адаптационными возможностями с определенного момента начинаются изменения физиологического состояния, метаболиче-

ского статуса. Гипокинезия приводит к нарушению обмена веществ, которое сопровождается диспротеинемией, общим ослаблением ферментативных процессов, снижением показателей антиоксидантной защиты организма. Гипокинезия и гиподинамия приводят к состоянию дезадаптации [6–9, 11–13, 15].

Установлено, что гиподинамия и гипокинезия в течение 4 недель вызывает существенное угнетение иммунной системы молодняка крупного рогатого скота и развитие вторичного иммунодефицита гуморального и клеточного типа. Образующиеся при гипокинетическом стрессе биогенные амины, в частности гистамин и другие, обуславливают негативные

сдвиги в организме телят – изменения энергетического и пластического обменов, нарушение ряда физиологических функций. Вследствие гиподинамии и гипокинезии снижается общая неспецифическая резистентность, ослабляются факторы клеточного и гуморального иммунитета [12, 16, 18].

В биологии и медицине накоплен опыт проведения мероприятий по реабилитации организма после длительной гипокинезии, вызывающей изменения реактивности к целому ряду внешних и внутренних факторов, в том числе и к инфекции, полученный главным образом в рамках космической медицины, который, конечно, полезен для широкой медицинской и ветеринарной практики [14]. При этом рекомендовано сочетанное применение следующих основных четырех мероприятий: рационального двигательного режима, постепенно увеличивающегося в объеме массажа, фармакологических и бальнеотерапевтических воздействий.

Для профилактики состояния иммунодефицитов у человека, вызванных длительной гипокинезией, используются различные анаболические препараты, поливитаминные комплексы, а также растительные адаптогены: элеутерококк, лимонник, маньчжурская аралия и т. д. [14].

Как отмечают ряд авторов [1–4, 15], в животноводстве длительное действие гиподинамии является одним из ведущих стресс-факторов, отрицательно влияющих не только на функциональное состояние всех органов и систем, но и на продуктивные и репродуктивные качества животных.

В ветеринарной медицине чаще используют как эффективный способ профилактики отрицательного действия гиподинамии и гипокинезии активный моцион [1–5, 7, 13, 15]. Существует способ коррекции иммунобиохимического статуса у животных при длительной адаптации к гипокинезии [18], включающий введение миксоферона, антигистаминной сыворотки и витамина С. Однако этот способ коррекции иммунного статуса был апробирован в основном на собаках.

Целью исследования явилось изучение особенностей функционирования иммунной системы телят при применении фармакологических средств для иммунокоррекции в условиях адаптации к длительной гиподинамии и гипокинезии.

Материал и методы исследования

Изучение влияния коррекции иммунного статуса в условиях гипокинезии на показатели, характеризующие неспецифическую резистентность, функциональную активность клеточного и гуморального звеньев иммунной системы, было проведено на 12 клинически здоровых бычках, подобранных по принципу аналогов.

У всех животных перед опытом в условиях нормальной двигательной активности была взята кровь для определения исходных (фоновых) показателей, характеризующих состояние клеточного и гуморального звеньев иммунной системы. В дальнейшем животных разделили на 2 равные группы и поместили в индивидуальные клетки Эверса, которые обеспечивают полное ограничение двигательной активности.

Первая группа служила контролем, в течение эксперимента (30 дней) не подвергалась никаким лечебным воздействиям. Второй – опытной группе телят через 5 дней с начала эксперимента вводили трехкратно с интервалом 7 дней следующие лечебные средства: иммуномодулятор миксоферон в количестве 15 доз и аскорбиновую кислоту в дозе 1,25 мл внутримышечно, антигистаминный препарат в дозе 20 мл подкожно. В качестве антигистаминного средства использовали гипериммунную антигистаминную сыворотку, содержащую антитела против биогенного амина (титр антител не ниже 1:256). Через месяц у телят была взята кровь для исследования показателей иммунного статуса.

При проведении иммунологических исследований крови и сыворотки крови использовали методики определения тестов I и II уровня, принятые в медицине и ветеринарии [19]. Иммунологические тесты I уровня включали определение содержания Т- и В-лимфоцитов, фагоцитарной активности нейтрофилов, НСТ-тест, активности лизоцима и бактерицидной активности сыворотки крови. Выделение лимфоцитов из крови проводили по методу А. Воцод (1968) в модификации Л.В. Хейфец и В.А. Абалкина (1973). Определение В-лимфоцитов по методу Е. Кэбонт, М. Майер (1968). Изучение содержания теофиллинрезистентных и теофиллинчувствительных Т-лимфоцитов проводили по методу теофиллинзависимого Е-розеткообразования (V Limatibuletall., 1978; N. Damle, S.Gupta, 1982, И.Д. Понякина и др., 1983). Фагоцитарная активность нейтрофилов определялась по методу Ю.Н. Одинцова



и Ю.Г. Рассадина (1970). Оценку функционально-метаболической активности нейтрофилов (НСТ-тест) проводили тестом восстановления нитросинего тетразолия по методу, описанному Г. Фримель (1987). Активность лизоцима сыворотки крови определяли методом нефелометрии, описанным В.Г. Дорофейчуком. Определение бактерицидной активности сыворотки крови проводили в отношении грамотрицательных бактерий фотонейфелометрическим методом О.В. Смирновой и Т.В. Кузьминой.

Иммунологические тесты II уровня включали методы, позволяющие оценить функциональную активность Т- и В-лимфоцитов, фагоцитов, комплемента, лизоцима, концентрацию циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК). Определение концентрации циркулирующих иммунных комплексов проводили по методу В.Г. Гашковой в соавт. (1978). Количественный анализ отдельных классов иммуноглобулинов (М, G) определяли по методу G. Mancini (1964). Определение активности комплемента в сыворотке крови проводили классическим методом гемолитического титрования комплемента по 100% гемолизу (А.С. Резникова, 1967; Е. Кэбот, М. Майер, 1968). Содержание гистамина в крови определяли спектрофотометрическим методом В.Н. Соминского с соавторами в модификации Э.Н. Коробейниковой (1989).

Полученные результаты сравнивали с фоновыми и значениями в контрольной группе. Данные, полученные в ходе проведения опыта, были подвергнуты биометрической обработке. Уровень достоверности вычисляли с использованием стандартного значения критерия досто-

верности по Стьюденту. Доверительную вероятность (P) считали статистически достоверной при $P < 0,05$.

Результаты исследований

При анализе результатов иммунологических исследований было установлено, что у животных контрольной группы на фоне длительной гиподинамии произошли значительные изменения ряда иммунологических показателей крови и сыворотки.

Фоновый показатель фагоцитарной активности нейтрофилов у телят составлял 47,28% (табл. 1), через месяц гиподинамии он достоверно снизился в контрольной группе до 39,44% ($P < 0,05$), а в опытной группе на фоне комбинированного применения иммуномодулятора миксоферона, аскорбиновой кислоты и антигистаминного препарата это снижение составило только 6,22%, причем фагоцитарная активность нейтрофильных лейкоцитов у телят опытной группы была выше, чем у животных контрольной группы на 11,06% ($P < 0,05$). У телят контрольной группы анализ таких показателей фагоцитоза, как средний и максимальный фагоцитарные индексы, которые лимитируют функциональную активность фагоцитов, показал существенное снижение по сравнению с фоновыми показателями соответственно на 35,63 и 36,81% ($P < 0,01$). В опытной группе животных выявлены незначительные изменения указанных показателей: они были ниже первоначальных значений на 14,38 и 12,89% ($P < 0,05$), однако достоверно превышали ($P < 0,01$) величины показателей контрольной группы.

Таблица 1 – Влияние коррекции на показатели неспецифической резистентности организма телят при адаптации к гиподинамии ($\bar{X} \pm S_x$, $n = 6$)

Показатель	Фоновые данные	Контрольная группа	Опытная группа
Фагоцитарная активность, %	47,28±1,36	39,44±1,56	44,34±1,18*
Фагоцитарный индекс средний	3,34±0,12	2,15±0,09	2,86±0,14*
Фагоцитарный индекс максимальный	6,52±0,18	4,12±0,17	5,68±0,16*
НСТ-активность спонтанная, %	49,14±1,68	41,24±1,72	46,58±1,24*
Индекс спонтанной НСТ-активности, усл. ед.	2,35±0,21	1,48±0,18	2,15±0,19**
НСТ-активность индуцированная, %	51,64±1,26	43,38±1,62	48,56±1,73*
Индекс индуцированной НСТ-активности, усл. ед.	3,18±0,22	1,74±0,14	2,78±0,32*

Примечание: * – значение достоверно при $P < 0,05$; ** – при $P < 0,01$; *** – при $P < 0,001$.

Для оценки функционально-метаболической активности нейтрофильных лейкоцитов периферической крови использовали НСТ-тест, при этом применяли как тест спонтанного восстановления красителя нитросинего тетразолия, так и тест восстановления красителя нитросинего тетразолия активированный (табл. 1). Установлено, что спонтанная НСТ-активность и индуцированная метаболическая НСТ-активность нейтрофилов на фоне гиподинамии существенно изменялись. Фоновое значение спонтанной НСТ-активности перед опытом составляло $49,14 \pm 1,68\%$, через месяц гиподинамии и гипокинезии оно достоверно снизилось в контрольной группе до $41,24 \pm 1,72\%$ ($P < 0,01$), в то же время в опытной группе степень активности клеток в спонтанной НСТ-реакции превысила показатели контрольной группы на $11,47\%$ ($P < 0,01$). На почве уменьшения показателя спонтанной НСТ-активности у животных контрольной группы резко снизилась и функциональная активность клеток (индекс спонтанной НСТ-активности) на $37,0\%$ ($P < 0,05$), а на фоне стимуляции с помощью фармакологических препаратов индекс спонтанной НСТ-активности у телят опытной группы увеличился по сравнению с показателем контрольной группы на $31,17\%$ ($P < 0,01$). Повышение показателя спонтанной НСТ-активности указывает на активизацию кислородного метаболизма в нейтрофилах и процессов дезактивации чужеродного агента.

Индуцированная НСТ-активность и индекс индуцированной НСТ-активности у телят в начале опыта имели такие значения: $51,64 \pm 1,26\%$ и $3,18 \pm 0,22$ усл. ед. К концу опыта индуцированная НСТ-активность нейтрофилов у телят контрольной группы снизилась на $16,0\%$ ($P < 0,05$), а в опытной группе только на $6,0\%$,

при этом его величина превышала показатель контрольной группы на $10,67\%$ ($P < 0,05$). Индекс индуцированной НСТ-активности в опытной группе стал выше, чем в контрольной группе на $37,42\%$ ($P < 0,01$). Показатели иммунограммы телят, характеризующие окислительно-восстановительный потенциал нейтрофилов крови, показали, что длительное ограничение двигательной активности сильно снижает функциональную активность клеточного звена иммунной системы. Однако применение препаратов с целью коррекции иммунного статуса значительно уменьшает негативное влияние гиподинамии и гипокинезии на иммунный статус организма животных. Повышение показателей НСТ-теста у животных опытной группы указывает на то, что под влиянием фармакологической коррекции происходит активация продуцирования свободных форм кислорода и их генерации в нейтрофилах, что говорит о значительном усилении процессов дезактивации чужеродных агентов.

Изучение количественного состава популяций лимфоцитов в крови телят (табл. 2) показало, что в результате месячной гиподинамии у телят контрольной группы произошло снижение общего количества лимфоцитов на $12,7\%$ ($P < 0,05$). Уровень иммунокомпетентных клеток Т-лимфоцитов в контрольной группе снизился на $23,63\%$, а концентрация В-лимфоцитов – на $47,0\%$ ($P < 0,01$) соответственно. У животных опытной группы процентное содержание лимфоцитов через месяц гиподинамии уменьшилось на 6% , однако превышало показатель контрольной группы на $2,3\%$.

Уровень Т- и В-лимфоцитов у телят опытной группы через месяц гиподинамии хотя и снизился, но был больше показателей контрольной группы на $24,0$ и $41,0\%$ ($P < 0,01$)

Таблица 2 – Влияние коррекции препаратами на содержание лимфоцитов крови организма телят при длительной адаптации к гипокинезии ($X \pm S_x$, $n = 6$)

Показатель	Фоновые данные	Контрольная группа	Опытная группа
Лимфоциты, %	$32,45 \pm 1,64$	$28,31 \pm 1,21$	$30,64 \pm 1,52$
Т-лимфоциты, %	$34,18 \pm 1,23$	$26,14 \pm 1,43$	$32,46 \pm 1,44^{**}$
В-лимфоциты, %	$23,56 \pm 1,86$	$14,86 \pm 1,74$	$20,94 \pm 1,58^{**}$
О-лимфоциты, %	$29,82 \pm 1,34$	$36,28 \pm 1,42$	$30,12 \pm 1,26$

Примечание: * – значение достоверно при $P < 0,05$; ** – при $P < 0,01$; *** – при $P < 0,001$.



соответственно. Содержание О-лимфоцитов (молодых незрелых форм лимфоцитов) после месячной гиподинамии у телят контрольной группы было выше исходного на 22 % ($P < 0,01$), а у животных опытной группы незначительно увеличилось – на 1 % ($P > 0,05$) от фоновых данных. Эти данные говорят об ослаблении напряжения лимфопоэтической функции в организме телят опытной группы на фоне коррекции препаратами.

Результаты лабораторного исследования крови показывают (табл. 3), что при адаптации к длительной гипокинезии и гиподинамии отмечается снижение факторов гуморального иммунитета. Об этом свидетельствует повышение показателя циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) у телят контрольной группы на 34,18 % ($P < 0,01$) по сравнению с фоновыми данными, и активация системы комплемента, уровень которого на фоне месячной гиподинамии повысился на 13,15 % ($P < 0,05$). В опытной группе в результате коррекции изменения этих показателей иммунограммы телят были незначительными. Содержание циркулирующих иммунных комплексов повысилось по сравнению с фоновым показателем только на 12,49 % ($P < 0,05$), а уровень активности комплемента остался практически без изменений.

Из научной литературы известно [17], что гиподинамия и гипокинезия (иммобилизационный стресс) вызывают повышение уровня свободного гистамина в крови животных. Поэтому представлялось важным определить уровень гистамина у телят на фоне длительной гиподинамии и на фоне применения препаратов для коррекции иммунного статуса. При этом было

установлено, что уровень гистамина в крови телят контрольной группы (табл. 3) после месячной гипокинезии повысился в 2,2 раза. В то же время на фоне применения миксоферона, аскорбиновой кислоты и антигистаминного препарата уровень гистамина в опытной группе повысился только на 26,20% и был ниже, чем в контрольной группе на 39,24 % ($P < 0,05$).

Результаты лабораторного исследования крови показали (табл. 3), что на фоне высокого уровня гистамина произошло угнетение функционального состояния гуморального звена иммунной системы, что проявилось в контрольной группе резким снижением уровня лизоцима через месяц гиподинамии на 35,60 % ($P < 0,01$) и иммуноглобулинов сыворотки крови телят: IgM – на 36,54 % ($P < 0,01$) и IgG – на 16,22 % ($P < 0,01$). Уровень лизоцима на фоне стимулирующей терапии после месячной гиподинамии в опытной группе превысил исходный показатель на 6,02 %, а в контрольной группе на 39,47 % ($P < 0,01$).

На фоне коррекции иммунного статуса организма телят в опытной группе через месяц опыта содержание IgM снизилось на 14,0%, но при этом его величина превышала значение показателя контрольной группы на 26,26 % ($P < 0,01$). Содержание IgG в опытной группе через 30 дней опыта практически было на уровне фонового показателя, а по сравнению с показателем контрольной группы оказалось выше на 17,70 % ($P < 0,01$).

Наряду со стабилизацией таких важных показателей, как лизоцим и иммуноглобулины Ig M и IgG, характеризующих состояние гуморального звена иммунной системы телят,

Таблица 3 – Влияние коррекции на показатели гуморального звена иммунной системы организма телят при длительной адаптации к гипокинезии ($X \pm S_x$, $n = 6$)

Показатель	Фоновые данные	Контрольная группа	Опытная группа
Циркулирующие иммунные комплексы, усл. ед.	46,63±1,62	70,84±1,68	53,28±1,84*
Лизоцим, мкг/мл	16,24±1,17	10,46±0,82	17,28±1,46**
Комплемент, %	34,42±1,48	39,63±1,23	35,24±1,36*
Бактерицидная активность сыворотки крови (БАСК), %	56,43±1,84	49,21±1,48	53,84±1,69**
Имуноглобулины Ig M, г/л	4,16±0,06	2,64±0,04	3,58±0,06**
Имуноглобулины IgG, г/л	36,52±1,83	30,60±1,64	37,18±1,62*
Гистамин, мкмоль/л	0,31±0,07	0,68±0,09	0,42±0,07*

Примечание: * – значение достоверно при $P < 0,05$; ** – при $P < 0,01$; *** – при $P < 0,001$.

отмечена нормализация показателя, характеризующего общую бактерицидную активность сыворотки крови (БАСК), уровень которого у телят опытной группы снизился после месячной гиподинамии только на 4,59% и превысил при этом показатель контрольной группы на 8,6% ($P < 0,01$).

Значительное угнетение функционального состояния клеточного и гуморального звеньев иммунной системы телят на почве длительной гиподинамии свидетельствует о развитии вторичного иммунодефицита, на фоне включения механизмов, обуславливающих нарушения функций иммунной системы.

Выводы

Таким образом, полученные результаты по изучению влияния способа коррекции иммунного статуса при длительной гиподинамии и гипокинезии на состояние неспецифической резистентности, клеточного и гуморального звеньев иммунной системы организма телят позволяют сделать заключение о том, что применение миксоферона, аскорбиновой кислоты и антигистаминного препарата снижает отрицательное действие иммобилизационного стресса на организм животных. Использование испытанных фармакологических препаратов приводит к стимуляции механизмов иммунологической защиты организма телят и торможению развития иммунопатологических реакций, возникающих при адаптации к длительной гиподинамии и гипокинезии.

Список литературы

1. Белобороденко А. М., Белобороденко Т. А., Белобороденко М. А. Задержание послета у коров различных типов ВНД в условиях гиподинамии и профилактика // *Фундаментальные исследования*. 2003. № 3. С. 19–21.
2. Белобороденко М. А. Коррекция функции органов репродукции у коров, находящихся в условиях гиподинамии // *Ветеринарная патология*. 2009. № 2 (29). С. 53–55.
3. Белобороденко А. М. Морфофункциональное состояние яичников у коров, находящихся в условиях гиподинамии, и коррекция // *Фундаментальные исследования*. 2011. № 10. С. 30–34.
4. Белобороденко А. М. Морфофункциональное состояние организма и половых органов телок, выращиваемых в экстремальных условиях гиподинамии : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2003. 24 с.
5. Возрастная динамика формирования пищевого поведения у телят при свободном движении и гиподинамии / Т. Ф. Василенко [и др.] // *Сельскохозяйственная биология*. 2010. № 2. С. 95–99.
6. Гизатуллин А. Н., Молоканов В. А. Иммунобиохимический статус у животных при длительной адаптации к гипокинезии // *Аграрный вестник Урала*. 2008. № 7 (49). С. 55–56.
7. Гизатуллин А. Н. Сравнительная характеристика обмена белков и активности ферментов у животных при разном объеме мышечной деятельности // *Ученые записки Казанской государственной ветеринарной академии им. Н. Э. Баумана*. 2011. Т. 207. С. 132–137.
8. Гизатуллин А. Н. Характеристика биохимических показателей крови бычков при адаптации к гипокинезии // *Ученые записки Казанской государственной ветеринарной академии им. Н. Э. Баумана*. 2014. Т. 219. С. 113–117.
9. Гизатуллин А. Н. Влияние гипокинезии и гиподинамии на состояние антиоксидантной системы организма животных // *Наука*. 2014. № 4–1. С. 83–86.
10. Гизатуллина Ф. Г., Гизатуллин А. Н. Основные принципы проведения фармакологической иммунокоррекции // *Актуальные проблемы биологии и ветеринарной медицины мелких домашних животных : матер. IV Междунар. науч.-практ. конференции*. Троицк : УГАВМ, 2001. С. 95–97.
11. Гизатуллина Ф. Г., Гизатуллин А. Н., Молоканов В. А. Основы клинической иммунологии / под ред. Ф. Г. Гизатуллиной. Троицк : УГАВМ, 2009. 200 с.
12. Гизатуллина Ф. Г., Шигабутдинова Э. И. Влияние гиподинамии на иммунный статус организма телят // *АПК России*. 2019. Т. 26. № 5. С. 851–856.
13. Голиков А. Н. Адаптация сельскохозяйственных животных. М. : Агропромиздат, 1985. 216 с.
14. Коваленко Е. А., Гуровский Н. Н. Гипокинезия. М. : Медицина, 1980. 319 с.
15. Ломтатидзе А. И., Шурманова Е. И. Причины вынужденной гиподинамии у крупного рогатого скота и ее влияние на воспроизводительные особенности // *Молодежь и наука*. 2016. № 12. С. 23–27.



16. Молоканов В. А., Шигабутдинова Э. И., Макарова Л. И. Коррекция иммунобиохимического статуса у животных при длительной адаптации к гипокинезии // Современные наукоемкие технологии. 2004 № 4. С. 13–16.

17. Роль гистамина в организме животных / В. А. Молоканов, Э. Н. Коробейникова, К. М. Камсаев, Э. И. Шигабутдинова. Челябинск, 2006. 208 с.

18. Пат. РФ № 2253476. Способ коррекции иммунобиохимического статуса у животных при длительной адаптации к гипокинезии / В. А. Молоканов [и др.] ; опубл. 10.06.2005. Бюл. № 16.

19. Топурия Л. Ю., Топурия Г. М. Иммунологические методы исследований в ветеринарной медицине. Оренбург : Изд. центр ОГАУ, 2006. 42 с.

Гизатуллина Фирдаус Габдрахмановна, д-р биол. наук, профессор кафедры инфекционных болезней, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: gizatullina-f@mail.ru.

Безин Александр Николаевич, д-р ветеринар. наук, профессор кафедры незаразных болезней, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: bezin74@mail.ru.

Шигабутдинова Эльвира Ильдусовна, канд. ветеринар. наук, доцент кафедры биологии, экологии, генетики и разведения животных, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: Troick78@mail.ru.

* * *

УДК 619:616.995.428:636.8

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ РАЗНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ ОТОДЕКТОЗА У КОШЕК

Ф. Г. Гизатуллина, М. А. Дерхо, Ж. С. Рыбьянова, А. Ю. Вяги

Приведены данные об эффективности препаратов «стронгхолд», «Барс», «ивермек» для лечения кошек при отодектозе. В условиях ветеринарной клиники мегаполиса изучена в сравнительном аспекте эффективность лечения отодектоза у кошек разными акарицидными препаратами. Установлено, что лечение стронгхолдом обеспечивает более высокий терапевтический эффект. Лечение каплями «Барс» имеет хорошую терапевтическую эффективность и экономически более целесообразно. Результаты исследования могут быть рекомендованы при оптимизации схем лечения отодектоза у кошек в ветеринарных клиниках крупных городов.

Ключевые слова: кошки, клещи *O. cynotis*, отодектоз, лечение, акарицидные препараты, капли на холку «стронгхолд», ушные капли «Барс», раствор для инъекций «ивермек».

Отодектоз (ушная чесотка, ушной клещ) плотоядных – паразитарное заболевание, проявляющееся зудом и расчесами кожи ушных раковин. Болезнь вызывается микроскопическим клещом *Otodectes cynotis*, болеют кошки, собаки и пушные звери. Болезнь очень заразна для животных. По данным отечественных исследователей, отодектоз плотоядных на территории страны имеет широкое распространение с экстенсивностью инвазии до 55% [8, 10, 17, 18]. Как указывают ряд авторов, отодектоз является одним из наиболее проблемных заболеваний кошек и собак в городах [3, 18]. Болезнь чаще отмечают среди молодых животных, в возрасте от двух до шести месяцев, при этом

экстенсивность инвазии составляет 30,9–34,4% [12, 23]. На Южном Урале отодектоз у кошек имеет широкое распространение [1, 20, 22].

Наиболее подвержены ушному клещу котята, молодые кошки и животные с ослабленной иммунной системой [11]. Отодектоз характеризуется поражением кожи внутренней части ушных раковин и сопровождается зудом. Животные часто трясут головой, чешут лапами уши. В полости среднего и внутреннего уха появляется гнойный экссудат. Весь жизненный цикл клеща проходит обычно на поверхности наружного слухового прохода у собак, кошек, диких хищных животных. Болезнь часто передается от зараженных животных и от предметов,



с которыми они контактировали (подстилка, трава, миска) [1–5].

В зависимости от наличия тех или иных клинических симптомов у больных животных выделяют три степени поражения отодектозом: слабую, среднюю и сильную. В научной литературе имеются данные о типичном течении болезни [13] и об атипичной форме ушной чесотки [12].

У кошек различают три формы болезни: типичную, атипичную и осложненную. Типичная форма сопровождается зудом, образованием в слуховом проходе и завитковой части ушной раковины корок и струпьев серого или серо-коричневого цвета, среди которых невооруженным глазом заметны живые клещи. Наиболее часто поражение ушей наблюдается у котят и молодых кошек. Как правило, поражаются оба уха. Клинические симптомы проявляются в виде наружного отита (как правило, двустороннего). Различают две формы клинических признаков. Легкая форма: характеризуется коричневыми суховатыми корочками. При этом покраснения и эритемы незаметны. Тяжелая форма: воспаление, эритемы, экскреции вокруг слухового прохода, эрозии, гематомы. Иногда клещи могут паразитировать на других частях тела, при этом вызывая неспецифический зудящий дерматит. Может возникнуть вторичная инфекция. Интенсивность симптомов зависит от количества паразитов, а также от реакции животного на заражение (аллергическая реакция). Запущенная форма отодектоза у кошек очень опасна [13].

Для постановки диагноза используют данные анамнеза, клинических симптомов, а также лабораторную диагностику (арахно-энтомологические исследования). Изучают поверхностный соскоб, взятый с внутренней стороны ушной раковины, микроскопируют приготовленный препарат под малым увеличением [5, 22].

Для лечения отодектоза используют наружные средства, наносимые на кожу или непосредственно в уши, а также средства системного действия. Наиболее эффективна комбинация препаратов, наносимых на кожу, и средств системного действия, поскольку клещи отодексы могут паразитировать за пределами ушного канала [16]. В качестве акарицидов в ветеринарной практике применяются пиретроиды, фосфоорганические и хлорорганические соединения, авермектины, фипронил, амитраза

и другие лекарственные средства в форме капель, спрея, мази или пасты. По отзывам хорошие результаты дает применение капель стронгхолд, фронтлайн, милбемицин, акарекс, фипронил, селамектин, неостомозан, аурикан [1–3, 6, 11, 15, 17, 19, 21, 25].

Для лечения отодектоза у кошек используют препараты в форме капель на холку (фиприст спотон, орицин, амит форте, Адвокат), спрея (ивермек), геля (ивермек), мази (аверсектиновая) согласно инструкции по их применению. Изучение эффективности акарицидных свойств препаратов показало, что их можно использовать при отодектозе в терапевтических целях, так как эффективность обработок составляла 95–100% [6].

Многие авторы отмечают, что все препараты следует применять только в соответствии с инструкцией по применению. Лечение длится от двух до четырех недель, пока все клещи не погибнут. В связи с тем, что клещ может жить на всем теле кошки, включая хвост и лапы, необходимо обрабатывать все тело. По мнению некоторых специалистов, эффективны большинство веществ, предназначенных для борьбы с блохами и клещами, такие как аэрозоли, капли и шампуни, содержащие указанные выше ингредиенты [11]. Вместе с тем, есть сообщения, что у клещей вырабатывается резистентность к той или иной группе акарицидов, поэтому для борьбы с отодектозом нужно иметь широкий перечень препаратов, чтобы не было привыкания к ним клещей отодексов [15].

Для лечения отита как осложнения применяют блокады ушных нервов, капли, мази для ушей из антибиотиков, антигистаминов, кортикостероидов, физиотерапевтические процедуры и т. п.

В связи с массовостью заражения кошек клещами *Otodectes cynotis* проблема отодектоза достаточно актуальна. Поэтому разработка новых препаратов и поиск наиболее эффективных способов лечения больных кошек имеет научное и практическое значение.

Целью работы являлась сравнительная оценка эффективности трех способов лечения: препаратом «Стронгхолд», ушными каплями «Барс» и инъекционным раствором «Ивермек», изучение влияния препаратов на гематологический и биохимический статус организма кошек при отодектозе в условиях мегаполиса.

Материалы и методы исследования

Для оценки эффективности акарицидных препаратов в 2019 г. был проведен опыт в условиях ветеринарной клиники «Зоовет», расположенной в г. Челябинске, на беспородных кошках, спонтанно зараженных отодексами. При постановке диагноза на отодектоз кошек учитывались клинические признаки болезни, а также микроскопические исследования соскобов из ушной раковины животных. Для обнаружения клещей соскобы брались со свежих, еще не уплотнившихся очагов (не менее чем с 2–3 мест) на границе пораженной и здоровой кожи и помещались в стеклянные пробирки. С целью изучения жизнеспособности клещи просматривались под микроскопом. Диагноз на отодектоз считали установленным при обнаружении яиц, личинок, нимф или имаго клещей вида *Otodectes cynotis*. Было сформировано 3 группы по принципу аналогов (преимущественно коты, возраст 1,5 года) по 6 животных в каждой группе. Кошки принадлежали владельцам, поэтому находились в различных условиях содержания.

В первой группе было 6 животных – 4 кота и 2 кошки, лечение проводилось препаратом «стронгхолд» однократно наружно – капли на холку в дозе 1 пипетка на животное. В пипетке объемом 0,75 мл содержался селамектин в форме 6% раствора в количестве 45 мг. Селамектин – действующее вещество препарата «стронгхолд», по внешнему виду препарат представляет собой прозрачный, бесцветный или бледно-желтого цвета раствор для наружного применения с содержанием 6% или 12% селамектина. Селамектин обладает широким спектром системного противопаразитарного действия на нематод, насекомых и саркоптоидных клещей, паразитирующих у собак и кошек. Механизм действия препарата заключается в способности селамектина, связываясь с рецепторами клеток мышечной и нервной ткани паразитов, увеличивать проницаемость мембран для ионов хлора, что приводит к блокаде электрической активности нервных и мышечных клеток нематод и членистоногих, их параличу и гибели. Ввиду того, что у млекопитающих эти рецепторы локализованы только в центральной нервной системе, а селамектин не проникает через гематоэнцефалический барьер, в рекомендуемых дозах препарат безопасен для собак и кошек. Стронгхолд хорошо

всасывается с места нанесения. Селамектин длительное время сохраняется в крови в терапевтической концентрации, обеспечивая уничтожение паразитов и защиту животных от реинвазии в течение месяца. Стронгхолд относится к низкотоксичным для теплокровных животных соединениям (ЛД50 селамектина для мышей при введении внутрь составляет 1600 мг/кг). Препарат хорошо переносится кошками. Препарат наносили непосредственно на сухую кожу животного. Для этого раздвигали шерсть между лопатками у основания шеи и полностью выдавливали содержимое пипетки, избегая его попадания на руки. Место нанесения препарата не массировали.

В процессе лечения рекомендуется проводить очистку слухового прохода от экссудата и струпьев, а в случаях осложнения отодектоза отитами назначать соответствующее лечение противомикробными и противовоспалительными средствами. При необходимости курс лечения повторяют через 1 месяц.

Во второй группе было 6 животных – 4 кота и 2 кошки, лечение проводилось препаратом ушные капли «Барс», по 3 капли в каждое ухо, трижды с интервалом 7 дней. В инструкции по использованию ушных капель «Барс» указано двукратное применение полного цикла лечения или повторное лечение. Оказалось, что эта мера является недостаточной при двукратном применении препарата, так как часть особей клещей и особенно яйца выживали. Яйца клещей имеют более плотные покровы и мало восприимчивы к препарату. Окончательное уничтожение ушных клещей происходило лишь при трехкратном применении препарата, после выхода личинок из оставшихся яиц [10].

Перед обработкой ушные раковины и слуховой проход очищали от струпьев и загрязнений тампоном, смоченным препаратом, затем закапывали пипеткой неглубоко в каждое ухо кошек по 3 капли препарата. Для более полной обработки всей поверхности ушной раковины и слухового прохода ушную раковину складывали вдоль и слегка массировали ее основание.

Препарат «Барс» содержит диазинон и компоненты, обладающие антимикробным и противовоспалительным действием. По внешнему виду препарат представляет собой жидкость светло-зеленого цвета, со слабым специфическим запахом. Препарат активен в отношении саркоптоидных клещей – возбуди-



телей отодектоза кошек и собак. Входящие в состав препарата активные компоненты обладают акарицидным, бактерицидным и противовоспалительным действием. Препарат относится к среднетоксичным для теплокровных животных соединениям, в рекомендуемых дозах не оказывает местно-раздражающего, кожно-резорбтивного и сенсibiliзирующего действия. Препарат противопоказано применять при перфорации барабанной перепонки и гиперчувствительности к компонентам препарата.

В третьей группе было 6 котов, лечение проводилось препаратом «Ивермек», который вводили подкожно в дозе 0,1 мл, дважды с интервалом 8 дней. По внешнему виду препарат представляет собой слегка опалесцирующую жидкость от бесцветного до светло-желтого цвета.

Лекарственная форма: раствор для инъекций. «Ивермек» в 1 мл в качестве действующих веществ содержит: ивермектин – 10 мг и токоферола ацетат (витамин Е) – 40 мг, а также вспомогательные вещества: диэтиленгликоля моноэтиловый эфир, полиоксиэтилированное-35-касторовое масло, бензиловый спирт, вода для инъекций. Ивермек относится к противопаразитарным лекарственным препаратам системного действия класса макроциклических лактонов. По степени воздействия на организм согласно ГОСТ 12.1.007-76 Ивермек относится к веществам «умеренно опасным» (3-й класс опасности), действующее вещество – ивермектин относится к веществам «чрезвычайно опасным» (1-й класс опасности).

В день поступления в клинику и в конце лечения у кошек брали пробы крови для клинического общего и биохимического анализа, который был выполнен в лаборатории клиники. Общий и биохимический анализ крови кошек проводили общепринятыми ветеринарными лабораторными методами [14]. Через 21 день после начала лечения была проведена повторная лабораторная диагностика, исследование соскоба из ушных раковин. Эффективность лечения учитывали на основании проведения микроскопии соскобов, взятых с внутренней поверхности ушной раковины и слухового прохода, по наличию или отсутствию ушного клеща.

Полученные цифровые данные подвергли биометрической обработке, уровень достоверности вычисляли при помощи стандартного критерия достоверности по Стьюденту.

Результаты исследования

Всем животным перед лечением проводили очистку ушных раковин и слуховых проходов от загрязнений и корочек раствором фурацилина. Лечение кошек, больных отодектозом, было направлено на уничтожение клещей вида *Otodectes cynotis* на всех фазах их развития (яйцо, личинка, протонимфа, телеонимфа, имаго), снятие воспалительных процессов. Больным животным обеспечивали хорошие условия содержания и кормления.

Для характеристики состояния подопытных кошек в начале лечения и после его проанализировали морфологические и биохимические

Таблица 1 – Морфологические показатели крови кошек до лечения ($X \pm S_x$, $n = 6$)

Показатель	Норма	1-я группа	2-я группа	3-я группа
Эритроциты, $10^{12}/л$	5,3–10	6,5±0,08	6,73±0,14	6,8±0,17
Гемоглобин, г/л	80–150	103,33±3,1	101,33±2,46	114,67±0,75
Цветной показатель	0,65–0,9	0,73±0,01	0,70±0,01	0,74±0,01
Лейкоциты, $10^9/л$	5,5–18,5	6,6±0,09	7,13±0,09	9,27±0,10
Тромбоциты, $10^9/л$	300–630	387,67±9,93	433,0±3,08	433,0±4,88
Гематокрит, %	26–48	33,0±0,75	33,67±0,56	37,33±0,60
Скорость оседания эритроцитов (СОЭ), мм/ч	0–13	9,0±0,39	9,0±0,15	3,0±0,14
Базофилы, %	–	0	0	0
Эозинофилы, %	0–4	4,33±0,48	5,67±0,31	4,0±0,16
Палочкоядерные нейтрофилы, %	0–3	2,32±0,09	2,33±0,09	2,0±0,15
Сегментоядерные нейтрофилы, %	35–75	60,0±1,57	57,67±0,31	56,34±1,06
Лимфоциты, %	25–55	31,67±1,75	32,0±0,26	35,33±0,82
Моноциты, %	1–4	1,68±0,09	2,33±0,09	2,33±0,09

показатели крови. Анализ клеточного состава крови животных до лечения (табл. 1) показал, что почти все величины гематологических показателей находились в пределах физиологических значений. Только при исследовании лейкоцитарной формулы отмечено увеличение числа эозинофилов в крови: в первой группе незначительное – на 8%, во второй группе – на 42%, в третьей группе содержание этих клеток находилось на уровне верхней границы нормы. Увеличение количества эозинофилов в крови считается в гематологии симптомом, характерным для аллергических и некоторых паразитарных состояний.

Анализ биохимических показателей сыворотки крови больных кошек показал (табл. 2), что общий белок и продукты обмена белка в организме – мочевина и креатинин находились в пределах физиологических колебаний. Уровень глюкозы в крови подопытных кошек (5,33–5,93 ммоль/л) также соответствовал нормативным значениям. Концентрация общего билирубина в плазме крови не была увеличена. Исследование активности ферментов трансаминаз (АсАТ, АлАТ), щелочной фосфатазы (ЩФ) и альфа-амилазы выявило, что у больных кошек были «нормальные» величины активности, которые были в границах физиологических значений.

Содержание основного внутриклеточного катиона – калия в плазме крови больных подопытных кошек была в пределах значений 4,10–4,37 ммоль/л. Уровень общего кальция и неорганического фосфора в плазме крови также не выходил за границы физиологических значений.

Влияние проведенного лечения кошек, больных отодектозом, на морфологический состав крови отражено в таблице 3. По первой группе животных отмечены следующие изменения гематологических показателей: увеличение содержания гемоглобина на 16,4% ($P < 0,001$), лейкоцитов – на 15,2% ($P < 0,001$); снижение СОЭ на 18,6% ($P < 0,01$), уменьшение количества эозинофилов на 38,3% ($P < 0,01$), палочкоядерных нейтрофилов на 56,9% ($P < 0,001$), моноцитов на 20,8% ($P < 0,05$).

Изменение содержания гемоглобина тесно связано с недостоверным увеличением количества эритроцитов на 3,1% и показателя гематокрита на 7,1%. На положительный сдвиг в эритроцитозе указывает и определение степени насыщения эритроцитов пигментом гемоглобином, в конце лечения цветовой показатель повысился на 2,7%. Как известно, лейкоциты являются своеобразным индикатором, отражающим особенности состояния организма [9], поэтому выраженное повышение уровня лейкоцитов в периферической крови кошек отражает усиление защитных сил организма в результате лечения «Стронгхолдом».

Клетки белой крови в основном участвуют в процессе фагоцитоза, поэтому изменения в лейкоцитарной формуле количества палочкоядерных нейтрофилов и моноцитов, на наш взгляд, обусловлены затуханием воспалительного процесса в месте локализации клещей. Эозинофилы, как и базофилы, служат переносчиками биогенного амина – гистамина, избыток которого вызывает аллергические реакции (крапивницу, зуд и др.), уменьшение содержания

Таблица 2 – Биохимические показатели крови кошек до лечения ($\bar{X} \pm S_x$, $n = 6$)

Показатель	Норма	1-я группа	2-я группа	3-я группа
Общий белок, г/л	54–77	64,0±0,93	68,67±0,48	62,67±0,23
Мочевина, ммоль/л	5,4–12	10,37±0,05	8,83±0,27	9,4±0,18
Креатинин, мкмоль/л	49–165	142,33±0,74	133,67±0,82	101,33±0,82
Глюкоза, ммоль/л	3,3–6,3	5,33±0,1	5,63±0,11	5,93±0,02
Билирубин, мкмоль/л	3–12	10,0±0,18	9,1±0,15	8,17±0,12
АлАТ, Ед/л	19–79	55,33±2,42	43,33±1,01	46,0±1,47
АсАТ, Ед/л	9–30	23,67±0,74	21,33±0,76	19,67±0,46
Щелочная фосфатаза, Ед/л	39–55	46,33±0,43	44,0±0,54	46,00±0,26
Альфа-амилаза, Ед/л	580–1600	902,0±4,52	908,67±12,39	784,67±19,84
Калий, ммоль/л	3,8–5,4	4,37±0,06	4,37±0,10	4,1±0,01
Общий кальций, ммоль/л	2,0–2,7	2,4±0,03	2,37±0,01	2,27±0,02
Неорганический фосфор, ммоль/л	1,3–2,4	1,8±0,00	1,83±0,02	1,73±0,01



этих гранулоцитов – хороший прогностический признак. Замедление СОЭ также свидетельствует об ослаблении активно протекавшего воспалительного процесса.

При анализе гематологических показателей кошек второй группы было выявлено, что после лечения у них повысилось содержание гемоглобина на 9,9% ($P < 0,05$), увеличилась величина гематокрита – на 4,9% ($P < 0,01$), количество лейкоцитов – на 9,8% ($P < 0,001$), замедлилось СОЭ на 7,4% ($P < 0,05$). В лейкоцитарной формуле крови кошек второй группы уровень лимфоцитов стал больше на 11,5% ($P < 0,001$), однако уменьшилась концентрация эозинофилов – на 35,3% ($P < 0,001$), палочкоядерных нейтрофилов – на 57,1% ($P < 0,001$), моноцитов – на 28,3% ($P < 0,001$), остальные изменения значений морфологических показателей крови не были достоверными.

Изучение морфологических показателей крови кошек третьей группы после лечения показало, что отмечается положительная тенденция по нормализации клеточного состава крови, гемоглобина, цветного показателя, гематокрита, СОЭ, процентного соотношения различных видов лейкоцитов. Следует отметить достоверное снижение в крови кошек, которых лечили «Ивермеком», числа эозинофилов на 25% ($P < 0,001$) по сравнению с исходным уровнем. Это важный симптом, характеризующий осво-

ждение организма животных от патогенного действия клещей отодексов.

Основные биохимические показатели крови кошек подопытных групп после проведенного лечения представлены в таблице 4. Сопоставление полученных данных с исходными значениями показало, что в первой группе есть достоверные изменения величин таких показателей, как мочевины, креатинин, щелочная фосфатаза, неорганический фосфор. Так, содержание мочевины повысилось на 1,5% ($P < 0,05$), креатинина – на 2,1% ($P < 0,05$), активность щелочной фосфатазы – на 5,1% ($P < 0,001$), неорганического фосфора – на 1,7% ($P < 0,001$). Однако следует указать, что все эти сдвиги в уровне этих продуктов были в пределах физиологических колебаний, поэтому эти изменения вероятно связаны с действием применяемого препарата и нормализацией метаболизма, в частности белкового обмена.

Если общеклиническое исследование крови кошек второй группы после лечения выявило достоверные изменения ряда показателей, то биохимический анализ сыворотки крови не показал статистически значимых сдвигов в содержании отдельных химических компонентов в крови. Основные биохимические показатели были в пределах нормы, сравнение с исходным уровнем свидетельствует о нормализации полученных данных.

Таблица 3 – Морфологические показатели крови кошек после лечения ($X \pm S_x$, $n = 6$)

Показатель	Норма	1-я группа	2-я группа	3-я группа
Эритроциты, $10^{12}/л$	5,3–10	6,7 \pm 0,08	6,9 \pm 0,16	6,9 \pm 0,17
Гемоглобин, г/л	80–150	120,33 \pm 1,49***	111,33 \pm 2,89*	115,67 \pm 0,6
Цветной показатель	0,65–0,9	0,75 \pm 0,01	0,71 \pm 0,02	0,78 \pm 0,02
Лейкоциты, $10^9/л$	5,5–19,5	7,6 \pm 0,16***	7,83 \pm 0,11***	9,43 \pm 0,09
Тромбоциты, $10^9/л$	300–630	409,65 \pm 8,74	436,67 \pm 3,19	435,33 \pm 4,85
Гематокрит, %	26–48	35,33 \pm 0,75*	36,40 \pm 0,6**	38,67 \pm 0,52
Скорость оседания эритроцитов (СОЭ), мм/ч	0–13	7,33 \pm 0,23**	8,33 \pm 0,23*	3,0 \pm 0,15
Базофилы, %	–	0	0	0
Эозинофилы, %	0–4	2,67 \pm 0,09**	3,67 \pm 0,23***	3,0 \pm 0,15***
Палочкоядерные нейтрофилы, %	0–3	1,00 \pm 0,00***	1,0 \pm 0,00***	1,67 \pm 0,09
Сегментоядерные нейтрофилы, %	35–75	61,33 \pm 0,69	58,0 \pm 0,68	58,33 \pm 0,67
Лимфоциты, %	25–55	33,67 \pm 0,56	35,67 \pm 0,56**	34,67 \pm 0,46
Моноциты, %	1–4	1,33 \pm 0,09*	1,67 \pm 0,09***	2,33 \pm 0,09

Примечание: величины показателей по каждой группе сравниваются с величинами до лечения; здесь и далее * – значение достоверно при $P < 0,05$; ** – при $P < 0,01$; *** – при $P < 0,001$.

На фоне проведенного лечения при углубленном исследовании сыворотки крови кошек третьей группы установлены достоверные изменения величин таких показателей, как повышение активности аспаратаминотрансферазы на 8,4% ($P < 0,05$) и щелочной фосфатазы на 3,6% ($P < 0,01$), по сравнению со значениями до лечения. По остальным биохимическим показателям наблюдалась положительная тенденция. Нормализация биохимических показателей крови указывает на улучшение общего состояния животных.

В результате опыта было установлено, что все подопытные животные при своевременном лечении выздоровели. У всех кошек постепенно исчезли признаки клинической картины инвазии. В первой группе клиническое выздоровление у домашних питомцев наступило на 12-й день, во второй группе – на 16-й день, в третьей группе – на 14-й день. Контрольный соскоб был проведен через 21 день, результат лабораторного исследования проб с участков кожи ушей животных на наличие клещей отодексов был отрицательный.

При оценке результатов проведенного опыта установили, что исследуемые ветеринарные акарицидные средства оказались эффективны при лечении кошек, больных отодектозом, но препарат «Стронгхолд» оказал более быстрый лечебный эффект, чем препараты «Барс» и «Ивермек».

Обсуждение

Отодектоз – одно из наиболее часто встречающихся в клинической практике заболеваний

плотоядных животных. Болезнь вызывают клещи *Otodectes cynotis*, паразитирующие на внутренней поверхности ушных раковин, слуховых проходах и вблизи барабанной перепонки. У собак и кошек отодектоз регистрируется спорадически. Болезнь имеет сезонные колебания, но может проявляться в любое время года. Болеют чаще и тяжелее молодые, а также взрослые животные с ослабленным иммунитетом. Для уничтожения клещей применяют акарицидные средства. Известно большое количество акарицидных препаратов (более 40), а также разнообразные схемы лечения. Кроме назначения мазей, растворов, инъекционных и гелевых форм, в ветеринарной практике имеется опыт применения лекарственной формы в виде капель на холку для лечения животных, больных отодектозом. Однако разнообразие методов лечения и большой выбор препаратов для лечения кошек, больных отодектозом, не всегда дает возможности эффективного и быстрого решения проблемы. Имеется ряд причин, объясняющих, почему известные схемы не обеспечивают быстрого выздоровления животного, в том числе формирование резистентности у клещей к тому или иному препарату. Кроме того, на сегодняшний день нет акарицидных средств, которые обладали бы 100%-й овицидной активностью. Вместе с тем, у некоторых препаратов есть противопоказания или те или иные ограничения по применению. Поэтому поиск наиболее эффективных способов лечения больных кошек имеет практическое значение.

По мнению специалистов [15], масляные растворы акарицидных препаратов более

Таблица 4 – Биохимические показатели крови кошек после лечения ($\bar{X} \pm S_x$, $n = 6$)

Показатель	Норма	1-я группа	2-я группа	3-я группа
Общий белок, г/л	54–77	65,0±0,65	66,67±0,86	63,16±0,34
Мочевина, ммоль/л	5,4–12	10,53±0,05*	8,9±0,6	9,5±0,15
Креатинин, мкмоль/л	49–165	145,33±0,6*	136,0±1,04	103,23±0,76
Глюкоза, ммоль/л	3,3–6,3	5,5±0,06	5,63±0,10	5,93±0,02
Билирубин, мкмоль/л	3–12	10,2±0,18	9,2±0,15	8,23±0,12
АлАТ, Ед/л	19–79	57,67±2,18	44,33±1,25	47,67±1,39
АсАТ, Ед/л	9–30	24,67±0,60	22,67±0,52	21,33±0,52*
Щелочная фосфатаза, Ед/л	39–55	48,67±0,17***	43,33±0,76	47,67±0,38**
Альфа-амилаза, Ед/л	580–1600	892,33±1,61	916,67±11,18	790,67±17,92
Калий, ммоль/л	3,8–5,4	4,37±0,06	4,40±0,10	4,2±0,02
Общий кальций, ммоль/л	2,0–2,7	2,43±0,02	2,37±0,01	2,34±0,02
Неорганический фосфор, ммоль/л	1,3–2,4	1,83±0,01**	1,8±0,01	1,78±0,02



эффективны при отодектозе, чем водные эмульсии этих же препаратов. Низкая эффективность от однократного или двукратного применения может быть обусловлена тем, что акарициды не обладают 100-процентным овоцидным действием, поэтому на момент вылупа личинки из яйца через 5–7 дней концентрация действующего вещества снижается. Вследствие этого уменьшается и акарицидное действие препарата.

При поиске наиболее эффективных способов лечения кошек, больных отодектозом, имеет значение стоимость используемых акарицидных средств. Одним из критериев, определяющих целесообразность лечебных мероприятий, является экономическая сторона вопроса.

Стоимость препарата «стронгхолд» составляет 535 рублей за 1 пипетку. Преимуществом препарата является: однократность и легкость применения (капается на холку), безболезненность, животное не испытывает беспокойство; комплексное действие препарата (от экто- и эндопаразитов). Согласно инструкции, у препарата минимальное количество противопоказаний и возможных побочных эффектов. В нашем опыте при терапии стронгхолдом ни у одного животного не наблюдалось негативных побочных последствий. Недостатком применения стронгхолда является высокая цена.

Стоимость препарата «Барс» составляет 230 рублей. Преимуществом его является невысокая цена, минимум противопоказаний и побочных эффектов. Недостатком является необходимость двух-трехкратного применения, беспокойство животных во время обработки, препарат действует только против отодектоза.

Большим преимуществом «ивермека» является цена – 10 рублей за 0,05 мл препарата, а также широкий спектр действия. Эффективность – все животные выздоровели. Однако ивермеком не рекомендуется лечить беременных и лактирующих кошек. Котятам это средство применять можно, только если им не менее 3 месяцев. В любом случае маленьких котят желательно лечить под контролем ветеринарного врача. К недостаткам использования ивермека следует отнести: необходимость доставки животного в клинику на повторную инъекцию, дополнительная оплата за инъекцию и шприц (за 1 процедуру выходит 70 рублей). Также надо учесть затраты на поездку в клинику, потраченное время. Животные испытывают дополни-

тельный стресс из-за поездки, болезненности процедуры. Все кошки реагировали при проведении инъекций. Важно отметить отсутствие официальной инструкции по применению ивермека в виде раствора для инъекций у кошек и большое количество противопоказаний и побочных эффектов. Согласно инструкции, ивермек в любой препаратной форме противопоказан при наличии инфекционных заболеваний; в период выздоровления; период восстановления после перенесенных операций; при истощении.

Для определения экономической эффективности ветеринарных мероприятий при отодектозе кошек в соответствии с рекомендациями, разработанными для мелких непродуктивных животных, учитывали затраты на лечение животных в разных группах [7]. Расчеты показали преимущество использования ушных капель «Барс».

Выводы

При отодектозе у кошек отмечается зуд и расчесы кожи ушных раковин, обусловленные паразитированием клещей *O. cynotis*. В связи с локальными воспалительными процессами при типичной форме отодектоза в гематологическом и биохимическом статусе крови животных значительных изменений не выявлено, за исключением увеличения числа эозинофилов в лейкограмме. Анализ полученных данных свидетельствует, что схема лечения с использованием препарата «Стронгхолд» дает лучший результат, позволяет сократить продолжительность срока терапии. Другие способы лечения с изучаемыми акарицидными средствами также оказались успешными, обеспечили хороший терапевтический эффект. Вместе с этим считаем, что способ лечения ивермеком нецелесообразен из-за присущих этому препарату ряда недостатков и противопоказаний. При лечении породистых ценных кошек, больных отодектозом, будет предпочтителен способ с применением «Стронгхолда». При лечении беспородных кошек оптимальным и экономически оправданным будет терапия каплями «Барс».

Рекомендации

С целью профилактики для предотвращения возникновения отодектоза необходимо регулярно осматривать ушные раковины кошек и проводить их гигиеническую обработку

специальными лосьонами. Рекомендуется один раз в два месяца обрабатывать питомца акарицидными препаратами, а также ограждать кошку от контактов с больными животными.

Список литературы

1. Александрова Я. Р., Дерюгина Н. А., Гизатуллина Ф. Г. Сравнительная оценка методов лечения отодектоза кошек в условиях клиник г. Челябинска и г. Москвы // Материалы Междунар. науч.-практ. студенч. конф. «Актуальные вопросы науки, технологии и производства» (20, 27 апреля 2016 г.). Троицк : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. С. 162–166.
2. Баландина В. Н., Крючкова Е. Н., Арисов М. В. Эффективность моксидектина при отодектозе и нотоэдрозе кошек // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. М. : ФНЦ-ВНИИЭВ им. К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко, 2017. № 18. С. 47–49.
3. Василевич Ф. И., Кринская Т. Б. Как бороться с накожными паразитами кошек // Ветеринария. 1989. № 9. С. 67–68.
4. Гизатуллина Ф. Г., Гизатуллин А. Н., Грищенко Т. В. Влияние эраконда на эффективность лечения собак, больных отодектозом // Актуальные проблемы биологии, ветеринарной медицины мелких домашних и декоративных животных : матер. науч.-практ. конф. УГИВМ. Троицк : УГИВМ, 1997. С. 51–52.
5. Диагностика, лечение и профилактика арахноэнтомозов и дерматомикозов собак / Ф. Г. Гизатуллина [и др.]. Челябинск, 1998. 92 с.
6. Домацкий В. Н. Средства терапии и профилактики паразитозов собак и кошек // Успехи современной науки. 2016. № 11. Т. 9. С. 93–96.
7. Методология определения экономической эффективности ветеринарных мероприятий при болезнях мелких непродуктивных животных / Н. А. Журавель, Н. М. Колобкова, П. Н. Щербаков, В. В. Журавель // Ветеринарный врач. 2018. № 5. С. 26–31.
8. Елфачева Ю. Д. Этиопатогенетические аспекты отитов плотоядных // Материалы 1-й Междунар. межвузов. науч.-практ. конф. «Предпосылки и эксперимент в науке». СПб., 2003. С. 56–57.
9. Камышников В. С. О чем говорят медицинские анализы : справ. пособие. Минск : Беларуская навука, 1997. 189 с.
10. Латкина Е. И. Распространение отодектоза собак и кошек в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа и изучение эффективности новых препаратов при этой инвазии : автореф. дис. ... канд. вет. наук. Тюмень, 2007. С. 9–11.
11. Леонтьев В. В. Динамика численности и фазы развития ушного клеща *Otodectes cynotis* (Hering, 1938) (Psoroptidae) кошки домашней при лечении ушными каплями «Барс» // Сборник научных трудов SWorld. 2012. Т. 45. № 4. С. 29–43.
12. Манагаров Д. П. Атипичная форма ушной чесотки // Кролиководство и звероводство. 1962. № 1. С. 24–25.
13. Маслова Е. Н. Клиническая картина отодектоза собак и кошек // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. Ч. 1. С. 779.
14. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник / И. П. Кондрахин [и др.]. М. : Колос, 2004. 520 с.
15. Мусатов М. А. Эффективность препаратов при отодектозе пушных зверей // Ветеринарный врач. 2004. № 3–4 (19–20). С. 27–29.
16. Мюллер Ральф С. Саркоптоз, демодекоз и отодектоз у собак: способы лечения // Journal of Small Animal Practice (Российское издание). Январь 2012. Т. 3. № 1. С. 50–52.
17. Новиков Д. Д. Фармако-токсикологические свойства и терапевтическая эффективность амида форте при саркоптоидозах собак : автореф. дис. ... канд. ветеринар. наук. М., 2012. 24 с.
18. Параева О. М. Эпизоотологический надзор при моно- и микстинфекциях домашних плотоядных в условиях г. Санкт-Петербурга : дис. ... канд. ветеринар. наук. Нижний Новгород, 2007. 141 с.
19. Сапожникова Т. Ю. Сравнительная оценка способов лечения отодектоза кошек в условиях ветеринарной клиники «Айболит» города Ханты-Мансийска // Актуальные вопросы ветеринарии и биотехнологии: идеи молодых исследователей : матер. студ. науч. конференции. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2018. С. 219–223.
20. Соколовская В. С., Журавель Н. А., Колобкова Н. М. Оценка эффективности ветеринарных мероприятий при ликвидации отодектоза кошек // Материалы Междунар. науч.-практ. студ. конф. «Актуальные вопросы науки, технологии и производства» (20, 27 апреля 2016 г.). Троицк : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. С. 254–256.



21. Сугак А. А. Опыт лечения отодектоза у кошек // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сб. ст. по матер. XII Всерос. конф. молодых ученых / отв. за вып. А. Г. Кощаев. Краснодар : Изд-во КубГАУ им. И. Т. Трубилина, 2019. С. 55–56.

22. Усманский М. А. Отодектоз домашних плотоядных животных // Вертикаль. 2000. № 3–4. С. 42.

23. Шустова Ю. И. Бычкова Л. В., Нечаева О. Н. Распространение акарозов у собак в г. Волжский // Энтомологические и парази-

тологические исследования в Поволжье. 2003. № 2. С. 105–112.

24. Шустрова М. В. Биологические обоснования лечения отодектоза // Тезисы докладов 1 Всесоюзн. конф. «Проблемы патологии и экологической взаимосвязи болезней диких теплокровных и сельскохозяйственных животных». М., 1988. С. 27–128.

25. Ямов В. З. Средства и методы защиты плотоядных животных от отодектоза // Аграрный Вестник Урала. 2011. № 4. С. 30–31.

Гизатуллина Фирдаус Габдрахмановна, д-р биол. наук, профессор кафедры инфекционных болезней, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: gizatullina-f@mail.ru.

Дерхо Марина Аркадьевна, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой естественнонаучных дисциплин, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

Рыбьянова Жанна Сергеевна, аспирант кафедры естественнонаучных дисциплин, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: khimeugavm@inbox.ru,

Вяги Алена Юрьевна, студентка 5-го курса, факультет ветеринарной медицины, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: alena-kapustina@mail.ru.

* * *

УДК 619:615.33+619:616-056.3

ИЗУЧЕНИЕ АЛЛЕРГИЗИРУЮЩИХ СВОЙСТВ КОМПЛЕКСНОГО АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ МАСТИТА У ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ

А. А. Корчагина, Г. А. Востроилова, Н. А. Хохлова, Ю. А. Чаплыгина

В статье представлены результаты доклинических испытаний по определению аллергизирующих свойств комплексного антибактериального препарата, предназначенного для лечения мастита у коров в период лактации. Было проведено 4 серии опытов, включающих исследование активной кожной анафилаксии, конъюнктивальную пробу, оценку реакции гиперчувствительности замедленного типа и изменения количества эозинофилов в крови сенсibilизированных животных. В экспериментах на лабораторных животных установлено, что исследуемый препарат не обладает кожно-раздражающими и аллергизирующими свойствами.

Ключевые слова: аллергизирующие свойства, комплексный препарат, анафилаксия, гиперчувствительность, белые крысы, белые мыши.

Для успешного внедрения в клиническую практику новых лекарственных препаратов для ветеринарного применения необходимо наличие доказательной базы, отвечающей современным требованиям [1]. Поэтому каждое новое лекарственное средство ветеринарного назначения обязано пройти ряд доклинических испытаний. Они включают в себя спектр исследований по определению токсических свойств, безвредности и переносимости, а также оценку возможных аллергических реакций на вещества, входящие в состав лекарственного средства.

В ФГБНУ «ВНИВИПФиТ» был разработан новый комплексный препарат на основе антибиотиков пенициллинового ряда и противовос-

палительного компонента, предназначенный для лечения мастита у лактирующих коров. При разработке многокомпонентных средств этапы доклинических испытаний имеют особое значение, так как сочетанное применение действующих веществ препарата может вызывать негативные реакции организма, поэтому необходимо устранить и нивелировать эти явления заблаговременно. Проблема возникновения повышенной чувствительности заключается в том, что точно спрогнозировать аллергические реакции, исходя из механизмов действия, химической структуры и молекулярной массы, невозможно. Теоретически аллергические реакции на вещества, входящие в состав лекарственного средства, могут



наблюдаться при применении препаратов любой фармакотерапевтической группы, однако чаще всего они возникают при применении антибактериальных средств [3, 4, 5, 9].

Общепринятой и широко применяемой классификацией аллергических реакций является классификация по Gell и Coombs, 1975:

- реакции немедленного типа (I тип);
- цитотоксические реакции (II тип);
- иммунокомплексные реакции (III тип);
- реакции замедленного типа (IV тип).

Также существует классификация, в которой выделяют системные (например, анафилаксия) и органоспецифические варианты лекарственных аллергических реакций. При этом основным органом-мишенью является кожа, но в патологический процесс могут быть вовлечены и другие системы организма [3, 4].

Задачей настоящего исследования являлось изучение аллергенных свойств нового комплексного антибактериального препарата для лечения мастита у лактирующих коров на этапе его доклинических испытаний.

Методы исследований

Моделирование опытов по оценке аллергизирующих свойств комплексного антибактериального препарата было проведено на базе отдела экспериментальной фармакологии и вивария ФГБНУ «ВНИВИПФиТ». В качестве биологических тест-систем использовали белых крыс линии Wistar и белых нелинейных мышей. Подопытные животные содержались в стандартных условиях вивария ($T_{\text{воздуха}}$ 18–23 °С, относительная влажность 45–60%). Доступ к воде и корму был свободным. Манипуляции с животными в рамках эксперимента проводили в соответствии с положениями Европейской конвенции по защите позвоночных животных (Страсбург, 1986, подтверждена в 2006 г.) и ГОСТ 33044-2014.

Было проведено 4 серии опытов, включающих исследование активной кожной анафилаксии, конъюнктивальную пробу, оценку реакции гиперчувствительности замедленного типа и изменения количества эозинофилов в крови сенсibilизированных животных.

По механизму развития активная кожная анафилаксия во многом совпадает с механизмом реакции общей анафилаксии, в момент попадания в организм аллергена происходит выработка специфических антител. При повторном попадании аллергена в организм об-

разуется комплекс «аллерген – антитело», который провоцирует выработку тучными клетками медиаторов аллергии. Разница в указанных опытах заключается в том, что повторное введение вещества происходит не внутрисердечно, системно затрагивая весь организм, а внутрикожно, то есть локально. В результате аллергическая реакция проявляется местно, в области введения препарата, в виде увеличения проницаемости сосудов [4].

В соответствии с руководством по доклиническим исследованиям лекарственных средств [6, 7, 8, 10] моделирование анафилактического шока и активной кожной анафилаксии проводится на лабораторных морских свинках. Так как в состав изучаемого препарата входят антибиотики пенициллинового ряда, способные вызывать у морских свинок псевдоаллергические реакции, данный вид животных был заменен на белых крыс.

Исследования активной кожной анафилаксии проводили на белых крысах ($n = 24$) массой тела $250,0 \pm 10\%$, ранее не участвующих в экспериментах. Животных распределили на 3 группы в соответствии с исследуемой дозой, по 8 особей в каждой.

Подопытным животным трехкратно вводили испытуемый препарат в условно-терапевтической дозе – 0,01 мл/кг и в дозе, в 10 раз ее превышающей – 0,1 мл/кг. Первое введение препарата произведено подкожно, два последующих – внутримышечно в область бедра. Перед введением препарат разводили стерильным растительным маслом, чтобы испытуемые дозы содержались в объеме 1 мл, и подогревали до 37 °С. Животным, служившим в качестве контроля, инъецировали стерильное растительное масло по аналогичной схеме в том же объеме.

На 20-й день после последней сенсibilизации крысам на выстриженных участках спины внутрикожно вводили разрешающую дозу препарата (0,01 мл). Для контроля реактивности кожи на другом участке вводили 0,01 мл стерильного растительного масла. Через 20 минут всем подопытным животным внутривенно делали инъекцию 0,5 мл 1% раствора красителя Эванса.

Через 30 минут животных подвергали эктаназии передозировкой углекислого газа, и на внутренней стороне кожи в местах введения препарата и физиологического раствора определяли размеры окрашенных пятен.

Также на 20-й день после последней сенсибилизации у белых крыс брали кровь, общепринятым методом готовили мазки и дифференцированно подсчитывали эозинофилы.

Для оценки реакции конъюнктивы глаз белых крыс ($n = 20$) сенсибилизировали аналогичным образом, затем на 21-е сутки после начала опыта в конъюнктивальный мешок левого глаза закапывали по 5 мкл исследуемого препарата, подогретого до 37 °С. В правый глаз, который служил контролем, 5 мкл стерильного растительного масла. Реакцию учитывали через 15 минут, 24 и 48 часов.

Оценка проводилась по балльной шкале: 1 балл – легкое покраснение слезного протока; 2 балла – покраснение слезного протока и склеры в направлении к роговице; 3 балла – покраснение всей конъюнктивы и склеры, которое сопровождается расчесыванием и возможным развитием гнойного воспаления.

Реакция гиперчувствительности замедленного типа (РГЗТ) использовалась для определения влияния препарата на клеточный (IV) тип аллергической реакции.

При изучении острой токсичности исследуемого препарата для белых мышей при подкожном введении была установлена величина ЛД₅₀ (43468,81 мг/кг), в связи с этим в дальнейших экспериментах на мышах была выбрана доза, составляющая 1/10 и 1/100 от ЛД₅₀, установленной в остром опыте [2].

В качестве антигена использовалась кровь половозрелого барана, взятая путем венопункции из яремной вены. Отбивали фибрин с помощью банки с бусами, фильтровали через капроновый фильтр, для сохранения консервировали с раствором Олсфера, в последующем хранили в холодильнике. В день постановки эксперимента предварительно отмытые эритроциты разводили до нужной концентрации физиологическим раствором.

Воспроизведение РГЗТ было проведено на трех группах разнополых мышей ($n = 10$) с массой тела 25,0±10%, которых однократно иммунизировали 0,5 мл 2% суспензией эритроцитов барана путем внутрибрюшинного введения. Сразу после этого мышам первой группы подкожно вводили исследуемый препарат в дозе 434,0 мг/кг. Мышам второй группы – в дозе 4347 мг/кг (десятикратно увеличенной дозе). Перед введением препарат разводили стерильным растительным маслом, чтобы испыты-

ваемые дозы содержались в объеме 0,1 мл и подогретыми до 38 °С. Контрольная (третья) группа мышей препарат не получала.

Разрешающая доза антигена (0,05 мл 4% суспензии эритроцитов барана) вводилась на 5-е сутки после сенсибилизации в подушечку правой задней лапы. В контрольную лапу – физиологический раствор в том же объеме. Через сутки после разрешающей инъекции оценивали степень развития местной воспалительной реакции по разнице массы опытной (M_o) и контрольной (M_k) лап. Животных выводили из эксперимента путем передозировки углекислого газа и обрезали обе лапы выше пяточного сустава.

Индекс реакции ГЗТ (ИР, %) вычисляли по формуле:

$$\text{ИР} = \frac{(M_o - M_k)}{M_k} \cdot 100 \%,$$

где M_o – масса опытной лапы;

M_k – масса контрольной лапы.

Результаты исследований

В опыте «активная кожная анафилаксия» учитывали размер окрашенного пятна в месте внутрикожного введения комплексного антибактериального препарата (табл. 1). Реакция считается положительной, если размер окрашенного пятна более 0,6 см в диаметре.

Диаметр окрашенного пятна в месте внутрикожного введения у контрольных животных не превышал 0,2 см. Размер пятен у подопытных крыс с различной дозировкой препарата не имеет статистически значимых отклонений. Однако у одного животного в группе с условно-терапевтической дозой и у двух крыс в группе с 10-кратной условно-терапевтической дозой отмечена положительная реакция при применении исследуемого препарата, что составило 12,5 и 25%, соответственно. Число сенсибилизированных животных в подопытных группах составило менее 50%, поэтому наблюдаемая положительная реакция рассматривается как проявление индивидуальной чувствительности. Полученные средние данные по группам не выходят за рамки вышеуказанного значения в 0,6 см, следовательно, препарат не вызывает развитие реакции активной кожной анафилаксии.

Результаты проведенного теста «конъюнктивальная проба» представлены в таблице 2.



Тест показал отсутствие реакции конъюнктивы на инстилляцию препарата у сенсibilизированных и контрольных белых крыс в течение двух суток. Следовательно, исследуемый препарат не вызывает проявление гиперчувствительности у белых крыс после сенсibilизации по конъюнктивальному тесту.

Результаты проведенного теста «реакция гиперчувствительности замедленного типа» представлены в таблице 3.

В результате исследований установлено, что индекс реакции у подопытных животных достоверно не отличается от контрольных. Следовательно, можно сделать вывод, что исследуемый препарат в изученных дозах не вызывает РГЗТ.

Результаты подсчета числа эозинофилов в крови белых крыс после сенсibilизации комплексным антибактериальным препаратом представлены в таблице 4.

Таблица 1 – Реакция активной кожной анафилаксии на крысах, диаметр подкожного пятна, см

№ животного	Контроль	Доза 0,01 мл/кг	Доза 0,1 мл/кг
1	0,1	0,1	0,3
2	0,2	0,6	0,5
3	0,2	0,7	0,4
4	0,1	0,5	0,6
5	0,1	0,5	0,7
6	0,1	0,2	0,6
7	0,2	0,3	0,7
8	0,2	0,3	0,5
<i>M±m</i>	0,15±0,02	0,44±0,06	0,54±0,05

Таблица 2 – Частота выявления гиперчувствительности у белых крыс после подкожного введения исследуемого препарата по конъюнктивальному тесту, балл

Группы	Через 15 минут	Через 24 ч	Через 48 ч
Исследуемый препарат (<i>n</i> = 10)	0	0	0
Контроль (<i>n</i> = 10)	0	0	0

Таблица 3 – Индекс реакции гиперчувствительности замедленного типа у мышей при введении комплексного антибактериального препарата

Группа животных	Масса правой лапы, M_o , мг	Масса левой лапы, M_k , мг	Индекс реакции (ИР, %)
Исследуемый препарат 1/10 Л _{д5} 0	164,0±3,72	154,7±3,40	6,01
Исследуемый препарат 1/100 ЛД ₅₀	173,7±4,23	164,6±4,09	5,53
Контрольная группа	178,5±2,57	168,7±3,22	5,81

Таблица 4 – Количество эозинофилов в крови белых крыс при введении комплексного антибактериального препарата, %

№ животного	Контроль	Доза, мл/кг	
		0,01	0,1
1	3,0	4,0	2,0
2	4,0	3,0	3,0
3	3,0	1,0	3,0
4	1,0	3,0	4,0
5	3,0	3,0	1,0
6	3,0	4,0	2,0
7	2,0	5,0	5,0
8	4,0	2,0	4,0
<i>M±m</i>	2,88±0,351	3,13±0,44	3,00±0,46

Как видно из данных, представленных в таблице 4, после сенсibilизации препаратом в исследуемых дозах в крови животных было выявлено повышение количества эозинофилов в группе, получавшей дозу препарата 0,01 мл/кг, составило 8,7%, в группе, получавшей 0,1 мл/кг – 4,2%, что не являлось статистически значимым. Следовательно, исследуемый препарат не обладает аллергенными свойствами.

Обсуждения

Данные, полученные в серии экспериментов, свидетельствуют о том, что новый комплексный антибактериальный препарат в исследованных дозах не проявляет аллергизирующих свойств. То есть не обладает системным и органоспецифическим аллергенным действием.

Список литературы

1. Бирюкова Н. П., Русаков С. В., Напалкова В. В. Общие принципы доклинической оценки безопасности фармакологических лекарственных средств для ветеринарного применения // Ветеринарный врач. 2018. № 1. С. 3–9.
2. Параметры токсичности комплексного препарата триолакт в остром опыте / Г. А. Востроилова [и др.] // Ветеринарный фармакологический вестник. 2018. № 2 (3). С. 25–29.
3. Елисеева Т. И., Балаболкин И. И. Аллергические реакции на лекарственные средства: современные представления (обзор) // Современные технологии в медицине. 2016. № 8 (1). С. 159–172. Doi : 10.17691/stm2016.8.1.22.

4. Регуляторные и методические аспекты изучения аллергизирующих свойств новых лекарственных средств на этапе доклинических исследований / К. Л. Крышень [и др.] // Вестник Научного центра экспертизы средств медицинского применения. 2018. № 8 (1). С. 44–55. Doi : 10.30895/1991-2919-2018-8-1-44-55.

5. Изучение аллергизирующего и местно-раздражающего действия препарата «Эферол, спрей» / М. А. Романова [и др.] // Иммунопатология, аллергология, инфектология. 2016. № 2. С. 61–66. Doi : 10.14427/jipai.2016.2.61.

6. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств / под ред. А. Н. Миронова. М. : Гриф и К, 2012. Ч. 1. 944 с.

7. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / под ред. Р. У. Хабриева. 2-е изд. М. : Медицина, 2005. 832 с.

8. Gad S. C. Animal Models in Toxicology // Taylor & Francis Group. Boca Raton. London-New York, 2007. P. 336–402.

9. Immunological Principles of Adverse Drug Reactions: the Initiation and Propagation of Immune Responses Elicited by Drug Treatment / D. J. Naisbitt, S. F. Gordon, M. Pirmohamed, B. K. Park // Drug Saf. 2000. № 23 (6). P. 483–507.

10. Rogge M. C., Taft D. R. Preclinical Drug Development // Taylor & Francis Group, LLC. 2005. P. 229–233.

Корчагина Анастасия Андреевна, аспирант, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, г. Воронеж.

E-mail: a.a.korch@mail.ru.

Востроилова Галина Анатольевна, д-р биол. наук, главный научный сотрудник, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, г. Воронеж.

E-mail: gvostroilova@mail.ru.

Хохлова Нина Алексеевна, научный сотрудник, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, г. Воронеж.

E-mail: nina_hoxlova@mail.ru.

Чаплыгина Юлия Алексеевна, младший научный сотрудник, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, г. Воронеж.

E-mail: Kantorovich_yuliya@mail.ru.

* * *

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ВАКЦИНАЦИИ ПТИЦЫ ПРОТИВ РЕОВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ НА ФОНЕ АНТИСТРЕССОВОЙ ТЕРАПИИ

А. В. Мифтахутдинов, Н. А. Журавель, И. Н. Дихтярук, В. В. Пономаренко

В статье отражены результаты исследований по определению и сравнительной оценке эффективности применения кормовой добавки СПАО-КД (стресс-протектор антиоксидант – кормовая добавка) и фармакологической композиции СПАО-комплекс (стресс-протектор антиоксидант – комплексный препарат для птиц) для профилактики вакцинального стресса при иммунизации птицы против реовирусного теносинговита. Препараты применяли в течение 5 дней (3 дня до вакцинации, в день вакцинации и один день после вакцинации) в дозе 185 мг/кг массы тела: СПАО-КД в составе комбикорма, СПАО-комплекс – с водой. Профилактика стрессов у кур родительского стада обеспечивает однородный и высокий уровень защиты птицы от полевого вируса – возбудителя реовирусного теносинговита: на 7 дней сокращает сроки формирования защитного уровня антител. Применение СПАО-комплекса способствовало увеличению титров антител в 2,6 раза, снижению величины коэффициента вариации к сроку контроля напряженности иммунитета – на 25,7%. Применение СПАО-КД увеличивает титры антител в 1,6 раза, но не оказывает значительного влияния на однородность вакцинации. Показатель индекса вакцинации, демонстрирующий высокие значения при успешно проведенной вакцинации, на фоне применения СПАО-комплекса был в 3,5 раза выше, чем на фоне основного рациона, СПАО-КД – в 1,6 раза. Положительное воздействие антистрессовой терапии отражается на сохранности кур, которая была на фоне СПАО-комплекса выше на 3,5%, на фоне СПАО-КД – на 0,79%, на живой массе птицы и выходе суточных цыплят – выше в сравнении с основным рационом на 6,44 и 0,88% и 4,22 и 0,55% соответственно. Экономическая эффективность использования СПАО-КД на один рубль затрат составила 180,09 руб., СПАО-комплекса – 435,86 руб.

Ключевые слова: родительское стадо кур, птицеводство, вакцинация, реовирусный теносинговит, титры антител, коэффициент вариации, индекс вакцинации, экономическая эффективность, выход цыплят, сохранность кур, живая масса кур.

Ключевыми понятиями для развития агропромышленного комплекса, в том числе птицеводства, сегодня и на перспективу являются эффективность [25], качество [33] и биобезопасность [28]. Получить высокие показатели продуктивности и качества продукции [27] можно только от здоровой птицы. Выращивание птицы на промышленной основе сопровождается серьезным риском возникновения инфекционных заболеваний вирусной и бактериальной этиологии [1], основой защиты поголовья птицефабрики является вакцинация. При проведении вакцинопрофилактики следует учитывать многочисленные факторы, снижающие эффективность

вакцинации, в том числе иммунодепрессивные состояния организма, обусловленные в том числе стрессами [4].

Реакция на физиологический стресс начинается, когда мозг обнаруживает гомеостатическую проблему и активирует симпатическую нервную систему, которая выделяет катехоламины, адреналин и норадреналин. Затем следует более медленная активация гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы. Разнообразие регуляторных систем и механизмов может выражаться не совсем предсказуемым эффектом, более того, функционирование гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы демонстрирует огромную

индивидуальную изменчивость [26]. В этом процессе основное внимание в теоретическом и, что очень важно, в практическом аспектах в контексте текущего исследования должно быть сосредоточено на влиянии глюкокортикоидных гормонов и стресса на иммунитет и на воспалительную реакцию [22]. Хроническое воздействие глюкокортикоидов подавляет как врожденный, так и адаптивный иммунитет. Доказано, что длительное воздействие глюкокортикоидных гормонов снижает количество циркулирующих лейкоцитов [21] и выработку большого количества провоспалительных цитокинов, включая IL-1 β – Интерлейкин 1, бета и TNF- α – фактор некроза опухоли-альфа [10], несмотря на необходимость ее осуществления [15, 17], является стрессом в промышленном птицеводстве [5, 13, 28]. Это приводит к снижению интенсивности формирования иммунного ответа и его однородности [15]. В настоящее время осуществляется изыскание различных методов и средств, способствующих усилению иммунного ответа при вакцинации, что подтверждается повышением титра антител к возбудителям вирусных болезней птиц [24, 30]. Имеются отдельные исследования, доказывающие положительное действие фармакологических антистрессовых препаратов при проведении иммунизации птицы [8]. Вместе с тем отсутствуют данные, позволяющие определить экономическую эффективность антистрессовых препаратов, обуславливающих повышение напряженности и однородности иммунитета при вакцинации.

В работе использованы СПАО-комплекс (стресс-протектор антиоксидант – комплексный препарат для птиц) и СПАО-КД (стресс-протектор антиоксидант – кормовая добавка) – фармакологические средства, разработанные в Южно-Уральском государственном аграрном университете с целью профилактики стрессов у животных. Препараты содержат активный комплекс микроэлементов, витамины, витаминоподобные и другие вещества, оказывающие влияние на метаболизм [20, 31, 32].

В связи с вышеизложенным целью исследований явилось определение и сравнительная оценка эффективности применения кормовой добавки СПАО-КД и фармакологической композиции СПАО-комплекс для профилактики вакцинального стресса при иммунизации птицы против реовирусного теносиновита.

Материал и методы

Исследования проводили в условиях птицефабрики промышленного типа. Объектом исследования служили куры родительского стада, предметом – показатели гуморального ответа на введение живой вакцины против реовирусного теносиновита из штамма 1133 на фоне применения СПАО-КД и СПАО-комплекс.

Вакцинацию птицы живой вакциной проводили в возрасте 7 и 28 дней, с последующей ревакцинацией инактивированной вакциной в возрасте 9–11 недель. Было сформировано три группы птиц с начальным поголовьем 32 000 голов. Птица первой опытной группы получала основной рацион и служила контролем. Птице второй опытной группы применяли кормовую добавку СПАО-КД в составе комбикорма. Птице третьей опытной группы с водой задавали фармакологическую композицию СПАО-комплекс с водой. Кормовую добавку и фармакологическую композицию применяли в течение 5 дней: 3 дня до вакцинации, в день вакцинации и один день после вакцинации в дозе 185 мг/кг массы тела.

Результаты вакцинации оценивали по уровню формирования специфических антител и однородности титров, а также по индексу вакцинации. Оценку гуморального иммунитета проводили через 7 и 14 дней после первой вакцинации и через 14 и 21 день после второй.

Экономическую эффективность оценивали по общепринятой методике, адаптированной для птицеводства [3, 5, 11], устанавливая значения экономической эффективности на один рубль затрат (отношение экономического эффекта к ветеринарным затратам), экономического эффекта от проведения ветеринарных мероприятий (разница между экономическим результатом, включающим предотвращенный ущерб и дополнительную стоимость продукции, и ветеринарными затратами), предотвращенного ущерба (на основе сохранности кур родительского стада), стоимости продукции, полученной дополнительно за счет увеличения ее количества или качества (суточных цыплят и мяса кур), ветеринарных затрат (материальных, на оплату труда).

Результаты исследований. Уровень формирования антител специфических указывает на интенсивность отклика иммунизации (табл. 1).

Так, через 7 дней после первого введения вакцины, то есть на начальном формировании



иммунитета, титр антител был в несколько раз ниже как защитного уровня, так и ожидаемого, или базисного. Вместе с тем показатели титра антител у птицы, которой использовали СПАО-КД и СПАО-комплекс, были выше в 1,91 раза. Это может свидетельствовать об усилении праймирования.

Через 14 дней после иммунизации в группах, в которых применяли СПАО-КД и СПАО-комплекс, также были выше в сравнении с титром антител в группе, птице которой задавали основной рацион, а также выше уровня антител в более ранний период, на начальном этапе формирования иммунитета – через 7 дней после вакцинации. В первой группе эта разница была незначительной и составляла 1,81%, во второй группе – 13,47%, в третьей – 75,2%. Это свидетельствует об ответной реакции организма на введение вакцины на первом этапе иммунизации. Положительное влияние СПАО-КД и СПАО-комплекса на снижение уровня иммуносупрессии подтверждает относительно высокий титр антител на 14-й день после вакцинации в сравнении с первой опытной группой – в 2,12 и 3,23 раза.

После второй вакцинации титр антител в сыворотке крови исследуемых кур изменился. Так, в первой опытной группе через 14 дней после второй вакцинации средний титр увеличился в 4,47 раза, через 21 день – еще на 1,16% и достиг уровня «защитного», хотя и оказался ниже ожидаемого. По-видимому, это связано с состоянием иммуносупрессии, наступившей в результате активации стресс-реализующих механизмов при проведении вакцинации (Ропомаренко, 2015).

Применение кормовой добавки и препаратов, направленных на профилактику стресса,

способствовало более интенсивному формированию антител.

Так, на фоне применения кормовой добавки СПАО-КД через 14 дней после вакцинации титр антител был на 62,99% выше, чем в крови кур первой группы, достиг ожидаемого уровня (чуть выше минимального) и стал выше защитного. Через 21 день после вакцинации срок контроля напряженности иммунитета увеличился на 16,7% и стал выше, чем аналогичный показатель в контрольной группе на 62,15%.

Следует отметить, что после первой вакцинации не был достигнут уровень антител, соответствующий защитному. Напряженность иммунитета, защищающую птиц от заражения полевым штаммом возбудителя реовирусного теносиновита, следует считать при титре антител более 1:800 [18]. Следовательно, применение СПАО-комплекса способствует достижению этого показателя к 21-му дню после первой вакцинации живой вакциной. Кроме того, при экспериментальном испытании живых вакцин, содержащих штаммы вируса, уровень антител [10] в той или иной степени соответствовал показателям, полученным во второй и третьей опытных группах, что указывает на ответную иммунологическую реакцию.

Применение СПАО-комплекса способствовало более интенсивному формированию иммунитета. Через 14 дней после второй вакцинации титры антител были приближены к максимальному ожидаемому уровню и выше, чем в сыворотке крови кур первой и второй опытных групп в 3,06 и 1,86 раза соответственно. К 21-му дню после второй вакцинации этот показатель еще немного увеличился и также был выше сравниваемых в 2,6 и 1,6 раза. Это свидетельствует о том, что СПАО-комплекс

Таблица 1 – Средний титр антител и коэффициент вариации при вакцинации кур против реовирусного теносиновита

Возраст птицы, дни	Период после вакцинации	Ожидаемый		Основной рацион		СПАО-КД		СПАО-комплекс	
		титр	CV	средний титр	CV	средний титр	CV	средний титр	CV
14	7 ₁	2000–5000	40–80	331	92	631	60	621	47
21	14 ₁	2000–5000	40–80	337	81	716	54	1088	39*
42	14 ₂	2000–5000	40–80	1505	47	2453*	45*	4554*	28*
49	21 ₂	2000–5000	40–80	1749*	35*	2836*	35*	4603*	26*

Примечание: * Уровень, соответствующий «защитному».

способствует сероконверсии и ускоряет срок выработки антител.

О степени однородности титров свидетельствует коэффициент вариации, по уровню которого можно судить о качестве вакцинации по партии птицы. Так, вакцинация как технологический стресс снижает активность специфического гуморального иммунитета, что подтверждается величиной коэффициента вариации. Через 7 дней после первой вакцинации этот показатель был максимальным, в контрольной группе – выше ожидаемого уровня. Применение СПАО-КД и СПАО-комплекса позволило достичь более высокого уровня однородности – коэффициент вариации во второй и третьей группах ниже, чем в первой на 65,22% и 48,91% соответственно и находился в пределах ожидаемого.

Через 14 дней после первой прививки отмечено снижение коэффициента вариации в каждой группе.

Наименьшая величина была на фоне применения СПАО-комплекса, что было ниже, чем при вакцинации по схеме, принятой на производстве в 2,08 раза, на фоне применения СПАО-КД коэффициент вариации был ниже, чем в первой опытной группе в 1,5 раза. При этом однородность вакцинации была достигнута только в третьей группе (значение коэффициента вариации менее 45%).

Следовательно, СПАО-КД и СПАО-комплекс в большей степени способствуют однородности вакцинации. При этом влияние СПАО-КД выражено слабее, чем СПАО-комплекса. Оба средства сокращают сроки достижения уровня коэффициента вариации, указывающего на однородность (менее 45) – к 14-му дню после второй вакцинации. Применение СПАО комплекса, кроме того, способствует снижению величины коэффициента к сроку контроля напряженности иммунитета – к 21-му

дню после второй вакцинации на 25,7%. Применение СПАО-КД в сравнении с основным рационом не оказывает влияния на величину коэффициента вариации к 21-му дню после второй вакцинации.

Признаком успешной вакцинации является соотношение анализируемых параметров – среднего титра антител и коэффициента вариации, выражаемого через индекс вакцинации [19].

Индекс вакцинации – логический параметр, демонстрирующий высокие значения при успешно проведенной вакцинации. Данные таблицы 2 позволяют сделать вывод, что напряженность иммунитета постепенно увеличивается, достигая своего максимума к контрольной точке – через 21 день после второй вакцинации (табл. 2).

Вместе с тем, более качественная сероконверсия отмечается на фоне применения СПАО-комплекса, показатель индекса вакцинации в крови кур третьей опытной группы в 3,5 раза выше, чем в первой опытной и в 2,18 раза – во второй опытной.

Результаты исследований – интенсивность и однородность титров, подтверждаемые индексом вакцинации, позволяют сделать вывод, что выработка антител произошла в результате действия вакцины, данных, свидетельствующих о развитии инфекционного процесса, не выявлено.

При строгом соблюдении требований к проведению иммунизации и адекватного иммунного статуса птицы коэффициент вариации будет низким в пределах нормы. Высокое значение величины коэффициента вариации обуславливается как низким титром антител, например, при несоблюдении схемы обработок птицы, так и высоким титром антител, что может быть связано с циркуляцией полевого вируса [8].

Учитывая особенности технологического процесса в птицеводстве, следует отметить про-

Таблица 2 – Индекс вакцинации против реовирусного теносиновита

Период после вакцинации	Вакцинация	Вакцина + СПАО-КД	Вакцина + СПАО-комплекс
7 ₁	3,60	10,52	13,21
14 ₁	4,16	13,26	27,90
14 ₂	32,02	54,51	162,64
21 ₂	49,97	81,03	177,04



тиворечие. С одной стороны, вакцинация направлена на создание невосприимчивости стада птицы к инфекционным болезням, в том числе к реовирусному теносиновиту, с другой – как стресс-фактор запускает механизм угнетения выработки антител, что приводит к снижению активности специфического гуморального иммунитета. Отрицательная связь между стрессом и реакцией антител, подтверждающая представленные исследования, описана в ряде работ [14, 15, 23]. Также доказано влияние антистрессовых препаратов на достижение высокого иммунного ответа при вакцинации [9, 14].

Производственные показатели позволяют сделать вывод о положительном влиянии фармакологического комплекса и кормовой добавки, применяемых в качестве антистрессовой терапии.

Так, к моменту достижения 140-дневного возраста, то есть в период, в который птица подвергается интенсивной иммунизации, в том числе против реовирусного теносиновита, сохранность птицы в первой опытной группе составила 97,2%, во второй опытной – 97,6%, в третьей опытной – 97,8%. В период яйценоскости (со 140-дневного возраста до убоя в возрасте 61 недели) при относительно меньшей иммунологической нагрузке на организм сохранность кур несушек также отличалась и составляла 90,9, 91,2 и 93,5% соответственно. В целом за период выращивания и яйценоскости сохранность кур-несушек была выше на фоне применения кормовой добавки и фармакологического комплекса. Так, во второй опытной группе сохранность составила 89,1%, что выше, чем в первой опытной группе на 0,79%. В третьей опытной группе сохранность была 91,5%, что выше, чем в первой опытной группе на 3,5%.

На фоне применения СПАО-комплекса увеличилось производство инкубационных яиц в расчете на одну несушку на 3,24%, суточных цыплят – на 4,22%. При использовании СПАО-КД увеличение производственных показателей было выражено слабее: производство инкубационных яиц было выше на 0,22%, суточных цыплят – на 0,55%.

Следовательно, использование кормовой добавки и фармакологического препарата в качестве антистрессовой терапии способствует снижению смертности и увеличению сохранности поголовья, а также увеличению конечных производственных показателей – инкубацион-

ного яйца и, следовательно, поголовья суточных цыплят.

В племенных репродукторах второго порядка птицу после использования подвергают убою, мясо используют для приготовления фарша или для реализации тушек, поэтому имеет значение масса птицы перед убоем и выход мяса. На выход мяса применение кормовой добавки и препарата влияния не оказало, но вместе с тем живая масса кур, которым применяли СПАО-КД, была выше, чем живая масса кур на фоне основного рациона, на 23 г, или 0,88%, СПАО-комплекс – на 167 г, или 6,44%. Доказано, что у птицы, иммунизированной против реовирусного теносиновита, живая масса была достоверно ниже, чем у неиммунизированной (Lazovskaya N.O., Prudnikov V.S., 2015). Вакцинация как технологический стресс снижает прирост живой массы, применение кормовой добавки и фармакологического комплекса уменьшает негативное воздействие стресс-фактора и способствует увеличению производственных показателей. При этом влияние кормовой добавки выражено слабее, чем фармакологического комплекса.

Применение курам родительского стада кормовой добавки СПАО-КД и фармакологического комплекса СПАО-комплекс на фоне вакцинации против реовирусной инфекции снижает негативное воздействие вакцинации как стресс-фактора и стимулирует иммунный ответ организма.

За период опыта было израсходовано 10,09 кг СПАО-КД и 10,09 СПАО-комплекса. Учитывая стоимость препаратов, затраты материальные при применении СПАО-КД (вторая опытная группа) составили 18 168,48 руб., СПАО-комплекса (третья опытная группа) – 37 346,32 руб. СПАО-комплекс применяли с водой, через медикатор, затраты времени на подготовку препарата для применения (взвешивание, ввод в систему поения) составили около 10 минут в сутки – 100 минут, или 1,67 часа за период опыта. СПАО-КД применяли, смешивая с комбикормом, затраты времени в целом были немного ниже и составили 90 минут, или 1,5 часа за период опыта. Заработная плата ветеринарного врача на птицефабрике в среднем составляла 50 000 руб. в месяц, в час, с учетом размера заработной платы в год (600 000 руб.) и годового фонда рабочего времени (1761,4 часа) – 340,64 руб.

Следовательно, затраты на оплату труда при использовании СПАО-комплекса составили 568,87 руб., СПАО-КД – 510,96 руб., начисления – 154,31 и 171,80 руб. соответственно. Таким образом, затраты ветеринарные составили во второй опытной группе – 18 833,75 руб., в третьей опытной группе – 38 086,99 руб.

Предотвращенный ущерб составил во второй опытной группе 163 540 руб., в третьей опытной группе – 737 040 руб. Стоимость дополнительно полученных цыплят была равна во второй опытной группе 3 164 140 руб., в третьей опытной группе – 15 389 570 руб.

С учетом поголовья к концу технологического цикла производства инкубационного яйца от одной партии, средней массы птицы перед убоем, а также выхода мяса, в первой опытной группе было получено 55 005,2 кг мяса, во второй опытной группе – 55 927,3 кг, в третьей опытной группе – 60694,8 кг. Следовательно, стоимость дополнительно полученного мяса птицы составила во второй опытной группе 82 989 руб., в третьей опытной группе – 512 064 руб.

В общем дополнительная стоимость во второй опытной группе равна 3 247 129,0 руб., в третьей опытной группе – 15 901 634,0 руб.

Экономический эффект во второй и третьей опытных группах составил 3 391 835,25 руб. и 16 600 587,01 руб. Экономическая эффективность на один рубль затрат – 180,09 руб. и 435,86 руб. соответственно. Следовательно, эффективность применения СПАО-комплекса в 2,4 раза выше в сравнении со СПАО-КД.

В результате положительного влияния СПАО-КД и СПАО-комплекса на организм птицы, применяемых во время воздействия технологических стрессов, достигнут высокий экономический эффект, обусловленный сохранностью поголовья и увеличением продуктивности. Следовательно, ярко выраженное иммунотропное действие СПАО-комплекса и менее выраженное иммунотропное действие СПАО-КД при развитии стресса подтверждается высоким уровнем производственных показателей и, как следствие, уровнем экономической эффективности внедрения антистрессовой терапии в цикл производства инкубационного яйца.

Выводы

1. Профилактика стрессов у кур родительского стада СПАО-КД и СПАО-комплекс при вакцинации против реовирусной инфекции

обеспечивает однородный и высокий уровень защиты птицы от полевого вируса: сокращает сроки формирования защитного уровня антител, способствует более интенсивному достижению уровня однородности вакцинации, что подтверждается увеличением производственных показателей. Более выраженный эффект достигается при использовании СПАО-комплекса.

2. На фоне использования СПАО-КД и СПАО-комплекса титры антител соответствовали ожидаемому уровню и были выше защитного к 14-му дню после второй вакцинации, на фоне основного рациона – к 21-му дню после второй вакцинации. Титры антител на фоне применения СПАО-КД были выше, чем на фоне основного рациона в 1,6 раза, СПАО-комплекса – в 2,6 раза.

3. СПАО-КД и СПАО-комплекс, применяемые на фоне вакцинации, сокращают сроки достижения уровня коэффициента вариации, указывающего на однородность (менее 45) – к 14-му дню после второй вакцинации. Применение СПАО-комплекса способствует снижению величины коэффициента вариации к сроку контроля напряженности иммунитета – к 21-му дню после второй вакцинации на 25,7%. Применение СПАО-КД в сравнении с основным рационом не оказывает влияния на величину коэффициента вариации к этому сроку.

4. Показатель индекса вакцинации, демонстрирующий высокие значения при успешно проведенной вакцинации, на фоне применения СПАО-комплекса был в 3,5 раза выше, чем на фоне основного рациона, СПАО-КД – в 1,6 раза.

5. При применении СПАО-комплекса сохранность кур была выше на 3,5%, живая масса птицы – на 6,44%, выход суточных цыплят – на 4,22%, СПАО-КД – на 0,79%, 0,88% и 0,55% соответственно.

6. Экономическая эффективность использования СПАО-КД на один рубль затрат составила 180,09 руб., СПАО-комплекса – 435,86 руб.

Предложения

Для профилактики поствакцинального стресса в целях обеспечения однородного и высокого уровня защиты птицы от возбудителя реовирусного теносиновиита и увеличения производственных показателей рекомендуем применять в работе СПАО-комплекс (стресс-протектор антиоксидант – комплексный препарат для птиц) и СПАО-КД (стресс-протектор



антиоксидант – кормовая добавка) – фармакологические средства в течение 5 дней: 3 дня до вакцинации, в день вакцинации и один день после вакцинации в дозе 185/мг/кг массы тела.

Список литературы

1. Джавадов Э. Д., Дмитриева М. Е. Эффективная вакцинопрофилактика – залог эпизоотического благополучия промышленного птицеводческого предприятия // *Сельскохозяйственные животные*. 2012. № 3. С. 6–7.

2. Журавель Н. А., Аносов Д. Е., Мифтахутдинов А. В. Экономическая эффективность фармакологической профилактики стресса при выращивании племенных птиц и содержании родительских кур мясного направления продуктивности // *Достижения науки и техники АПК*. 2017. Т. 31. № 1. С. 44–48.

3. Журавель Н. А., Мифтахутдинов А. В. Особенности расчета экономической эффективности профилактики стресса у родительского стада кур // *Достижения науки и техники АПК*. 2015. № 29 (11). С. 25–27.

4. Журавель Н. А., Мифтахутдинов А. В. Оценка эффективности ветеринарно-санитарного контроля при производстве продукции птицеводства // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. № 30 (5). С. 25–29.

5. Журавель Н. А., Мифтахутдинов А. В. Цифровизация методологии экономической оценки внедрения инновационных ветеринарных методов и средств в птицеводство // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33. № 11. С. 91–94.

6. Разработка (оптимизация) схемы иммунизации птиц родительских стад против вирусных заболеваний / И. В. Кукленкова [и др.] // *Вопросы правового регулирования в ветеринарии*. 2018. № 4. С. 51–55.

7. Лазовская Н. О. Прудников В.С. Морфология костного мозга цыплят, вакцинированных против реовирусного теносиновита // *Научные записки учебного заведения «Витебский орден» Знак Почета «Государственная академия ветеринарной медицины»*. 2015. № 51 (2). С. 52–54.

8. Мифтахутдинов А. В., Аминова Е. М. Разработка и исследование антистрессовых фармакологических средств для повышения иммунологической эффективности вакцинации кур // *АПК России*. 2019. № 26 (5). С. 857–863.

9. Пономаренко В. В. Влияние литийсодержащих фармакологических средств на по-

казатели сероконверсии при вакцинации кур // *Развитие научной, творческой и инновационной активности молодежи : матер. VII Всерос. науч.-практ. заоч. конф. молодых ученых*. Курган, 2015. С. 185–187.

10. Иммуногенность живых вакцин против реовирусной инфекции птиц, полученных с использованием СПФ-эмбрионов, фибробластов куриных эмбрионов и культуры клеток Vero / И. С. Радюш, А. А. Гусев, А. А. Гуляко, И. В. Насонов // *Труды федерального центра охраны здоровья животных*. 2013. № 11 (1). С. 124–134.

11. Фисинин В. И., Журавель Н. А., Мифтахутдинов А. В. Методология определения эффективности внедрения новых ветеринарных методов и средств в птицеводстве // *Ветеринария*. 2018. № 6. С. 14–20.

12. Фисинин В. И., Кавтарашвили А. Ш. Тепловой стресс у птицы. Сообщение I. Опасность, физиологические изменения в организме, признаки и проявления // *Сельскохозяйственная биология*. 2015. Т. 50. № 2. С. 162–171.

13. Фисинин В. И., Кавтарашвили А. Ш. Тепловой стресс у птицы. Сообщение II. Методы и способы профилактики и смягчения // *Сельскохозяйственная биология*. 2015. Т. 50. № 4. С. 431–443.

14. Varying antibody responses of laying hens housed in an aviary system and in furnished cages / M. I. Auerbach, G. Glunder, M. Beyerbach, M. Weber // *Berliner Und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*. 2014. № 127. P. 267–273.

15. Antibody response to vaccination and psychosocial stress in humans: relationships and mechanisms / V. E. Burns [et al.] // *Burns*. 2003. № 21. Issue 19–20. P. 2523–2534.

16. De Bosscher K. & V.B. The interplay between the glucocorticoid receptor and nuclear factor-kappaB or activator protein-1: molecular mechanisms for gene repression // *Endocr. Rev.* 2003. № 24. P. 488–522.

17. Antigenic activity of an experimental inactivated vaccine against chicken infectious bronchitis / E. Javadov [et al.] // *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*. 2009. № 10 (11). 10A15J.

18. Immunogenic activity of the viral polyvalent inactivated vaccine against the newcastle disease, infectious bronchitis, egg drop syndrome, reoviral and metapneumoviral infection in poultry / I. V. Kuklenkova [et al.] // *International Journal*

- of Pharmaceutical Research. 2018. № 10 (4). С. 675–679.
19. Leerdam B. van & Bosman G. индекс вакцинации: новый параметр для оценки результатов вакцинации с использованием ИФА // Бюл. 2001. № 6 (129). Режим доступа : <http://www.vetmagazines.ru>.
20. Meat productivity of chicken broilers when using stress protectors during the pre-slaughter period / A. V. Miftakhutdinov, E. R. Saifulmulyukov, E. A. Nogovitsina, E. A. Miftakhutdinova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. P. 012050.
21. Repression of inflammatory responses in the absence of DNA binding by the glucocorticoid receptor / H. M. Reichardt [et al.] // EMBOJ. 2001. № 20. P. 7168–7173.
22. Sapolsky R. Stress and cognition. In *The Cognitive Neurosciences*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2004.
23. Segerstrom S. C., Miller G. E. Segerstrom, Psychological Stress and the Human Immune System: A Meta-Analytic Study of 30 Years of Inquiry // *Psychological Bulletin*. 2004. № 130 (4). С. 601–630.
24. Bird biopotential against the correction of non-specific resistance and specific immunogenesis / V. G. Semenov [et al.] // *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2019. № 6. P. 111–119.
25. Skripleva E., Arseneva T. Optimization of the recipe of yoghurt with additives and control of some quality attributes of new yoghurt recipe // *Agronomy Research*. 2015. № 13 (4). P. 1086–1095.
26. The stressed CNS: when glucocorticoids aggravate inflammation / S. F. Sorrells, J. R. Caso, C. D. Munhoz, R. M. Sapolsky // *Neuron*. 2009. № 64 (1). P. 33–39.
27. Surai P. F., Fisinin V. I. Vitagenes in poultry production: Part 1. Technological and environmental stresses // *Worlds Poultry Science Journal*. 2013. № 72 (4). P. 721–733.
28. Surai P. F., Fisinin V. I. Vitagenes in poultry production: Part 2. Nutritional and internal stresses // *Worlds Poultry Science Journal*. 2016. № 72 (4). P. 761–772.
29. Surai P. F., Kochish I. I., Fisinin V. I. Antioxidant systems in poultry biology: Nutritional modulation of vitagenes // *European Poultry Science*. 2017. P. 81.
30. Dietary arginine supplementation enhances the growth performance and immune status of broiler chickens / Y. Q. Xu [et al.] // *Livestock Science*. 2018. № 209. P. 8–13.
31. Zhuravel N. A., Miftakhutdinov A. V., Suchanova S. F. Economic assessment of stress prevention in broiler chickens in the pre-slaughter period // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science The proceedings of the conference AgroCON-2019*. 2019. 012056.
32. Zhuravel N. A., Miftakhutdinov A. V., Zhuravel V. V. Economic analysis of factors causing the efficiency of introducing innovative methods and means in industrial poultry // *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. 117–124.
33. The effect of starter cultures on the qualitative indicators of dry fermented sausages made from poultry meat / O. Zinina [et al.] // *Agronomy Research*. 2018. № 16 (5). P. 2265–2281.

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.

Журавель Нина Александровна, канд. ветеринар. наук, доцент, заведующий кафедрой инфекционных болезней и ветеринарно-санитарной экспертизы, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: nirugavm@mail.ru.



Дихтярук Иван Николаевич, аспирант кафедры морфологии, физиологии и фармакологии, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: nirugavm@mail.ru.

Пономаренко Виталий Викторович, канд. ветеринар. наук, докторант кафедры морфологии, физиологии и фармакологии, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: nirugavm@mail.ru.

* * *

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭНТЕРОСОРБЕНТОВ ПРИ ЭШЕРИХИОЗАХ ЖИВОТНЫХ

А. А. Мороз, С. А. Счисленко

В современных условиях импортозамещения в области ветеринарной медицины и биотехнологии в качестве перспективного направления ведутся разработки новых энтеросорбционных препаратов на растительной основе. Задачи данных исследований направлены на разработку лечебно-профилактических средств, обладающих детоксикационной и иммунокорректирующей активностью. Различными авторами установлено, что изменения экологии, технологические стрессы, бесконтрольное применение антибактериальных препаратов в технологии выращивания продуктивных животных и птиц служат ведущими факторами, снижающими иммунитет и жизнеспособность макроорганизма. Целью данной работы явилось изучение лечебно-профилактической эффективности энтеросорбентов из экстракта березового луба. Предметом исследования явились сорбенты из отходов переработки березового луба, измельченного до фракции 1,0–2,0 мм, один из образцов проэкстрагирован 0,2–0,5%-м щелочным раствором и 20% водным раствором этилового спирта, а второй дополнительно пропитывался 1%-м раствором бетулина с целью получения композиционного ветеринарного энтеросорбционного препарата. Объектом исследования служили белые мыши, которых использовали в качестве биологических моделей с целью эмульсии острой кишечной инфекции, вызванной *E.coli* штаммом O 138, K 99. Изучение лечебно-профилактических характеристик растительных энтеросорбентов на основе березового луба как с обработкой бетулином, так и без нее показали высокую эффективность в отношении инфекционных патологий, вызванных патогенной формой кишечной палочки. Лечебная эффективность сорбента, обработанного бетулином, составила по показателям сохранности 100%, а профилактическая 80%. У энтеросорбента из луба березы сроки лечения не превышали трех суток, а сохранность варьировала в пределах 60–80%. Таким образом, растительные энтеросорбенты из экстракта березового луба с терапевтической и профилактической целью могут быть успешно использованы в продуктивном животноводстве для получения биоэкологической конкурентоспособной животноводческой продукции.

Ключевые слова: безопасность животноводческой продукции, колибактериоз, растительный энтеросорбент, лечебная эффективность, профилактическая эффективность.

В современных условиях импортозамещения в области ветеринарной медицины и биотехнологии в качестве перспективного направления ведутся разработки новых энтеросорбционных препаратов на растительной основе. Задачи данных исследований направлены на разработку лечебно-профилактических средств, обладающих детоксикационной и иммунокорректирующей активностью [8, 9].

Различными авторами установлено, что изменения экологии, технологические стрессы, бесконтрольное применение антибактериальных препаратов в технологии выращивания продуктивных животных и птиц служат веду-

щими факторами, снижающими иммунитет и жизнеспособность макроорганизма [1, 2, 5].

Антибиотикотерапия и применение кормовых вариантов антибактериальных препаратов помимо провоцирования появления антибиотикорезистентных форм микроорганизмов способствуют образованию разнообразных токсических соединений, влияющих на качество готовой продукции в сельском хозяйстве. Поэтому разработка и внедрение альтернативных препаратов из отходов деревообрабатывающей промышленности и способов их применения для лечения и профилактики бактериальных инфекционных заболеваний среди поголовья



продуктивных животных и птицы являются наиболее перспективными [1, 6].

Целью данной работы явилось изучение лечебно-профилактической эффективности энтеросорбентов из экстракта березового луба. Для этого были поставлены следующие задачи:

- определить лечебный эффект энтеросорбента из березового луба при остром колибактериозе в условиях *in vivo*;
- оценить профилактическую эффективность растительного энтеросорбента из березового луба на биологических моделях.

Методы исследования

Работа выполнялась на базе кафедры ЭМПивСЭ Красноярского ГАУ в институте ПБиВМ в период 2010–2020 гг.

Предметом исследования явились сорбенты из отходов переработки березового луба (ЭБЛ), измельченного до фракции 1,0–2,0 мм, один из образцов проэкстрагирован 0,2–0,5%-м щелочным раствором и 20%-м водным раствором этилового спирта, а второй дополнительно пропитывался 1%-м раствором бетулина (ЭБЛ-Б) с целью получения композиционного ветеринарного энтеросорбционного препарата. Обработка щелочными и спиртовыми растворами исходного сырья деревообработки позволяет экстрагировать из него лигниносодержащий базовый энтеросорбент. Дополнительная обработка таких сорбентов, в том числе бетулином, позволяет создавать на поверхности гранул энтеросорбента особую активную биопленку, дающую сорбенту новые дополнительные свойства.

Объектом исследования служили белые мыши (18–20 г), которых использовали в качестве биологических моделей с целью эмульсии острой кишечной инфекции, вызванной *E.coli* штаммом О 138, К 99.

Для этого были сформированы 4 группы животных: 2 опытных и 2 контрольных. Опытным моделям перорально вводили исследуемые образцы лигниносодержащих энтеросорбентов из березового луба. Первой опытной группе применяли энтеросорбент из экстракта березового луба. Для оценки его лечебной эффективности препарат применяли в дозе 0,2 г/кг живой массы с момента проявления первой клинической симптоматики. При оценке продолжительности действия вводили энтеросорбент в дозе 0,15 г/кг живой массы биологических моделей 2 раза в сутки в течение 3 сут. до заражения.

Второй опытной группе применяли комбинированный растительный энтеросорбент на основе экстракта березового луба, обработанного бетулином. Его вводили по схеме, аналогичной первой группе.

В третьей (контроль № 1) применяли полифепан ветеринарный (ПФ), полученный из гидролизного лигнина производства АО «Сайнтек», согласно схеме основного опыта в дозе 0,2 г/кг для оценки лечебной эффективности и в дозе 0,15 при оценке профилактической эффективности. Полифепан был выбран в качестве контрольного образца по принципу аналога, так как он относится к группе лигниносодержащих энтеросорбентов, получаемых из древесины.

Для обеспечения достоверности результатов контрольный препарат полифепан, применяемый в четвертой группе (контроль № 2), дополнительно обрабатывали бетулином (ПФ-Б) и применяли по стандартной с опытной группой схеме в дозе 0,2 г, с терапевтической в дозе 0,15 г/кг живой массы биологической модели.

Терапевтическую и профилактическую эффективность сорбентов из луба березы оценивали по следующим показателям:

- степень клинического проявления острой кишечной бактериальной инфекции, вызванной *E.coli* штаммом О 138, К 99 (отобранным от продуктивных животных в острой фазе течения заболевания);
- продолжительности регистрации клинической симптоматики;
- сохранности биологических моделей;
- процент заболеваемости.

В случае гибели подопытных животных проводился полный бактериологический анализ биологического материала с целью исключения контаминации образцов, отбирали материал, и первичная обработка проводилась по общепринятым методикам [3, 4, 7].

Результаты исследований

При использовании исследуемых видов растительных сорбентов с терапевтической целью острой формы колибактериоза, вызванного вирулентным штаммом *E.coli* у биологических моделей, определили, что наилучшие результаты показал сорбент ЭБЛ-Б. В этой группе не отмечали гибели животных (сохранность 100%), а срок лечения не превышал одних суток, причем у животных отмечали короткие сроки исчезновения признаков проявления

инфекции на фоне нормализации активности и способности поесть корм (рис. 1).

В опытной группе, получавшей ЭБЛ, наблюдали кратковременное проявление клинической симптоматики заболевания, с сохранением удовлетворительных параметров состояния организма биологических моделей, что позволило повысить сохранность до 80%, сроки лечения составили 48 часов.

В обеих контрольных группах, которым применяли ПФ и ПФ-Б с терапевтической целью, отмечали тяжелое течение заболевания, характеризовавшееся 100%-й гибелью биологических моделей.

При вскрытии павших животных установили наличие катарального энтерита с незначительными точечными кровоизлияниями на слизистой желудочно-кишечного тракта животных, тогда как в обеих контрольных груп-

пах обнаружили признаки серозного энтерита с множественными точечными и полосчатыми кровоизлияниями. В группе, в которой применяли исходных ПФ ветеринарный, обнаружили изменения дополнительно в тканях печени, почек и сердечной мышце, а также отек головного мозга.

В контрольных группах, получавших сорбенты ПФ и ПФБ, после заражения колибактериозом установили самые низкие показатели сохранности. В группе, в которой применяли чистый полифепан, отмечали ярко выраженные клинические симптомы заболевания, влияющие на общую полиорганную недостаточность, и как следствие гибель 80% биологических моделей. В группе, в которой применяли ПФ-Б, клиническое состояние характеризовалось средней степенью тяжести со сроком выздоровления в районе 5 суток и сохранностью 60% (рис. 2).

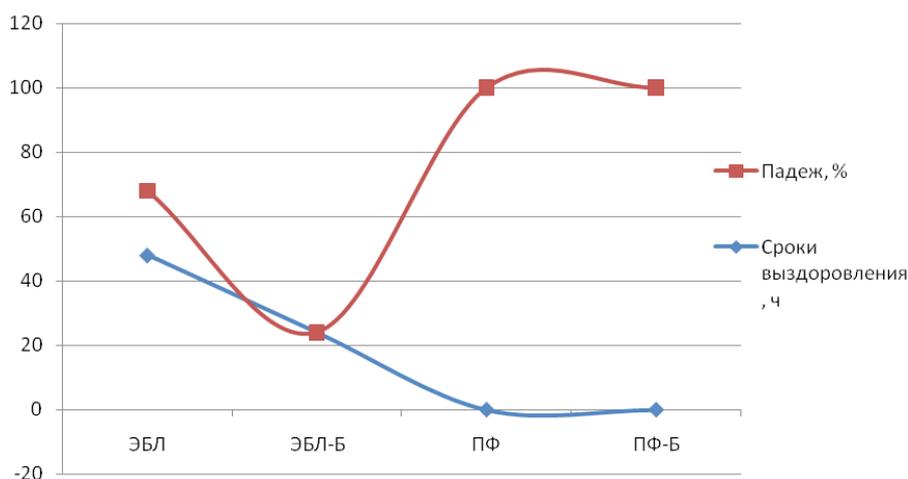


Рис. 1. Результаты по изучению терапевтической эффективности растительных энтеросорбентов

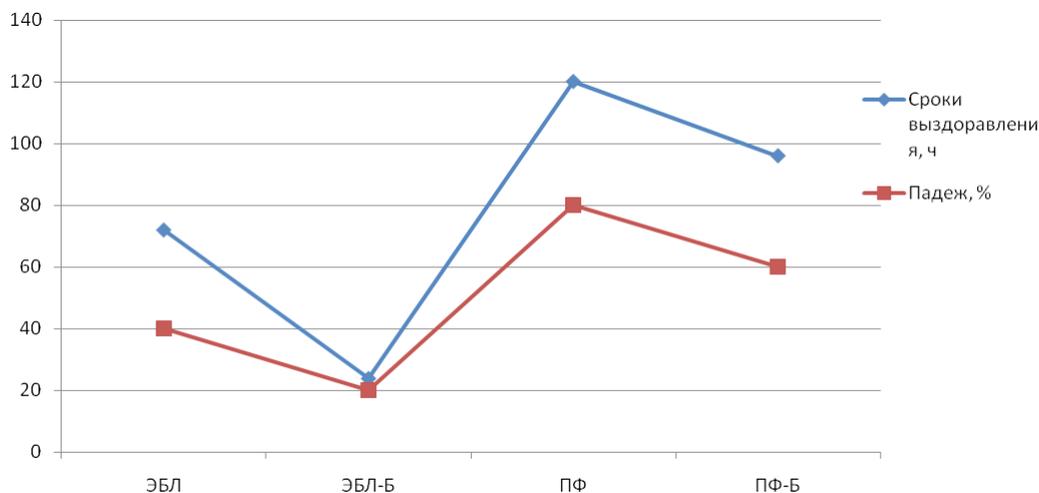


Рис. 2. Результаты по изучению профилактической эффективности растительных энтеросорбентов



Наилучшую профилактическую активность также проявили сорбенты на основе березового луба с обработкой бетулином (ЭБЛ-Б). В этой группе сохранность соответствовала 80%, сроки выздоровления составили 24 часа с признаками легкой формы течения заболевания. В группе, в которой скармливали ЭБЛ, период выздоровления составлял 72 ч, а сохранность 60% на фоне средней тяжести проявления инфекции.

Обсуждения

Изучение лечебно-профилактических характеристик растительных энтеросорбентов на основе березового луба как с обработкой бетулином, так и без нее показали высокую эффективность в отношении инфекционных патологий, вызванных патогенной формой кишечной палочки.

Лечебная эффективность ЭБЛ-Б составила по показателям сохранности 100%, а профилактическая 80%. У энтеросорбента ЭБЛ сроки лечения не превышали трех суток, а сохранность варьировала в пределах 60–80%.

Таким образом, растительные энтеросорбенты из экстракта березового луба с терапевтической и профилактической целью могут быть успешно использованы в продуктивном животноводстве для получения биоэкологической конкурентоспособной животноводческой продукции.

Список литературы

1. Костюченко А. Л. Эфферентная терапия (в комплексном лечении внутренних болезней) / под ред. А. Л. Костюченко. М.: Фолиант, 2003. 432 с.
2. Энтеросорбция как метод эфферентной терапии в ветеринарной медицине / А. Ф. Кузне-

цов [и др.] Режим доступа: <http://www.invetbio.spb.ru/journal/articles/n6x4.html> (Дата обращения 25.02.2020).

3. МУ 13-7-2/2117 Методические рекомендации по бактериологической диагностике колибактериоза (эшерихиоза) животных, утв. Министерство сельского хозяйства РФ, Департамент ветеринарии. М., 2000. С. 17.

4. МУ 13-7-2/1759 Методические указания по бактериологической диагностике смешанной кишечной инфекции молодняка животных, вызываемой патогенными энтеробактериями, утв. Министерством сельского хозяйства РФ, Департамент ветеринарии. М., 1999. С. 20.

5. Покровский С. Н. Сорбционные технологии – итоги и перспективы // Эфферентная терапия. 2003. Т. 9. № 1. С. 42–46.

6. Создание и перспективы использования модифицированных сорбентов в ветеринарной медицине / Л. Г. Пьянова, Л. К. Герунова, В. А. Лихолобов, А. В. Седанова // Вестник ОмГАУ. 2016. № 2 (22). С. 138–146.

7. МУ 4.2.2039-05 Техника сбора и транспортирования биоматериалов в микробиологической лаборатории / Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2006. 126 с.

8. Фадеенко Г. Д., Гапонова О. Г. «Смекта» – безопасный препарат с поливалентным механизмом действия в лечении заболеваний желудочно-кишечного тракта // Сучасна гастроентерологія (Современная гастроэнтерология), Contemporary gastroenterology. 2013. № 1. С. 111–121.

9. Surface and pore structure modification of ordered mesoporous carbons via a chemical – oxidation approach / P. A. Bazula [et al.] // Microporous and mesoporous materials. 2008. Vol. 108. P. 266–275.

Мороз Анастасия Анатольевна, канд. ветеринар. наук, доцент кафедры эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Красноярский государственный аграрный университет.

E-mail: 9607720155@mail.ru.

Счисленко Светлана Анатольевна, канд. ветеринар. наук, доцент кафедры эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Красноярский государственный аграрный университет.

E-mail: shislenco@mail.ru.

* * *

УДК 636.32/.38:636.033+636.087.8

МЯСНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ МОЛОДНЯКА ОВЕЦ И ДИНАМИКА СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРОВИ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИПОСОМАЛЬНОЙ ФОРМЫ АНТИОКСИДАНТОВ

А. В. Паштецкая, А. П. Марынич, П. С. Остапчук, С. А. Емельянов

В статье приведены результаты изучения мясной продуктивности молодняка овец цигайской породы и динамики структурных элементов крови при использовании липосомальной формы антиоксидантов на фоне включения йода. В ходе исследований выявлено, что убойная масса и убойный выход молодняка опытной группы повышается на 2,2 кг ($p \leq 0,05$). Химический анализ мышечной ткани показывает достоверное ($p \leq 0,05$) увеличение жира в длиннейшей мышце спины на 5,3, а мышц шеи – на 7,1%. Увеличение белка в мышечных тканях отмечено в средних пробах мышц задней ноги и шеи – 11,1 и 8,7% ($p \leq 0,05$) соответственно, а калорийность мяса увеличивается в тушах молодняка опытных групп в средних пробах длиннейшей мышцы и мышц шеи – 3,6 и 7,6% ($p \leq 0,05$) соответственно. Уровень эритроцитов и лейкоцитов у молодняка в опыте находился в пределах нормы. Однако у опытной группы этот показатель достоверно выше. Повышение лейкоцитов на 0,9 абс. % ($p \leq 0,05$) связано с повышением моноцитов (разница с контролем в пределах 1,1 абс. %) и нейтрофилов сегментоядерных (разница составила 0,6 абс. %).

Ключевые слова: цигайская порода, молодняк, антиоксиданты, мясная продуктивность, эритроциты, лейкоциты, лейкоцитарная формула.

Современный потребитель все большее значение придает качественным характеристикам мяса: оно должно быть максимально постным на фоне стабильно высокого качества с сохранением сочности и нормальной консистенции [1]. Баранина, даже молодая, зачастую не соответствует этим требованиям: туши до сих пор не всегда приобретают такие атрибуты качества, как нежность, внутримышечный жир, мясной и жирный цвет, вкус, пропорции жировой, мясной и костной тканей. Химический состав туши является очень важным показателем в оценке мясной продуктивности, поэтому точная оценка туши по данному показателю приобретает весомое значение [2].

Мировая тенденция в увеличении спроса на продукцию животноводства не подвергается сомнению, а развитие как крупнотоварных производств, так и мелких владельцев стад на этом фоне предоставляет уникальные возможности для повышения уровня продуктивности животных. Овцы формируют важный компонент сельскохозяйственного сектора любой страны [3], особенно в засушливых и полузасушливых регионах, к которым относятся и Крым. Из многообразия экзогенных факторов кормление является, безусловно, самым важным в овцеводстве [4].

Говоря о кормлении овец, следует учитывать проблемные алиментарные факторы. Со-



держание йода в почвах степного Крыма достигает не более 2,95 мг/кг, что является высокодоверным (до 56%) фактором возникновения заболеваний щитовидной железы, ведущих к задержкам развития как человека, так и животных [5]. Овцы являются пастбищными животными, поэтому вопрос гармоничного взаимоотношения между организмом и мероприятиями по нивелированию дефицита йода в окружающей среде имеет место не только в Крыму, но и в других регионах России [6].

Несмотря на то, что животные адаптируются к дефициту определенных элементов, тем не менее, содержание йода в организме овец должно быть на уровне 0,3–0,7 мг на кг массы тела [7].

Недостаток научных рекомендаций по выращиванию овец с привлечением пищевых добавок, компенсирующих сформированный в биосфере того или иного региона дефицит элементов, приводит к тому, что овцы чаще всего подвержены пищевому стрессу, а это приводит к негативному влиянию на продуктивные показатели [3]. В связи с тем, что существующие препараты, содержащие пищевой неорганический йод, как правило, не являются эффективными в достаточной мере по устранению дефицита йода [7], применение липосомальных форм антиоксидантов с содержанием органического йода доказано российскими учеными на разных видах сельскохозяйственных животных и птицы [8], однако результаты в овцеводстве практически отсутствуют.

Таким образом, задача понимания биологических процессов формирования мясной продуктивности у овец является важным мероприятием на фоне использования биодобавок, обогащенных дефицитными микроэлементами, что позволяет повысить уровень эффективности крымского овцеводства и выгоды потребителям.

Исходя из поставленных задач, основной целью наших исследований стало изучение влияния липосомальной формы антиоксидантов с включением органического йода на формирование мясных показателей молодняка овец цигайской породы и динамику структурных элементов крови.

Материал и методика исследований

Опыт был проведен в Сакском районе Республики Крым в 2018 году. Объект исследований – баранчики цигайской породы после

интенсивного откорма, продолжавшегося от отъема (4,5-мес. возраста) до убоя (7-мес. возраста). После отъема отобрали две группы молодняка по десять голов в каждой по принципу аналогов. Контрольная группа ($n = 10$) получала основной рацион (ОР), а опытная – ОР с добавлением 17,5 г антиоксидантов в липосомальной форме «Полисол Омега-3» в форме гранул на голову в сутки согласно Методическим рекомендациям [8]. Концентрация органического йода составляет 240 мг/кг в добавляемой субстанции к основному рациону.

Для контрольного убоя отбирали по три головы каждой группы согласно методике ВИЖ [9]. Определяли следующие показатели: живую массу предубойную, убойную массу и убойный выход. После убоя были отобраны пробы мышечной ткани с целью изучения химического состава и калорийности в соответствии с ГОСТ 7269-2015 «Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести». Образцы отбирали от частей туши куском массой не менее 200 г. Пробы были взяты в следующих местах: мышцы шеи (*m. brachiocephalicus*) – против 4-го и 5-го шейных позвонков, в области лопатки (*m. supraspinatus*), в области бедра из толстых частей мышц (*m. gluteobiceps*) и длиннейшей мышцы спины (*m. longissimus dorsi*). Определение химического состава мяса овец проводилось на базе агрохимической лаборатории ФГБУН «НИИСХ Крыма». В мышечной ткани молодняка овец определялась массовая доля жира с использованием экстракционного аппарата Сокслета (ГОСТ 23042-2015 «Мясо и мясные продукты. Методы определения жира»); содержание белка – методом Кьельдаля в соответствии с ГОСТ 25011-2017 «Мясо и мясные продукты. Методы определения белка»; массовая доля общей золы – в соответствии с ГОСТ 31727-2012 (ISO 936:1998) «Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы»; содержание влаги – по ГОСТ 33319-2015 «Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги». Калорийность мяса рассчитывалась по содержанию белка и жира по формуле (1):

$$K = B \times 4,1 + Ж \times 9,3, \quad (1)$$

где K – калорийность мяса, ккал/100 г;
 B – количество белка, г/100 г;
 $Ж$ – количество жира, г/100 г [10].

Опыт по откорму длился до возраста одного года с целью изучения динамики формирования структурных элементов крови в возрасте 7 и 12 месяцев. Изучались следующие показатели в лаборатории исследований технологических приемов в растениеводстве, животноводстве ФГБУН «НИИСХ Крыма» ($n = 3$): в камере Горяева – содержание эритроцитов (RBC, кл. $10^{12}/л$) и лейкоцитов (WBC, кл. $10^9/л$), а лейкоцитарная формула – по общепринятым методикам [11]. Лейкоциты после окраски идентифицировали согласно Атласа по гематологии [12]. Биометрическая обработка полученных данных исследований [13] производилась на базе электронных таблиц Excel.

Результаты исследований

В таблице 1 приведены убойные показатели и морфология внутренних органов у молодняка овец в опыте.

За счет высшей предубойной живой массы на 4 кг (7,3%) отмечена повышенная убойная масса на 2,2 кг или 9,7% у молодняка опытной группы. Разность достоверная ($p \leq 0,05$). Соответственно, убойный выход у животных опытной группы выше на 0,97 абс. процента или 2,3% ($p \leq 0,05$).

Результаты исследований химического состава мяса молодняка овец приведены на рисунках 1, 2 и 3.

У молодняка опытной группы отмечено достоверное ($p \leq 0,05$) преимущество по содержанию жира в средней пробе мышц спины на 5,3%, соответственно, достоверно ($p \leq 0,05$) увеличивается и значение калорийности на 3,6% (рис. 1).

В ходе анализа средней пробы мышц с передней ноги достоверных отличий выявлено не было, а при изучении данных химического анализа средней пробы мышц задней

Таблица 1 – Убойные показатели и морфология внутренних органов у молодняка овец в возрасте 7 месяцев, $n = 3$

Показатель	Контроль			Опыт			t_d
	\bar{X}	$S_{\bar{X}}$	$C_v, \%$	\bar{X}	$S_{\bar{X}}$	$C_v, \%$	
Живая масса предубойная, кг	55,00	0,77	2,42	59,00*	1,15	3,39	2,88
Убойная масса, кг	23,03	0,44	3,31	25,27*	0,56	3,82	3,15
Убойный выход, %	41,87	0,22	0,90	42,83*	0,13	0,52	3,82

Примечание: уровни достоверности: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$; *** – $p \leq 0,001$.

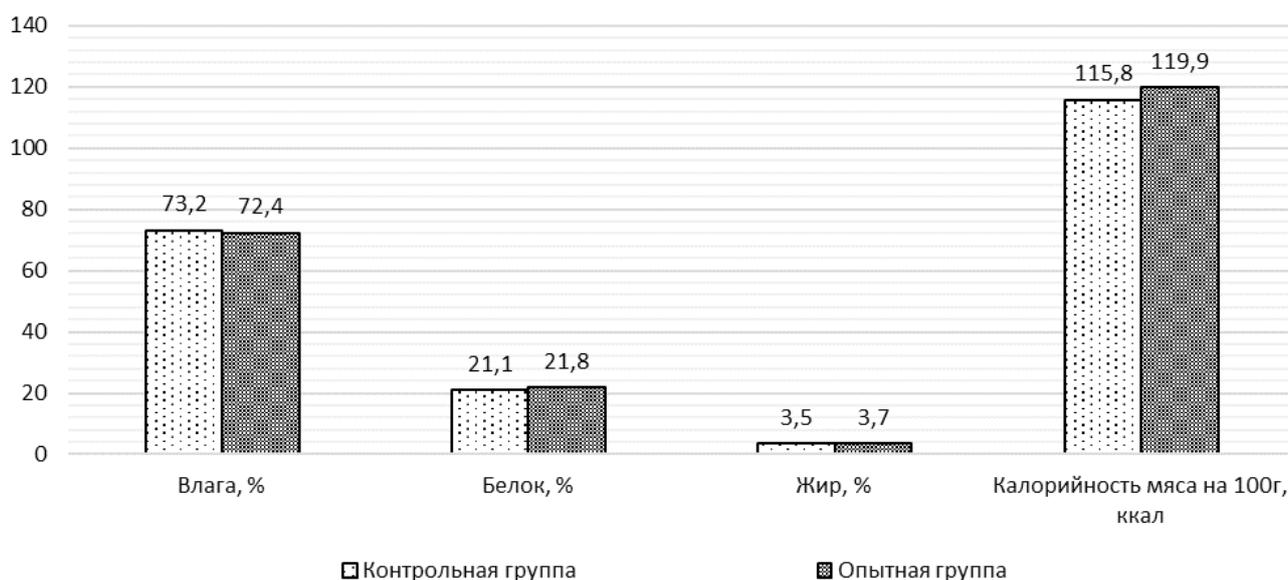


Рис. 1. Химический анализ средней пробы мышц со спины



ноги (рис. 2) было выявлено достоверное преимущество по содержанию белка у молодняка опытной группы на 11,1% ($p \leq 0,05$), однако на калорийность достоверно этот факт не повлиял у данной группы мышц.

При изучении средней пробы мышц шеи (рис. 3) было отмечено достоверное преимущество по содержанию белка на 8,7% и жира на 7,1%. Соответственно, достоверное преимущество отмечено и по калорийности: разница с контролем составляет 20,1 ккал ($p \leq 0,05$) на 100 г мяса или 7,6% ($p \leq 0,05$).

Средние значения калорийности с туши молодняка овец опытной группы выше контрольных аналогов на 14,5 ккал на 100 г мышеч-

ной ткани (табл. 2), при этом содержание белка увеличивается в среднем на 1,35 абс. процента, а жира – на 1,02. В исследованиях Т.М. Гиро с соавт. [14] обозначено положительное влияние дефицитных нутриентов на формирование мясной продуктивности овец.

Обмен веществ является фактором, обеспечивающим высокий уровень продуктивных особенностей животных. Кровь – это основной показатель внутренней среды организма, характеризующий общую закономерность метаболизма. Этот факт связан с тем, что организм пронизан сетью капилляров, имеющих связь практически с каждой клеткой организма, обеспечивая возможность их питания и дыхания,

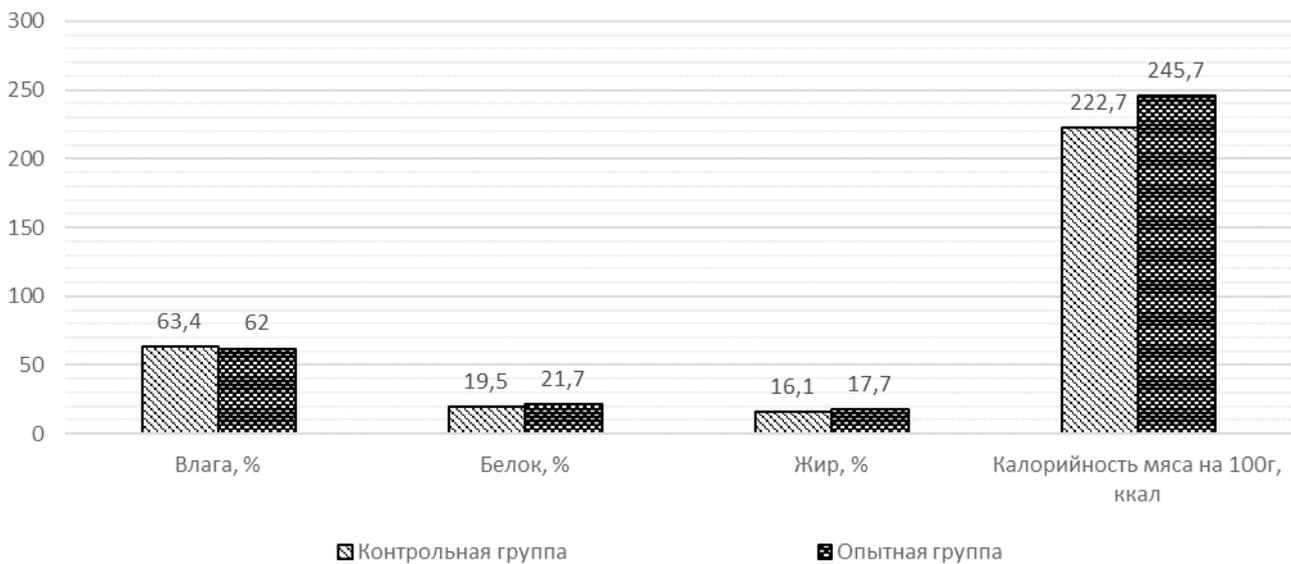


Рис. 2. Химический анализ средней пробы мышц с задней ноги

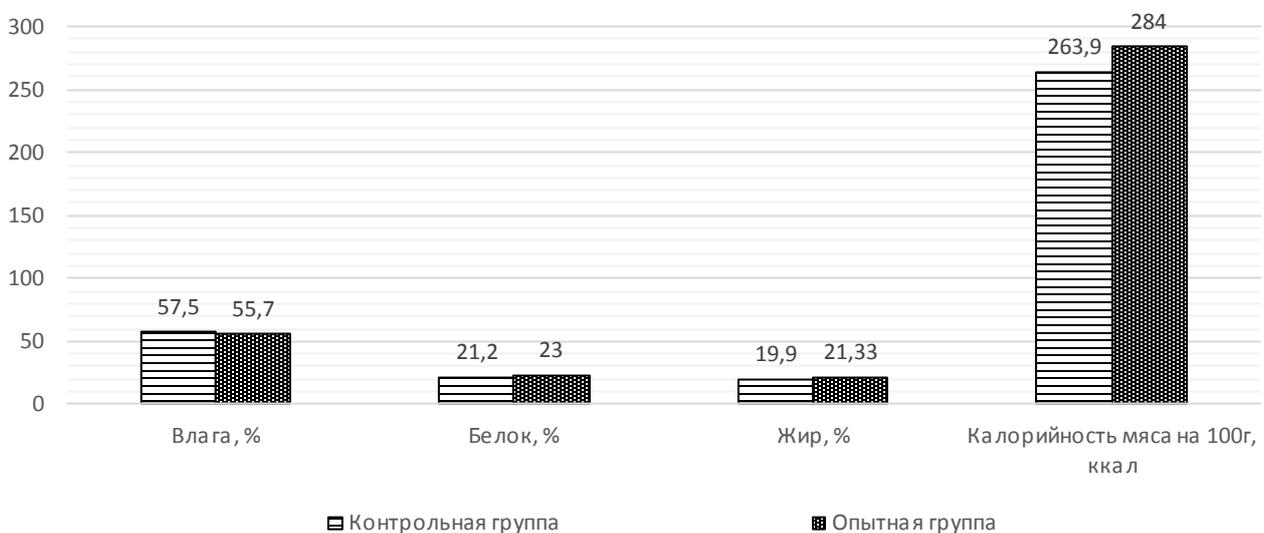


Рис. 3. Химический анализ средней пробы мышц с шеи

в связи с чем любое внешнее воздействие на ткани организма оказывает влияние на показатели состава и качества крови [15].

В таблице 3 приведена динамика содержания основных клеток крови у молодняка овец в ходе опыта. При взятии крови после отъема в возрасте пяти месяцев содержание эритроцитов варьирует от 6,8 до 7,2 кл. $10^{12}/л$, а лейкоцитов – от 8,8 до 9,4 кл. $10^9/л$.

В возрасте 7 месяцев содержание эритроцитов у молодняка опытной группы увеличивается 1,8 кл. $10^{12}/л$ или на 25,7% ($p \leq 0,001$), а лейкоцитов – на 1,80 кл. $10^9/л$ или 20,0% ($p \leq 0,01$). Аналогичная особенность сохраняется и в возрасте 12 месяцев: по содержанию эритроцитов разница составляет 1,9 кл. $10^{12}/л$ или на 26,8% ($p \leq 0,001$), а лейкоцитов – на 1,74 кл. $10^9/л$ или 19,0% ($p \leq 0,05$). Т.М. Гиро с соавт. [14] объясняют повышенное содержание эритроцитов при обогащении йодом рациона овец стимуляцией гемопоэтической функции костного мозга.

Лейкоцитарная формула имеет огромное значение в клинической практике в связи с тем,

что при любых изменениях процентное содержание некоторых видов клеток белой крови растет или снижается за счет соответствующей корректировки других в организме. Ее результаты отображают не только ход процесса существующего заболевания и возможных осложнений, но и позволяют предполагать исход болезни. Лейкоцитарная формула дает возможность проводить дифференциацию схожих заболеваний: к примеру, различить контагиозную плевропневмонию от инфлюэнции; чуму свиной от рожи и т. д.

На рисунке 4 приведена лейкоцитарная формула молодняка в возрасте 12 месяцев. Достоверное увеличение белых кровяных телец отмечено было за счет лейкоцитов (разница с контролем 0,9 абс. %), моноцитов (разница с контролем в пределах 1,1 абс. %) и нейтрофилов сегментоядерных (разница составила 0,6 абс. %). Повышение уровня лейкоцитов свидетельствует о повышении резистентности организма молодняка опытной группы. Аналогичные данные были получены в исследованиях Т.М. Гиро с соавт. [16].

Таблица 2 – Средние значения химического анализа четырех проб мышц с туш подопытных баранчиков

	Контрольная группа				Опытная группа			
	Влага, %	Белок, %	Жир, %	Калорийность мяса на 100 г, ккал	Влага, %	Белок, %	Жир, %	Калорийность мяса на 100 г, ккал
$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	65,24 ±1,56	20,68 ±0,33	12,6 ±1,56	196,16 ±13,81	64,03 ±1,64	22,03 ±0,24*	13,62 ±1,70	210,69 ±15,63
$C_v, \%$	8,27	5,58	32,79	24,39	8,86	3,78	32,16	25,7

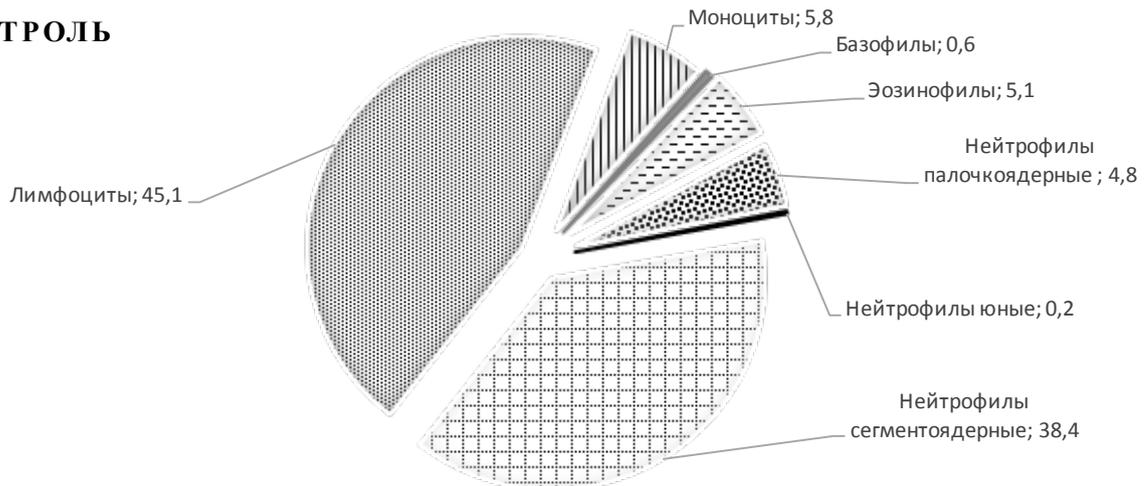
Примечание: уровни достоверности: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$; *** – $p \leq 0,001$.

Таблица 3 – Динамика содержания кровяных телец в крови молодняка овец цигайской породы в опыте по скармливанью кормовой добавки в липосомальной форме с содержанием йода, $n = 3$

Месяц опыта		RBC, кл. $10^{12}/л$	WBC, кл. $10^9/л$	RBC, кл. $10^{12}/л$	WBC, кл. $10^9/л$
		контроль		опыт	
5	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	6,80±0,47	8,80±0,32	7,20±0,47	9,40±0,50
	$C_v, \%$	15,29	8,18	14,44	11,91
7	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	7,00±0,18	9,00±0,36	8,80±0,29***	10,80±0,47**
	$C_v, \%$	5,71	8,89	7,27	9,63
12	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	7,10±0,16	9,16±0,30	9,00±0,18***	10,90±0,50*
	$C_v, \%$	5,07	7,34	4,44	10,28

Примечание: уровни достоверности: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$; *** – $p \leq 0,001$.

КОНТРОЛЬ



ОПЫТ

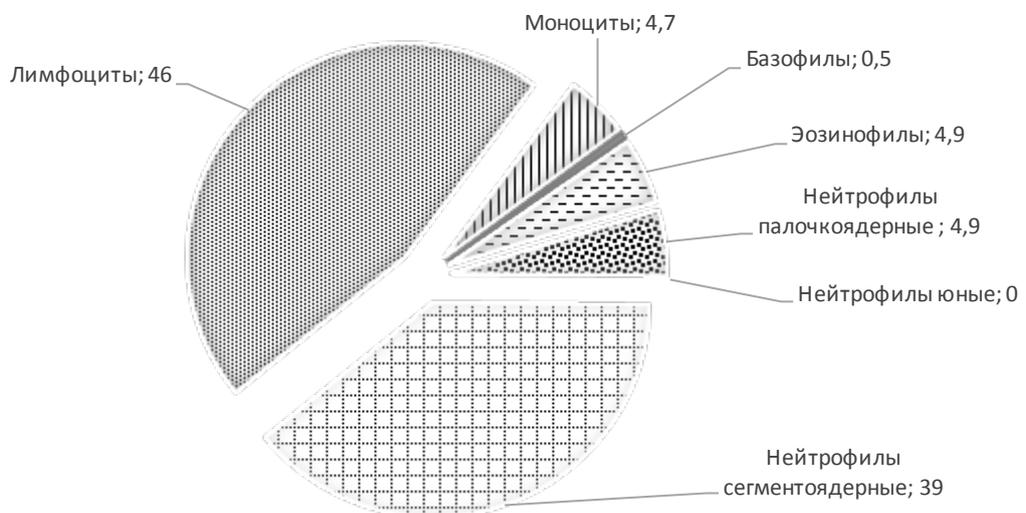


Рис. 4. Лейкоцитарная формула молодняка овец в опыте в возрасте 12 мес., %

Выводы

Изучение влияния липосомальной формы антиоксидантов с включением йода показало, что убойная масса и убойный выход молодняка опытной группы повышается на 2,2 кг и 0,97 абс. процента ($p \leq 0,05$). Химический анализ мышечной ткани показывает достоверное ($p \leq 0,05$) увеличение жира в длиннейшей мышце спины на 5,3%, а мышц шеи – на 7,1%. Достоверное увеличение белка отмечено в средних пробах мышц задней ноги и шеи – 11,1 и 8,7% соответственно, а калорийность мяса достоверно увеличивается в тушах молодняка опытных групп в средних пробах длиннейшей мышцы и мышц шеи – 3,6 и 7,6% ($p \leq 0,05$) соответственно. Уровень эритроцитов и лейкоцитов у молодняка в опыте находился в пределах нормы. Однако у опытной группы этот показатель достоверно выше. Повышение

лейкоцитов на 0,9 абс.%, связано с повышением моноцитов (разница с контролем в пределах 1,1 абс.%) и нейтрофилов сегментоядерных (разница составила 0,6 абс.%).

Список литературы

1. Колосов Ю. А., Дегтярь А. С., Ганзенко Е. А. Прижизненные показатели мясности помесных овец // Овцы, козы, шерстяное дело. 2016. № 1. С. 37–40.
2. Stanford K., Jones S. D. M., Price M. A. Methods of predicting lamb carcass composition: A review // Small Ruminant Research. 1998. № 29. С. 241–254.
3. Shinde A. K., Sejian V. Sheep husbandry under changing climate scenario in India: An overview // Indian J. Anim. Sci. 2013. № 83. С. 998–1008.
4. Responses in adipocyte dimensions to divergent selection for predicted carcass lean content

in sheep / S. C. Bishop [et al.] // Animal Science. 1995. № 60. С. 215–221.

5. Геохимические факторы зобообразования / О. Ф. Безруков, Ф. Н. Ильченко, Э. Э. Аблаев, Д. В. Зима // Таврический медико-биологический вестник. 2017. Т. 20. № 3. С. 23–27.

6. Морфо-биохимические функции организма овец и их коррекция в условиях йододефицита / М. И. Селионова [и др.] // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. № 1. С. 42–53. Doi : 10.18470/1992-1098-2019-1-42-53.

7. Карабаева М. Э. Использование йодказеина для повышения полноценности кормления молодняка овец // Овцы, козы, шерстяное дело. 2015. № 2. С. 31–34.

8. Повышение мясо-молочной продуктивности при введении липосомальных форм антиоксидантов в рацион жвачных животных / Р. Г. Ильязов [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2015. Т. 223. № 3. С. 75–79.

9. Методика оценки мясной продуктивности овец. Дубровицы : ВИЖ, 1970. 51 с.

10. Биркалова Е. И. Особенности формирования мясной продуктивности и качественных показателей мяса молодняка русских длинно-

тощехвостых овец в зависимости от пола и возраста : дис ... канд. с.-х. наук. Саратов, 2016. 156 с.

11. Котомцев В. В. Клинико-биохимические показатели крови животных : метод. пособие. Екатеринбург, 2006. 102 с.

12. Тэмл Х., Диам Х., Хаферлах Т. Атлас по гематологии / пер. с англ. ; под общ. ред. проф. В. С. Камышникова. 3-е изд. М. : МЕДпресс-информ, 2017. 208 с.

13. Куликов Л. В., Никишов А. А. Математическое обеспечение эксперимента в животноводстве. 2-е изд. М. : Изд-во РУДН, 2006. 178 с.

14. Инновационные подходы к обогащению мясного сырья органическим йодом / Т. М. Гиро, И. Ф. Горлов, М. В. Шарова, Д. А. Ранделин // Мясная индустрия. 2012. № 2. С. 34–36.

15. Гаджиев З. К., Османова О. Р. Особенности телосложения овец карачаевской породы разных генотипов // Сборник науч. тр. Всерос. науч.-исслед. института овцеводства и козоводства. 2014. Т. 1. № 7. С. 13–17.

16. Прижизненное обогащение баранины эссенциальными микроэлементами с целью ее использования в технологии функциональных продуктов / Т. М. Гиро [и др.] // Теория и практика переработки мяса. 2018. № 3(3). С. 74–88. Doi : 10.21323/2414-438X-2018-3-3-74-88.

Паштетская Александра Владимировна, научный сотрудник лаборатории исследований технологических приемов в животноводстве и растениеводстве, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма». E-mail: pashtetskaia@gmail.com.

Марынич Александр Павлович, д-р с.-х. наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории исследований технологических приемов в животноводстве и растениеводстве, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма».

E-mail: pashtetskaia@gmail.com.

Остапчук Павел Сергеевич, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории исследований технологических приемов в животноводстве и растениеводстве, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма».

E-mail: pashtetskaia@gmail.com.

Емельянов Сергей Анатольевич, канд. биол. наук, научный сотрудник лаборатории исследований технологических приемов в животноводстве и растениеводстве, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма».

E-mail: pashtetskaia@gmail.com.

* * *

УДК 663.1:573.6

**К ВОПРОСУ ИММОБИЛИЗАЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ
НА КОНТАКТНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ
В ПРОДОЛЬНО-СЕКЦИОНИРОВАННЫХ БИОРЕАКТОРАХ**

Г. Б. Пищиков, Д. Г. Попова, Л. А. Минухин

Целью работы является получение алгоритма количественного анализа интенсивности процессов адсорбции-десорбции микроорганизмов на твердых контактных поверхностях и собственном слое в потоке жидкого субстрата с помощью физико-математической логики вероятностных процессов. Рассмотрена эффективность применения метода иммобилизации микроорганизмов в технологиях пищевых производств с биотехнологической и аппаратурно-процессной точек зрения. Анализ акцентирован на отраслях промышленности, связанных с брожением, биоферментацией и биотрансформацией производственных субстратов, культивированием целевых микроорганизмов, а также использованием последних в качестве биосорбентов как накопителей биоактивных веществ, так и нейтрализаторов, ингибиторов внутриклеточных процессов дыхания, массообмена и размножения дрожжей. Представлена авторская трактовка структурных элементов физики процессов адсорбции-десорбции микроорганизмов на твердых насадочных поверхностях с вертикальной образующей в продольно-секционированных поточных биореакторах. Предложен алгоритм количественного анализа процесса сорбции-десорбции микроорганизмов на твердых контактных поверхностях и в собственном слое. Показано, что при продолжительной работе продольно секционированных поточных биореакторов в установившемся режиме концентрации флуктуирующих и адсорбированных клеток – величины взаимозависимые и носят интегростационарный характер.

Ключевые слова: адсорбция, десорбция, микроорганизмы, дрожжевые клетки, полифункциональные катализаторы, контактные поверхности.

В пищевых производствах для активизации биохимических реакций в технологических процессах успешно применяется метод иммобилизации микроорганизмов (МКО). Применение иммобилизованных МКО оказало значительное прогрессивное влияние на различные области биотехнологии. Биотехнологические процессы, реализуемые при использовании гетерогенных биокатализаторов (ГБК) в виде иммобилизованных клеток (ИМК) микроорганизмов, позволяют получать целевые продукты в результате сложных многостадийных превращений исходных субстратов. Иммобилизация клеток может рассматриваться как ключ к решению задач по интенсификации современных биотехнологи-

ческих процессов, основанных на применении микроорганизмов.

К настоящему времени проанализирован распространенный в природе феномен концентрирования биологических клеток, на основании чего выдвинута гипотеза о том, что в основе стабильного и длительного функционирования клеток в составе гетерогенных биокатализаторов, разрабатываемых на основе их иммобилизации, лежит система глобальной регуляции экспрессии генов, чувствительная к концентрации клеток. А именно фиксация микроорганизмов в высоких концентрациях активизирует проявление генетически запрограммированного ответа клеток, приводящего

к изменению их генетического и биохимического статуса.

ГБК на основе ИмК обеспечивают возможность создания биотехнологических процессов, в которых клетки длительно используются с высоким выходом целевых продуктов, при этом техническое решение таких процессов существенно упрощено по сравнению с процессами на основе свободных (суспензионных) клеток.

Исследованиями [1] показана возможность создания полифункциональных гетерогенных биокатализаторов на основе клеток дрожжей. Установлено, что использование оптимизированного способа получения ГБК для клеток *Saccharomyces* позволяет получать иммобилизованные дрожжи, применение которых целесообразно, в частности, при шампанизации вина, получении виноградных и плодово-ягодных вин, биотрансформации различных отходов сельского хозяйства и промышленности в этанол, а также могут иметь другие практические приложения. Идея иммобилизации микроорганизмов в пищевой промышленности внедрена в значительной степени в технологиях, связанных с брожением и биогенерацией субстратов, в частности, в непрерывно-поточных технологиях вторичного брожения виноматериалов, производства игристых сидров, вин типа хереса, а также в выработке уксуса и др. [2, 3, 4, 5]. Кроме того, разработана технология получения виноматериалов с использованием иммобилизованных дрожжей, обеспечивающая биотрансформацию и таким образом нейтрализацию пестицидов и других ксенобиотиков [6].

Иммобилизацию микроорганизмов определяют как физическую фиксацию клеток или их конгломератов в заданных точках или областях объема биореактора в условиях, обеспечивающих наиболее эффективное проявление их каталитических возможностей [2, 4].

В основу использования иммобилизованных МКО положены доказанные факты того, что биологическая активность закрепленных клеток сохраняется значительно дольше, чем у интактных [7], при этом создаются благоприятные условия для интенсификации и регулирования технологических процессов на основе ферментативного катализа [8]. Общеизвестными особенностями ферментативного катализа являются его исключительно высокая эффективность и специфичность, а также до-

ступная многоуровневая регуляция активности, в том числе на уровне вариаций состава и параметров среды с помощью субстратов и продуктов той реакции, которую они катализируют. Практически очень важно, что каталитическое действие ферментов проходит в условиях нормальных температур и давлений, соответствующих технологическим регламентам рассматриваемых нами производственных процессов.

Разработанный ГKB на основе клеток дрожжей рода *Saccharomyces* перспективен как объективная альтернатива свободным клеткам, традиционно используемым в промышленных условиях, и может служить основой для разработки новых биотехнологий, способных заменить существующие в области этанольной конверсии сахаров.

Эффективность использования иммобилизованных клеток в большой степени зависит от метода фиксации, а также от материалов, применяемых для этой цели. Методы иммобилизации условно делят на три основные группы: механические, физические и химические. Используются также их сочетания, например, механическое улавливание и удерживание МКО, усиленное ковалентным связыванием.

Практическое значение для отраслей промышленности, базирующихся на конверсии моносахаридов в этанол, а также биогенерационных процессах имеют следующие методы:

- адсорбция на поверхности твердых носителей (полимерные пленки, древесная стружка специальной формы, кольца Рашига, керамические и полимерные элементы сложной формы, растительные волокна, специальные насадки из инертных металлов и др.);
- включение в гели (носители: альгинат кальция, карраген, агароза, хитозан, пектин, желатин, полиакриламид и др.);
- ковалентное связывание;
- мембранное удерживание МКО (носители: клетчатка, диатомит, двухфазные эмульсии, мембраны из различных материалов).

Наибольший практический интерес для технологий пищевых производств представляет метод иммобилизации клеток – адсорбция, при которой происходит физическое взаимодействие адсорбента и адсорбата.

При адсорбционной фиксации клеток микроорганизмов создаются благоприятные условия для массообмена между компонентами субстрата и активными МКО, а также массоотдачи



автолизированными клетками, биологических веществ в среду, что позволяет расширить спектр взаимодействий и интенсифицировать биохимические процессы, кроме того, появляется возможность организации заданной гидродинамики разноскоростного движения фаз системы субстрат – дрожжевые клетки в биореакторах непрерывного действия.

Можно выделить еще ряд технологических преимуществ метода иммобилизации микроорганизмов, который в конечном итоге позволяет получать производимую продукцию более высокого качества, в том числе повышенной биологической ценности. Это можно проиллюстрировать на примере биотехнологических процессов виноделия.

В зоне сорбента происходит повышение концентрации питательных веществ и активных биоферментов, витаминов, аминокислот – продуктов автолиза клеток и других стимуляторов жизнедеятельности МКО. Исследованиями [9] было установлено усиление дыхательной функции фиксированных на насадке дрожжей по сравнению со свободными клетками, находящимися в том же физиологическом состоянии. Определено, что дыхательная и бродильная активность иммобилизованных клеток дрожжей возрастает до 1,8 раза по сравнению с флуктуирующими. Показано, что физиологическая перестройка клеток при их фиксации обусловлена изменением их ультраструктурной организации. Одним из важнейших показателей повышенной функциональной деятельности дрожжевой популяции явилось увеличение числа митохондрий, укрупнение их размеров и усложнение структурного строения [10]. Изучение ароматообразующих веществ показало, что при вторичном брожении и биогенерации вина с использованием фиксированных дрожжей в субстрате накапливается меньше ацетальдегида, пропионового альдегида, этилформиата, этилацетата, отрицательно влияющих на вкус и букет готового продукта. Вместе с тем возрастает содержание пентанола, фенилэтилового спирта, изоамиллактата, этиллинолеата, повышающих ценные ароматические показатели игристых вин [10].

Таким образом, использование иммобилизованных клеток дрожжей и связанное с ним существенное повышение удельной активности клеточных ферментов позволяют интенсифицировать биохимические процессы,

играющие важную роль в формировании качественных особенностей продуктов бродильных производств, в частности, вин игристых и типа хереса.

Чаще при использовании иммобилизованных микроорганизмов процессы размножения и метаболизма разделяются, что позволяет поддерживать постоянно высокую способность МКО к преобразованию субстратов [4]. К преимуществам использования иммобилизованных дрожжей в бродильных производствах следует отнести:

- интенсификацию технологических процессов;
- возможность создания разности суммарно линейных скоростей движения субстрата и дрожжевых клеток в потоке вдоль бродильных аппаратов и биогенераторов;
- повышение качества производимой продукции.

Адсорбция дрожжевых клеток в отличие от адсорбции неорганических частиц характеризуется тем, что в процессе жизнедеятельности микроорганизмов характер их поверхности и физические свойства изменяются. В связи с этим изменяется в первую очередь скорость десорбции.

Полученные экспериментальные данные [6] свидетельствуют о значительном изменении метаболизма дрожжевых клеток под действием их адгезии. Основная причина этих изменений заключается в специфике условий на поверхности раздела фаз твердого тела и жидкости. Так, на границе раздела фаз концентрация питательных компонентов, ферментов, витаминов, аминокислот и других биологически активных веществ и комплексов значительно отличается от содержания их в жидком субстрате в сторону увеличения. В связи с этим адсорбированные дрожжевые клетки в отличие от свободных попадают в зону повышенной концентрации важных для их жизнедеятельности, что значительно повышает биологическую активность микроорганизмов. Задержка дрожжевых клеток на поверхности твердого тела приводит к значительному увеличению их концентрации в поверхностном слое.

Адсорбция микроорганизмов, в частности дрожжевых клеток, на поверхности твердого тела зависит от состояния культуры, фазы ее развития, возраста, функционального состояния. При этом уменьшение адгезионных сил, возникающее в связи с изменениями структуры

оболочек клеток, приводит к их отрыву и уносу потоком шампанизируемого вина и, в конце концов, положительной для процессов брожения и биоферментации, ротации их на контактной поверхности.

Целью работы является получение алгоритма количественного анализа интенсивности процессов адсорбции-десорбции микроорганизмов на твердых контактных поверхностях и собственном слое в потоке жидкого субстрата с помощью физико-математической логики вероятностных процессов.

Методы исследований

При реально-вероятностном процессе с количеством актов взаимодействия, относящихся к разряду больших чисел, можно ожидать состояния динамического равновесия между свободными дрожжевыми клетками и поверхностным слоем на твердом теле: число адсорбированных микроорганизмов должно быть равно числу десорбированных клеток. Эти две величины различны по своей природе, так как первая всецело обусловлена свойствами активных дрожжевых клеток и сорбента, а вторая зависит от адсорбционных сил, удерживающих стареющие микроорганизмы на поверхности. Взаимодействие между дрожжевыми клетками и твердой поверхностью в потоке жидкости определяется действием как обычных поверхностных, так и специфических биологических сил [7], а также гидродинамикой потока.

Вместе с тем, учитывая, что в акте адсорбции дрожжевая клетка взаимодействует не с одним, а со всеми ближайшими атомами адсорбата, то есть с некоторым объемом твердой фазы, и что вероятно когезионное взаимодействие между клетками адсорбтива и адсорбата, построение единой теории адсорбции микроорганизмов представляется чрезвычайно сложной задачей, не решенной до настоящего времени [8].

Ниже предлагается метод количественного описания процесса сорбции – десорбции микроорганизмов на твердых контактных поверхностях на примере бродильного аппарата и биогенерационного ферментера непрерывного действия. При этом ввиду указанной выше сложности процесса применяем принцип суперпозиции, при котором исследуются поочередно элементы сложного процесса, а затем, суммируя, получаем результирующую величину. В качестве первого шага исследуем про-

цесс сорбции-десорбции клеток, приняв условия реализации монослойной локализованной адсорбции на однородной поверхности.

При этом принимаем следующие допущения.

1. Адсорбция клеток адсорбтива происходит на активных центрах.
2. При адсорбции соблюдается строгое стехиометрическое условие – на одном центре адсорбируется одна клетка.
3. Адсорбционные центры энергетически однородны и независимы, то есть адсорбция на одном центре не влияет на адсорбцию на других центрах.
4. Время пребывания адсорбированной клетки на активном центре ограничено, и в результате десорбции/адсорбции ее место занимает другая клетка.
5. Силы взаимодействия между соседними адсорбированными микроорганизмами пренебрежительно малы и принимаются равным нулю.

Результаты исследований

Дрожжевые клетки пребывают на поверхности адсорбента в течение определенного времени τ_a , называемого временем адсорбции. В связи с этим рассмотрим, например, бродильно-биогенерационный аппарат длиной (высотой) h , продольно секционированный твердыми тонкостенными перегородками, образующими направляющие поток каналы и одновременно сорбирующие поверхности [9]. Двухфазная система, включающая виноматериал, питательные вещества в виде сахаров и ферментных комплексов и дрожжевых клеток, движется однонаправленно с постоянной скоростью в каналах между цилиндрами, представляющими одновременно секционирующие и контактные поверхности суммарной площадью

$$S_{\Sigma} = 2\pi h \left(2 \sum_{i=1}^{n-1} r_i + r_n \right), \quad (1)$$

где r_i – радиус i -го цилиндра, $i = 1, 2, \dots, n$.

Пусть c_0 – число флуктуирующих дрожжевых клеток в единице объема бродильного аппарата, x_0 – их единичная масса. Предположим далее, что в адсорбционный слой на границе твердое тело – жидкость с диффузионным потоком поступают дрожжевые клетки единичной



массой x_0 , которые, старея, теряют свою массу со скоростью v , а удерживающие их силы ослабевают. Вследствие этого за среднее время τ_α происходит десорбция дрожжевых клеток, то есть они покидают адсорбционный слой.

Пусть далее c_a – число адсорбированных клеток на единице контактной поверхности площади S ; s_0 – площадь, занимаемая одной дрожжевой клеткой. В этом случае плотность размещения адсорбированных клеток ρ на сорбенте составит:

$$\rho = n_a s_0 S^{-1}; \quad (2)$$

при этом примем соотношение концентрации клеток интактных-флуктуирующих и иммобилизованных на сорбенте

$$c_a = \varepsilon c_o, \quad (3)$$

где ε – коэффициент адсорбции, показывающий, во сколько раз концентрация дрожжевых клеток в поверхностном слое увеличивается по сравнению с концентрацией флуктуирующих клеток. Коэффициент ε , как правило, – экспериментально определяемая величина, зависящая от вида и состояния микроорганизмов и условий реализации процесса, включающих гидродинамику потока, материал сорбента, шероховатость его поверхности и др.

С учетом вышеизложенного, зная $v(x)$, τ_α и c_a , возникает возможность определить такие величины, как $\langle v \rangle$ и M :

$$\langle v \rangle = [x_0 - \langle x \rangle] \cdot \tau_\alpha^{-1} \quad (4)$$

и

$$X = c_a \Sigma_s \langle v \rangle, \quad (5)$$

где $\Sigma_s = x c_a s_0$, x – переменная масса адсорбированной клетки; знак $\langle \dots \rangle$ означает среднее значение указанной в скобках величины; M – масса веществ, поступающая в систему за единицу времени (массовый поток) за счет метаболизма и частичного автолиза дрожжевых клеток.

Так, если адсорбционный слой микроорганизмов монослойный, можно ожидать, что будет соблюдаться закон действующих масс [4–6]. Действительно, пусть $s_0 c_a$ – часть единицы площади поверхности, занимаемая адсорбированными клетками. Тогда $(1 - s_0 c_a)$ – свободная

часть единицы площади поверхности адсорбента.

Очевидно, что скорость адсорбции v_1 , то есть переход дрожжевых клеток из бродильной смеси в поверхностный адсорбционный слой, пропорциональна свободной части площади поверхности и концентрации флуктуирующих клеток в объеме аппарата:

$$v_1 = \varepsilon_1 n_0 (1 - s_0 c_a), \quad (6)$$

а скорость обратного процесса – десорбции v_2 , то есть переход клеток из поверхностного адсорбированного слоя в объем аппарата пропорциональна доле занятой поверхности:

$$v_2 = \varepsilon_2 s_0 c_a, \quad (7)$$

где ε_1 и ε_2 – константы прямого и обратного процессов.

В состоянии динамического равновесия $v_1 = v_2$, а поэтому имеет место равенство:

$$\varepsilon_1 c_o (1 - s_0 c_a) = \varepsilon_2 s_0 c_a. \quad (8)$$

Из выражения (8) следует уравнение типа изотермы Ленгмюра;

$$c_a = c_\infty q c_o (1 + q c_o)^{-1}, \quad (9)$$

где $\varepsilon = \varepsilon_1 / \varepsilon_2$, $c_\infty = 1 / s_0$.

Уравнение (9) включает в себя две постоянные величины, каждая из которых имеет физический смысл; b – константа равновесия адсорбционного процесса, n_∞ – предельная концентрация дрожжевых клеток.

Из сравнения правых частей выражения (3) и (9) следует, что

$$\varepsilon = q c_o (1 + q c_o)^{-1}. \quad (10)$$

Зная ε и c_∞ , из выражения (10) можно найти b :

$$q = \varepsilon (c_\infty - \varepsilon c_o)^{-1}. \quad (11)$$

Очевидно, что выражение (3) служит исходным для многих экспериментальных исследований процессов адсорбции микроорганизмов.

В результате исследований предложен алгоритм расчета соотношения концентрации интактных флуктуирующих клеток микроорганизмов

и адсорбированных клеток на развитых контактных поверхностях биотехнологических аппаратов непрерывного действия. Причем выражение (3) служит в качестве исходного для многих экспериментальных исследований процессов адсорбции биологических клеток. На основании проведенных исследований предложен алгоритм расчета скорости адсорбции клеток микроорганизмов и их десорбции в связи с концентрацией флуктуирующих клеток в субстрате, а также относительно свободной и занятой частей площади сорбента.

Таким образом, в принятых условиях анализа и при установившемся стационарном режиме работы продольно секционированного бродильного аппарата имеет место адсорбционное равновесие – концентрации флуктуирующих и адсорбированных клеток – величины постоянные. При этом становится возможным осуществить в аппарате параллельные, но взаимосвязанные процессы разной функционально-биологической направленности: иммобилизованные дрожжевые клетки в состоянии автолиза обогащают субстрат известными полезными веществами и комплексами, стимулирующими брожение, а жизнедеятельные флуктуирующие совместно с вновь иммобилизованными микроорганизмами обеспечивают более интенсивное брожение и внутриклеточную трансформацию компонентов субстрата, способствуя в дальнейшем формированию целевого продукта высокого качества.

Список литературы

1. Саришвили Н. Г., Рейтблат Б. Б. Микробиологические основы технологии шампани-

зации вина. М. : Пищевая промышленность, 2000. 364 с.

2. Оганесянц Л. А., Панасюк А. Л., Рейтблат Б. Б. Теория и практика плодового виноделия М. : Промышленно-консалтинговая группа «Развитие», 2011. 396 с.

3. Radovic J. Mass transfer effects in fermentations using immobilized whole cells // *Enz. Microb. Technol.* 1985. № 7. P. 2–10.

4. Westrin B., Axgllsag A. Diffusion in gels containing immobilized cells. A critical review // *Biotechnol. Bioeng.* 1991. № 38. P. 439–446.

5. *Malting and Brewing Science* / J. S. Hough, D. E. Briggs, R. Stevens, T.W. Z. Youg. London: Chapman and Hall, 1982. V. 12. P. 677.

6. Потанин А. А., Верхуша В. В., Вржещ П. В., Муллер В. М. Теория адгезионного взаимодействия биологических клеток в потоке жидкости. Недеформированные клетки // *Коллоид. журн.* 1994. Т. 56. № 3. С. 422–430.

7. Варфоломеев С. Д., Гуревич К. Г. Биокинетика : практ. курс. М. : ФАИР-ПРЕСС, 1999.

8. Варфоломеев С. Д., Луковенков А. В., Семенова Н. А. Физическая химия биопроцессов. М. : КРАСАНД, 2014. 800 с.

9. Пищиков Г. Б. Интенсификация шампанизации вина с помощью бифункциональных развитых поверхностей в бродильно-биогенерационных аппаратах // *Виноград и вино России.* 2009. № 5. С. 14–15.

10. Беляев А. П., Кичук В. И. Физическая и коллоидная химия : учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. 752 с.

Пищиков Геннадий Борисович, д-р техн. наук, профессор кафедры пищевой инженерии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

E-mail: bio_teh@bk.ru.

Попова Дина Геннадьевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Управление качеством», ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

E-mail: dissovvet0518.

Минухин Леонид Аронович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой пищевой инженерии аграрного производства, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: academy@usaca.ru.

* * *



AGRONOMIC SCIENCES

Ecological adaptability of new corn hybrids due to Omsk breeding lines

S. V. Gubin, A. M. Loginova, G. V. Getz

The studies were conducted in 2016-2019 on the experimental field of the Siberian branch of All-Russian Scientific Research Institute of Corn in Omsk. The parameters of stability and plasticity of 18 maize hybrids obtained due to inbred lines of Omsk selection were studied. The reliable influence of environmental conditions and interaction "genotype – environment" on the yield of the studied group of corn hybrids is proved, with the indicators of ecological plasticity and stability in new hybrids being determined. Due to the research, the promising corn hybrids of the extensive type (Siberian 135 (standard), RDT 725/12 M × Om 136, RDT 725/12 M × Om 172) and intensive type ((OL 145 M × B 352 zm) × Om 30, (OL 145 M × B 352 zm) × Ohm 172) are identified.

Keywords: corn, hybrid, inbred line, selection, ecological adaptability, plasticity, stability, genotype.

References

1. Gubin S. V., Loginova A. M., Getc G. V. Ocenka ekologicheskoy adaptivnosti inbrednyx linij kukuruzy omskoj selekcii // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015. № 2. Rezhim dostupa : <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20812> (data obrashheniya: 14.03.2017).
2. Perspektivy i problemy vyrashhivaniya zernovoj kukuruzy v zasushlivom Zaural'e / S. D. Gilev [i dr.] // *Kukuruza i sorgo*. 2014. № 2. S. 3–7.
3. Zhuchenko A. A. *Adaptivnoe rastenievodstvo*. Kishinev : Shtiinca, 1990. 432 s.
4. Reakciya gibridov kukuruzy na temperaturnyj rezhim v period prorastaniya / A. G. Gorbacheva, I. A. Vetoshkina, A. E. Panfilov, E. S. Ivanova // *Kukuruza i sorgo*. 2014. № 2. S. 20–24.
5. Ivanova E. S., Panfilov A. E. Dinamika vlazhnosti zerna kukuruzy kak funkciya pogodnyx uslovij // *Kukuruza i sorgo*. 2013. № 3. S. 7–11.
6. Pakudin V. Z., Lopatina L. M. Metody ocenki ekologicheskoy plastichnosti sortov sel'skoxozyajstvennyx rastenij // *Selekciya i genetika kukuruzy*. Krasnodar, 1979. S. 113–121.
7. Morgunov A. I., Naumov A. A. *Selekciya zernovyx kul'tur na stabil'nost' urozhajnosti: obzornaya informaciya*. M. : Gosagroprom SSSR, VASXNIL, VINITI, 1987. 61 s.
8. Ivashhenko V. G., Sotchenko Yu. V. *Ekologicheskaya plastichnost' i stabil'nost' skorospelyx gibridov kukuruzy* // *Genetika, selekciya i texnologiya vozdel'yvaniya kukuruzy*. Krasnodar, 1999. S. 121–127.
9. Chuchmij I. P., Morgun V. V. *Geneticheskie osnovy i metody selekcii skorospelyx gibridov kukuruzy*. Kiev : Naukova dumka, 1990. 284 s.
10. *Izuchenie i podderzhanie obrazcov kolekcii kukuruzy : metod. ukazaniya / pod red. d-ra s.-x. nauk, prof. G. E. Shmaraeva*. L. : VIR, 1985. 50 s.
11. Dospexov B. A. *Metodika polevogo opyta*. M. : Agropromizdat, 1985. 351 s.
12. *Intensivnaya texnologiya vozdel'yvaniya kukuruzy dlya proizvodstva vysokoenergeticheskix kormov / A. E. Panfilov, E. S. Ivanova, N. I. Kazakova, E. S. Pestrikova* // *Nauchnye proekty Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta / pod red. M. F. Yudina*. Chelyabinsk : FGBOU VO YUzhno-Ural'skij GAU, 2016. S. 87–89.
13. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // *Crop Sci*. 1966. V. 6. № 1. R. 36–40.
14. *Metodiki rascheta ekologicheskoy plastichnosti sel'skoxozyajstvennyx rastenij po discipline «Ekologicheskaya genetika» / V. A. Zysin [i dr.]*. Omsk : Izd-vo OmGAU, 2008. 40 s.
15. Zhuchenko A. A. Rol' adaptivnoj sistemy selekcii v rastenievodstve XXI veka // *Kommercheskie sorta polevyx kul'tur Rossijskoj Federacii*. M. : IKAR, 2003. S. 10–15.
16. Kravchenko R. V. *Adaptivnost' i stabil'nost' proyavleniya urozhajnyx svojstv gibridov kukuruzy na fone antropogennyx faktorov* // *Nauchnyj zhurnal KubGAU*. 2012. № 77 (03).

17. Boroevich S. Principy i metody selekcii rastenij / pod red. i s predisl. : A. K. Fedorova. M. : Kolos, 1984. 341 s.

18. Kravchenko R. V. Agrobiologicheskoe obosnovanie polucheniya stabil'nyx urozhaev zerna kukuruzy v usloviyax stepnoj zony Central'nogo Predkavkaz'ya : monografiya. Stavropol', 2010. 208 s.

Gubin Sergey Valeryevich, researcher, the Siberian branch of All-Russian Scientific Research Institute of Corn, Omsk.

E-mail: sibmais@rambler.ru.

Loginova Antonina Mikhailovna, acting Director, the Siberian branch of All-Russian Scientific Research Institute of Corn, Omsk.

E-mail: sibmais@rambler.ru.

Getz Galina Vasilyevna, researcher, the Siberian branch of All-Russian Scientific Research Institute of Corn, Omsk.

E-mail: sibmais@rambler.ru.

Evaluation of uvologic parameters of some clone forms of grapes

A. S. Guseinova, M. A. Guseinov, V. S. Salimov, R. A. Asadullaev, Kh. N. Nasibov

The article is devoted to highly productive clone forms of grape varieties grown in Absheron climate. The article describes the results of studies on such important uvologic parameters of the studied grape varieties and their clone forms as (in relation to the total bunch mass): the proportions of juice, crest, remnant of the skin and pulp, the seed yield (%), the weight of 100 berries and 100 seeds, the proportion of berries in a bunch (%), the solid residue (%), the skeleton (the sum of skin and crest, in%), the structural indicator of a bunch (the ratio of pulp or juice to skeleton), the sugar content and acidity in a berry, etc. When studying the clone selection, the main criteria of quantity and quality were determined as realizing the potential of plants in populations of local and introduced grape varieties for their economically valuable and important for selection characteristics; the degree of correlation between these plants was determined, the parameters directly affecting the formation of productivity and quality of grapes were established. Thus, 31 high-yielding, high-quality, relatively resistant to diseases and pests clones were singled out from 14 populations. The selected high-yielding clones were found to be distinguished by larger bunches compared to the control varieties. Due to the fact that the large size of the bunch directly has a positive effect on the yield, this indicator was assessed as one of the main selection criteria. The coefficient of size variation of clusters of clone bushes, changing in the range $V, \% = 11.1-13.2\%$ (for the control varieties $V, \% = 13.6-15.6\%$), was characterized by low estimates. This shows that the genetic diversity in the clonal populations is relatively small and provide evidence of this parameter being consistent.

Keywords: technical and table varieties, uvology, technological parameters, promising varieties, mechanical composition, chemical composition, bunch, berry, ampelographic collection.

References

1. Abasova X. T. Izuchenie mexanicheskix osobennostej grozdej i yagod nekotoryx texnicheskix sortov vinograda // Nauchnye trudy Instituta Botaniki NANA, 2008, T. XXVIII. S. 335–338.
2. Ocenka novyx introducentnyx sortov vinograda v usloviyax Azerbajdzhana / M. A. Gusejnov, X. N. Nasibov, A. S. Shukyurov, V. S. Salimov // APK Rossii. 2018. T. 25. № 3. S. 444–447.
3. Morozova G. S. Vinogradarstvo s osnovami ampelografii. M. : Agropromizdat, 1987. 251 s.



4. Izuchenie polimorfizma mestnyx sortov vinograda v Azerbajdzhanes pomoshh'yu ampelodeskrep-tora, molekulyarnyx i morfometriceskix markerov / X. N. Nasibov [i dr.] // APK Rossii. 2018. T. 25. № 4. S. 517–525.
5. Panaxov T. M., Salimov V. S. Sorta vinograda Azerbajdzhana. Baku : Muallim, 2012. 288 s.
6. Panaxov T. M., Soltanov X. A., Gusejnov M. A. Sovershenstvovanie texnologii proizvodstva natural'nogo vina // APK Rossii. 2019. T. 26. № 2. S. 162–170.
7. Panaxov T. M., Xasretov R. P. Vliyanie dopolnitel'nogo opyleniya, proizvodimogo na razlichnyx stadiyax fazy cveteniya, na mexanicheskie osobennosti sortov vinograda // Agrarnaya nauka Azerba-jdzhana. 2009. № 1–2. S. 56–57.
8. Prostoserdov N. N. Osnovy vinodeliya. M. : Pishhepromizdat, 1955. 264 s.
9. Radchevskij P. P., Troshin L. P. Bessemyannye sorta vinograda. Krasnodar : KubAGU, 2008. 160 s.
10. Salimov V. S. Metody ampelograficheskogo issledovaniya genotipov vinograda. Baku : Muallim, 2014. 184 s.
11. Smirnov K. V., Kalmykova T. I., Morozova G. S. Vinogradarstvo. M. : Agropromizdat, 1987. 367 s.
12. SHarifov F. G. Vinogradarstvo. Baku : Maarif, 1988. 296 s.
13. Troshin L. P., Magradze D. N. Ampelograficheskij skringing genofonda vinograda. Krasnodar : KGAU, 2013. 120 s.
14. Codes des caracteres descriptifs des varietes et especes de Vitis. OIV. 2009. Access mode : <http://www.oiv.int/fr/> и <http://www.oiv.int/oiv/info/frplublicationoiv#listdesc>.
15. Huseynov M., Soltanov H. Improving the production technology of the natural wine // Journal Sylwan. April 2019. 163 (4). ISI Indexed. P. 2–13.
16. First results of the European grapevine collections' collaborative network / L. Rustioni [et al.] // Validation of a standard eno-carpological phenotyping method. January 2014. Vitis Geilweilerhof. № 53(4). P. 219–226.
17. BRS Isis: New seedless grape cultivar for the tropical viticulture in Northeastern of Brazil / P. Leão [et al.] // BIO Web of Conferences. 39th World Congress of Vine and Wine. 2016. Vol. 7. Access mode : https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/abs/2016/02/bioconf-oiv2016_01002/bioconf-oiv2016_01002.html.
18. Vinos de Altura del Noroeste Argentino – Características físico- químicas y Sensoriales / R. Barroso, [et al.] // BIO Web of Conferences. 2019. № 15. Access mode : https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/full_html/2019/04/bioconf-oiv2019_01002/bioconf-oiv2019_01002.html.

Guseinova Afet Sabir, Head of Department, Scientific Research Institute of Viticulture and Winemaking.

Email: a_huseynova73@mail.ru.

Guseinov Movlud Arastun, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, leading researcher, Associate Professor at Azerbaijan State University of Economics (UNEC), Scientific Research Institute of Viticulture and Winemaking.

Email: movludh@mail.ru

Salimov Vugar Suleiman, D. Sc. (Agriculture), Associate Professor, Director, Scientific Research Institute of Viticulture and Winemaking.

Email: vugar_salimov@yahoo.com.

Asadullaev Rauf Aydin, Cand. Sc. (Agriculture), Associate Professor, Deputy Director, Scientific Research Institute of Viticulture and Winemaking.

Email: raufasad@mail.ru.

Nasibov Khikmet Nasir, Cand. Sc. (Agriculture), Associate Professor, postgraduate student, Scientific Research Institute of Viticulture and Winemaking.

Email: khikmet@mail.ru

Assessing the biological properties of chernozem soils in the forest-steppe of the Trans-Urals after the application of herbicides to spring rape plantings

A. N. Pokatilova, E. Yu. Matveeva

To obtain stable yields of most agricultural crops, a wide range of crop protection products are used in agriculture. As for pesticides, they are known to affect not only pathogenic organisms, but in general all objects of the environment. The experiment studied the effect of soil and post-emergence herbicides on some biological properties of leached chernozem. As a result of studies carried out in 2017 and 2018, it was revealed that the emission of carbon dioxide in all variants of the experiment is characterized as weak. The nitrifying capacity during two years of research is assessed as high. Thus, herbicides used in the recommended doses do not have a negative effect on the biological properties of leached chernozem.

Keywords: biological properties, carbon dioxide emission, nitrifying capacity, leached chernozem, herbicides.

References

1. Kazeev K. SH. Biologicheskaya diagnostika i indikaciya pochv: metodologiya i metody issledovaniy / pod red. S. I. Kolesnikova. Rostov na Donu : Izd-vo RGU, 2003. 216 s.
2. Derevyanskij V. P. Gerbicydy i mikrobiologicheskaya aktivnost' pochvy // Zashhita rastenij. 1992. № 3. S. 20–26.
3. Pokatilova A. N. Zashhita yarovogo rapsa ot sornogo komponenta // Vysshemu agronomicheskomu obrazovaniyu v Udmurtskoj Respublike – 65 let : mater. nac. nauch.-prakt. konf., posvyashh. 65-letiyu agronomicheskogo fakul'teta / FGBOU VO Izhevskaya GSXA. 2019. S. 144–148.
4. Ivanova E. S. Ximicheskie sredstva zashhity kukuruzy ot segetal'noj rastitel'nosti v Zaural'e // Aktual'nye voprosy agroekologii: teoriya i praktika : mater. nac. nauch. konf. Instituta agroekologii / pod red. M. F. Yudina. 2018. S. 49–57.
5. Zhelezova A. D. Izmenenie funkcional'nyx i strukturnyx xarakteristik prokariotnogo soobshchestva pochv pod vozdejstviem gerbicyda glifosata : dis. ... kand. biol. nauk. M., 2018. 142 s.
6. Matveeva E. Yu. Ekologo-biologicheskoe sostoyanie chernozema vyshhelochennogo posle primeneniya ximicheskix sredstv zashhity rastenij v posevax kukuruzy // Sel'skoxozyajstvennyye nauki – agropromyshlennomu kompleksu Rossii : mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Miasskoe, 2017). Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2017. S. 87–93.
7. Kulikova N. A., Lebedeva G. F. Gerbicydy i ekologicheskie aspekty ix primeneniya. M. : Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2010. 152 s.
8. Matveeva E. Yu. Ocenka toksichnosti chernozema vyshhelochennogo po pokazatelyam prorastaniya semyan // Vysshemu agronomicheskomu obrazovaniyu v Udmurtskoj respublike – 65 let : mater. nac. nauch.-prakt. konf., posvyashh. 65-letiyu agronomicheskogo fakul'teta / FGBOU VO Izhevskaya GSXA. 2019. S. 187–190.
9. Titova V. I., Dabaxova E. V., Dabaxov M. V. Agro- i bioximicheskie metody issledovaniya sostoyaniya ekosistem : ucheb. posob. dlya vuzov / Nizhegorodskaya gos. s.-x. akademiya. N. Novgorod : Izd-vo VVAGS, 2011. 170 s.
10. Gaponyuk E. I., Malaxov S. V. Kompleksnaya sistema pokazatelej ekologicheskogo monitoringa pochv // Migraciya zagryaznyayushhix veshhestv v pochvax i sopredel'nyx sredax: tr. 4 Vsesoyuzn. soveshh. (Obninsk, iyun' 1983 g.). L. : Gidrometeoizdat, 1985. S. 3–10.
11. Val'kov V. F., Kazeev K. SH., Kolesnikov S. I. Metodologiya issledovaniya biologicheskoy aktivnosti pochv na primere Severnogo Kavkaza // Nauchnaya mysl' Kavkaza. Izd-vo SKNCVSH. 1999. № 1. S. 32–37.

Pokatilova Anna Nikolayevna, Cand. Sc. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Ecology, Agrochemistry and Plant Protection, Institute of Agroecology – a branch of South Ural State Agrarian University.

E-mail: Pokatilova.Ann2013@yandex.ru.



Matveeva Ekaterina Yuryevna, Cand. Sc. (Biology), Associate Professor of the Department of Ecology, Agrochemistry and Plant Protection, Institute of Agroecology – a branch of South Ural State Agrarian University.

E-mail: ematveeva82@mail.ru.

TECHNICAL SCIENCES

Preparing a training sample for classifying seeds by their yield properties

D. D. Baryshev, N. N. Barysheva, S. P. Pronin

Training sample preparation is essential for data classification due to machine learning methods. The effectiveness of training algorithms depends on the quality of training samples. The paper presents the main stages of preparing a training sample for classifying seeds by their yield properties, with the main informative parameters being identified and the results being obtained.

Keywords: bioelectric signal, wheat seeds, classification, quality, yield properties, training sample.

References

1. Brink X., Richards D., Feverolf M. Mashinnoe obuchenie. SPb. : Piter, 2017. 336 s.
2. Shamanin V. P., Petuxovskij S. L., Krasnova Yu. S. Klasternyj analiz sortov myagkoj yarovoj pshenicy po elementam struktury urozhaya v yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri // Vestnik KrasGAU. 2016. № 4.
3. Shazzo A. Yu., Usatkov S. V. Effektivnost' raspoznavaniya skrytoj zarazhennosti zernovok po izobrazheniyam v infrakrasnom spektre // Izvestiya vuzov. Pishhevaya texnologiya. 2012. № 4.
4. Kryloveckij A. A., Suxodolov D. M. Raspoznavanie izobrazhenij elementov zernovyx smesej metodami glubokogo obucheniya s ispol'zovaniem bibliotek KERAS i TENSORFLOW // Vestnik VGU. Ser. : Sistemnyj analiz i informacionnye texnologii. 2018. № 2. S. 139–148.
5. Da-Wen Sun. Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation // Academic Press. Elsevier. 2016. 635 r.
6. Barysheva N. N., Pronin S. P. Metod opredeleniya vsxozhesti semyan pshenicy na osnove membrannyx potencialov // Inzhenernye texnologii i sistemy. 2019. T. 29. № 3. S. 443–455.
7. Eksperimental'noe issledovanie elektrofizicheskix svojstv semyan pshenicy, razdelennyx na frakcii po aerodinamicheskim svojstvam / D. D. Baryshev, N. N. Barysheva, S. P. Pronin, V. I. Belyaev // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 9 (179). S. 136–140.
8. Kaftannikov I. L., Parasich A. V. Problemy formirovaniya obuchayushhej vyborki v zadachax mashinnogo obucheniya // Vestnik YUUrGU. Ser. : Komp'yuternye texnologii, upravlenie, radioelektronika. 2016. № 3.
9. Huang T. H., Nikulin V. Two Algorithms Under Stochastic Gradient Descent Framework for Recommender Systems. In: Peng WC. et al. (eds) Trends and Applications in Knowledge Discovery and Data Mining. PAKDD 2014. Lecture Notes in Computer Science // Springer. Vol. 8643. 2014. Access mode : https://doi.org/10.1007/978-3-319-13186-3_21.

Baryshev Denis Dmitryevich, senior lecturer of the Department "Information Systems in Economics", Polzunov Altai State Technical University.

E-mail: denis.baryshev@bk.ru.

Barysheva Nadezhda Nikolayevna, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department "Information Systems in Economics", Polzunov Altai State Technical University.

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

Pronin Sergey Petrovich, D. Sc. (Engineering), Professor, Professor of the Department "Information Technologies", Polzunov Altai State Technical University.
E-mail: spronin@mail.ru.

Choosing the researched object when assessing the reliability of electrical equipment for water-lifting wells

V. A. Butorin, A. M. Molchan

Studying the reliability of well equipment supplying water to agricultural consumers showed its weak element to be a submersible electric motor, with the main type of failure being the disability performance of their winding. The reliability of repaired electric motors is significantly inferior to that of new ones. To assess the reliability of repaired motors, it is necessary to choose a test object to meet the expected requirements. Electric motors of the PEDV series are shown to be in the greatest demand, with their main technical characteristics being tabulated. To study the performance of the windings of submersible electric motors, winding data and their connection patterns during overhaul are given. The work shows the location of coils on the stator and the vector diagram of phase currents. The magnetomotive force curve is also presented to indicate the sinusoidality of its character and the presence of two poles. In conclusion, it is recommended to select this object of research to assess the reliability of submersible electric motors after overhaul.

Keywords: object of research, submersible electric motor, winding connection pattern, operability.

References

1. Taran V. P., Sinel'nik A. V. Elektrooborudovanie vodopod'emnykh skvazhin. *Texnicheskoe obsluzhivanie*. M. : GOSNITI, 1978.
2. Posobie po ekspluatatsii elektrooborudovaniya vodopod'emnykh skvazhin / V. P. Taran [i dr.]. M. : Nedra, 1989. 192 s.
3. Voloxovskij G. A. Ekspluatatsiya i remont sistem sel'skoxozyajstvennogo vodosnabzheniya. M. : Rossel'khozizdat, 1982. 224 s.
4. Schastlivyj G. G., Semak V. G., Fedorenko G. M. Pogruzhnye asinxronnye elektrodvigateli. M. : Energoatomizdat, 1983. 168 s.
5. TK 70.0009.001-84. Elektrodvigateli trexfaznye asinxronnye korotkozamknutyje vodozapolnennyye pogruzhnye. *Texnicheskie trebovaniya na kapital'nyj remont*. M. : GOSNITI, 1985. 78 s.
6. TK 70.0001.086-78. Elektrodvigateli trexfaznye asinxronnye vodozapolnennyye pogruzhnye. *Texnicheskie trebovaniya na kapital'nyj remont*. M. : GOSNITI, 1979. 52 s.
7. Rekomendacii po vosstanovleniyu iznoshennykh uzlov i detalej pogruzhnykh elektrodvigatelej. M. : GOSNITI, 1987. 66 s.
8. Kronsval'd A. F. Osobennosti raboty fil'trovoj zashhity ot obryva fazy pogruzhnykh elektrodvigatelej v sel'skom khozyajstve : monografiya. Krasnodar : Izd-vo KGAU, 2010. 110 s.
9. Os'kin S. V. Metody i sredstva povysheniya ekspluatatsionnoj effektivnosti asinxronnykh nereguliruemyykh elektroprivodov : dis. ... d-ra texn. nauk. Chelyabinsk, 1998. 283 s.
10. Os'kin S. V., Os'kina G. M. Nadezhnost' raboty elektrificirovannogo oborudovaniya sel'skoxozyajstvennogo proizvodstva // *Energosberegayushhie tekhnologii i processy v APK : sb. nauch. trudov*. Krasnodar, KGAU. 2002.
11. Agregaty elektronasosnye centrobezhnye skvazhinnye dlya vody tipa ECV. *Rukovodstvo po ekspluatatsii i passport 43033563.01-15RE*. Nizhnij Novgorod, 2017. 30 s.
12. Tokarev B. F. Elektricheskie mashiny. M. : Al'yans, 2015. 626 s.

Butorin Vladimir Andreyevich, D. Sc. (Engineering), Professor, Professor of the Department "Electrical Equipment and Electrotechnologies", South Ural State Agrarian University.
E-mail: butorin_chgau@list.ru.



Molchan Alexandr Mikhailovich, postgraduate student, the Department "Electrical Equipment and Electrotechnologies", South Ural State Agrarian University.
E-mail: a.molchan@list.ru.

Lighting systems for rural streets, parks and squares

A. G. Vozmilov, I. Yu. Loshkarev, O. V. Logacheva, A. I. Sterkhov

The article deals with the system of transmission and transportation of laser radiation to a remote phosphor for lighting rural streets, parks and squares.

Keywords: phosphor, parks, lighting, laser lighting, light transportation.

References

1. Sistema energosberezheniya v osveshhenii ulic i dorog / A. I. Sterkhov [i dr.] // Materialy X nac. nauch.-prakt. konf. «Aktual'nye problemy energetiki APK». Saratov : Izd-vo OOO «CeSAin», 2019. S. 213–215.
2. Laser-Based Lighting: Experimental Analysis and Perspectives / N. Trivellin [et al.] // Materials. 2017. № 10. P. 1166.
3. Analysis and Reliability Study of Luminescent Materials for White Lighting / N. Trivellin [et al.] // Proceedings. 2018. № 2. P. 1158.
4. White-light sources based on GaN laser diodes: analysis and application study / N. Trivellin [et al.] // Proc. SPIE 10532, Gallium Nitride Materials and Devices XIII, 1053216 (23 February 2018). Doi: 10.1117/12.2290489.
5. Shirobokova T. A., Loshkarev I. Yu., Belova N. N. Metodika ocenki parametrov svetodiodnogo osveshheniya v zhivotnovodcheskix pomeshheniyax // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2018. № 43. S. 47–50.
6. Energosberezhenie v sisteme osveshheniya v sel'skoxozyajstvennyx i skladskix pomeshheniyax / I. Yu. Loshkarev [i dr.] // Aktual'nye problemy energetiki APK : mater. IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / pod obshh. red. V. A. Trushkina. Saratov : OOO «CeSAin», 2018. S. 106–109.
7. Effektivnost' vnedreniya svetovodov dlya sistemy osveshheniya v zhivotnovodcheskix pomeshheniyax / I. Yu. Loshkarev, O. V. Maleckij, V. I. Loshkarev, N. N. Belova // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2018. № 39. S. 19–24.
8. Loshkarev I. Yu., Aberyas'ev A. Ya., Loshkarev V. I. Ocenka effektivnosti vnedreniya svetoaeratora v sistemu ventilyacii korovnika // Aktual'nye problemy energetiki APK. Saratov : OOO «CeSAin», 2018. S. 104–106.
9. Loshkarev I. Yu., Naxod V. M., Aberyas'ev A. Ya. Energosberegayushhie principy v teplichnyx kompleksax // Aktual'nye problemy energetiki APK : mater. IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / pod obshh. red. V. A. Trushkina. Saratov : OOO «CeSAin», 2018. S. 109–110.
10. Loshkarev I. Yu., Osadchij N. V. Raschet velichiny teploprитokov sistemy estestvennogo osveshheniya // Materialy X nac. nauch.-prakt. konf. «Aktual'nye problemy energetiki APK». Saratov : Izd-vo OOO «CeSAin», 2019. S. 140–142.
11. Aktivnye sistemy svetozaavata dlya osveshheniya pomeshhenij / I. Yu. Loshkarev, N. V. Osadchij, A. Ya. Aberyas'ev, S. V. Saenko // Materialy X nac. nauch.-prakt. konf. «Aktual'nye problemy energetiki APK». Saratov : Izd-vo OOO «CeSAin», 2019. S. 142–147.
12. Metodika rascheta ekonomicheskoy celesoobraznosti primeneniya polyx trubchatyx svetovodov / I. Yu. Loshkarev, A. I. Sterkhov, K. A. Petrov, V. V. Belov // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2019. № 45. S. 136–139.
13. Kompleksnoe sravnenie sistem estestvennogo osveshheniya / I. Yu. Loshkarev [i dr.] // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2019. № 45. S. 37–47.
14. Algoritm rascheta konstruktivnyx parametrov svetodiodnogo osvetitel'nogo pribora / A. G. Vozmilov, T. A. Shirobokova, D. V. Astaf'ev, I. Yu. Loshkarev // APK Rossii. 2019. T. 26. № 2. S. 185–188.

15. Solargy // Spravochno-informacionnyj internet-portal. Rezhim dostupa: <http://solargy.creativezh.ru/about/o-kompanii>.

16. Jakubowsky M., Neyer A., Optimized design of daylight redirection microstructures combined with planar micro structured light sources for high efficient room lighting integrated in building façades // Energy Procedia. 2017. № 122. P. 157–162.

17. Tengler F.-C., Jakubowsky M., Neyer A. High transparent light guiding plate for single-sided light emission // Microelectronic Engineering. 2014. № 119. P. 174–177.

18. Loshkarev I. Yu., Sterkhov A. I., Petrov K. A. «Solar Concentrator Engineering Design SWx 700-250» Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST) // International Symposium «Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research» (ISEES 2019). August 2019. Vol. 1. P. 780–786. Doi.org/10.2991/isees-19.2019.156.

19. Sterhov A. I., Loshkarev I. Yu. Determination of the proportion of natural light in solar radiation using the method of conversion of lighting units into energy // HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser 1353. 2019. 012002. P.1–6. Doi:10.1088/1742-6596/1353/1/012002.

20. Sterhov A. I., Petrov K. A., Loshkarev I. Yu. Calculation of the critical power density of natural light in a polymer optical fiber // HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser 1353. 2019. 012003. P. 1–8. Doi:10.1088/1742-6596/1353/1/012003.

21. Sterhov A. I., Petrov K. A., Loshkarev I. Yu. Engineering design of solar concentrator for transporting sunlight through optical fiber // HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser 1353. 2019. 012004. P. 1–11. Doi:10.1088/1742-6596/1353/1/012004.

22. Loshkarev I. Yu., Sterhov A. I., Petrov K. A. Simulation of the parametrs of the acrylic and specular light pipe for transmitting light radiation of the LED matrix // ITBI 2019, J. Phys.: Conf. Ser 1333. 2019. 062014. P. 1–8. Doi:10.1088/1742-6596/1333/6/062014.

23. Loshkarev I. Yu. Analiz i klassifikaciya sistem perenapravleniya estestvennogo osveshheniya dlya pomeshhenij APK // APK Rossii. 2019. T. 26. № 4. S. 541–547.

24. Eksploatacionnye svoystva i xarakteristiki polyx trubchatyx svetovodov i zenitnyx fonarej / I. Yu. Loshkarev, A. I. Sterxov, T. A. Shirobokova, Yu. D. Vaxrusheva // APK Rossii. 2019. T. 26. № 4. S. 548–552.

25. Sterxov A. I., Palagin A. V., Loshkarev I. Yu. Issledovanie sistem osveshheniya s polymi protyazhennymi svetovodami // Svetotexnika. 2019. № 6. S. 31–36.

Vozmilov Aleksandr Grigoryevich, D. Sc. (Engineering), Professor, the Department "Automobile Transport", South Ural State University (NRU).

E-mail: vozmiag44@rambler.ru.

Loshkarev Igor Yuryevich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Saratov State Vavilov Agrarian University.

E-mail: igyulo@mail.ru.

Logacheva Oksana Vladimirovna, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Saratov State Vavilov Agrarian University.

E-mail: sgauoksana@mail.ru.

Sterkhov Alexey Ivanovich, General Director, OOO "Solarzhi".

E-mail: aist@solargy.group.

Methods to reduce energy consumption in a livestock house due to light aerators and daylight redirection systems

A. G. Vozmilov, I. Yu. Loshkarev, O. V. Logacheva, A. I. Sterkhov

The article deals with various ways of reducing energy consumption in livestock houses due to light aerators and redirection systems used for the parts with insufficient light.



Keywords: energy efficiency, electricity, light redirection, animal husbandry, livestock buildings, light guide, light aerator.

References

1. Elektroemkost' produkcii promyshlennogo pticevodstva / G. P. Eroshenko, I. Yu. Loshkarev, I. V. Shestakov, V. I. Loshkarev // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. 2016. № 2. S. 48–50.
2. Eroshenko G. P., Loshkarev I. Yu. Racional'nye varianty teplosnabzheniya zhivotnovodcheskix pomeshhenij // *Nauchnoe obozrenie*. 2017. № 3. S. 38–46.
3. Effektivnost' vnedreniya svetovodov dlya sistemy osveshheniya v zhivotnovodcheskix pomeshheniyax / I. Yu. Loshkarev, O. V. Maleckij, V. I. Loshkarev, N. N. Belova // *Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2018. № 39. S. 19–24.
4. Loshkarev I. Yu., Aberyas'ev A. YA., Loshkarev V. I. Ocenka effektivnosti vnedreniya svetoaeratora v sistemu ventilyacii korovnika // *Aktual'nye problemy energetiki APK : mater. IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / pod obshh. red. V. A. Trushkina*. Saratov : OOO «CeSAin», 2018. S. 104–106.
5. Energoberezhenie v sisteme osveshheniya v sel'skoxozyajstvennyx i skladskix pomeshheniyax / I. Yu. Loshkarev [i dr.] // *Aktual'nye problemy energetiki APK : mater. IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / pod obshh. red. V. A. Trushkina*. Saratov : OOO «CeSAin», 2018. S. 106–109.
6. Loshkarev I. Yu., Naxod V. M., Aberyas'ev A. Ya. Energoberegayushhie principy v teplichnyx kompleksax // *Aktual'nye problemy energetiki APK : mater. IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / pod obshh. red. V. A. Trushkina*. Saratov : OOO «CeSAin», 2018. S. 109–110.
7. Loshkarev I. Yu., Osadchij N. V. Raschet velichiny teploprитokov sistemy estestvennogo osveshheniya // *Materialy X nac. nauch.-prakt. konf. «Aktual'nye problemy energetiki APK»*. Saratov : Izd-vo OOO «CeSAin» 2019. S. 140–142.
8. Aktivnye sistemy svetozaхvata dlya osveshheniya pomeshhenij / I. Yu. Loshkarev, N. V. Osadchij, A. Ya. Aberyas'ev, S. V. Saenko // *Materialy X nac. nauch.-prakt. konf. «Aktual'nye problemy energetiki APK»*. Saratov : Izd-vo OOO «CeSAin», 2019. S. 142–147.
9. Sistema energoberezheniya v osveshhenii ulic i dorog / A. I. Sterxov [i dr.] // *Materialy X nac. nauch.-prakt. konf. «Aktual'nye problemy energetiki APK»*. Saratov : Izd-vo OOO «CeSAin», 2019. S. 213–215.
10. Metodika rascheta ekonomicheskoy celesoobraznosti primeneniya polyx trubchatyx svetovodov / I. Yu. Loshkarev, A. I. Sterxov, K. A. Petrov, V. V. Belov // *Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2019. № 45. S. 136–139.
11. Kompleksnoe sravnenie sistem estestvennogo osveshheniya / I. Yu. Loshkarev [i dr.] // *Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2019. № 45. S. 37–47.
12. Shirobokova T. A., Loshkarev I. YU., Belova N. N. Metodika ocenki parametrov svetodiodnogo osveshheniya v zhivotnovodcheskix pomeshheniyax // *Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2018. № 43. S. 47–50.
13. Algoritm rascheta konstruktivnyx parametrov svetodiodnogo osvetitel'nogo pribora / A. G. Vozmilov, T. A. Shirobokova, D. V. Astaf'ev, I. Yu. Loshkarev // *APK Rossii*. 2019. T. 26. № 2. S. 185–188.
14. Solargy // *Spravochno-informacionnyj internet-portal*. Rezhim dostupa : <http://solargy.creativezh.ru/about/o-kompanii>.
15. Jakubowsky M., Neyer A. Optimized design of daylight redirection microstructures combined with planar micro structured light sources for high efficient room lighting integrated in building façades // *Energy Procedia*. 2017. № 122. P. 157–162.
16. Tengler F.-C., Jakubowsky M., Neyer A. High transparent light guiding plate for single-sided light emission // *Microelectronic Engineering*. 2014. № 119. P. 174–177.
17. Loshkarev I. Yu., Sterkhov A. I., Petrov K. A. Solar Concentrator Engineering Design SWx 700-250 // *Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST)*, volume 1, International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2019). August 2019. P.780–786. Doi.org/10.2991/isees-19.2019.156.

18. Sterhov A. I., Loshkarev I. Yu. Determination of the proportion of natural light in solar radiation using the method of conversion of lighting units into energy // HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser 1353. 2019. 012002. P. 1–6. Doi: 10.1088/1742-6596/1353/1/012002.

19. Sterhov A. I., Petrov K. A., Loshkarev I. Yu. Calculation of the critical power density of natural light in a polymer optical fiber // HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser 1353. 2019. 012003. P. 1–8. Doi: 10.1088/1742-6596/1353/1/012003.

20. Sterhov A. I., Petrov K. A., Loshkarev I. Yu. Engineering design of solar concentrator for transporting sunlight through optical fiber // HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser 1353. 2019. 012004. P. 1–11. Doi: 10.1088/1742-6596/1353/1/012004.

21. Loshkarev I. Yu., Sterhov A. I., Petrov K. A. Simulation of the parameters of the acrylic and specular light pipe for transmitting light radiation of the LED matrix // ITBI 2019, J. Phys.: Conf. Ser 1333. 2019. 062014. P. 1–8. Doi: 10.1088/1742-6596/1333/6/062014.

23. Loshkarev I. Yu. Analiz i klassifikaciya sistem perenapravleniya estestvennogo osveshheniya dlya pomeshhenij APK // APK Rossii. 2019. T. 26. № 4. S. 541–547.

24. Ekspluatatsionnye svoystva i xarakteristiki polyx trubchatyx svetovodov i zenitnyx fonarej / I. Yu. Loshkarev, A. I. Sterxov, T. A. Shirobokova, Yu. D. Vaxrusheva // APK Rossii. 2019. T. 26. № 4. S. 548–552.

25. Sterxov A. I., Palagin A. V., Loshkarev I. Yu. Issledovanie sistem osveshheniya s polymi protyazhennymi svetovodami // Svetotexnika. 2019. № 6. S. 31–36.

Vozmilov Aleksandr Grigoryevich, D. Sc. (Engineering), Professor, the Department "Automobile Transport", South Ural State University (NRU).

E-mail: vozmiag44@rambler.ru.

Loshkarev Igor Yuryevich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Saratov State Vavilov Agrarian University.

E-mail: igyulo@mail.ru.

Logacheva Oksana Vladimirovna, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Saratov State Vavilov Agrarian University.

E-mail: sgauoksana@mail.ru.

Sterkhov Alexey Ivanovich, General Director, OOO "Solarzhi".

E-mail: aist@solargy.group.

Risk justification in the transport and technological process of agricultural operations in the labor protection management system

O. A. Grebenschikova, A. G. Popova

Every day every person is faced with the need to assess (qualitatively or quantitatively) the degree, level of danger of the processes or phenomena surrounding him. In the theory of risk the criterion for such an assessment is the concept "risk". The main task for implementing and functioning of the labor protection management system is its transition to a system of assessing and managing the professional risks in the organization. In this regard, the task was to develop some indicator to allow quite objectively and with minimal costs at the same time to assess the risk of the "operator – machine – environment" system in the technological process of agricultural production in cases of transport and technological failures happening different speeds. To determine the injury risk indicator, a complete factorial experiment was carried out. A linear model of influencing factors (vehicle speed, the occurrence of the risk of failure) on the injury risk was obtained. After analyzing and assessing the injury risk of operators, it is necessary to work out measures to eliminate or reduce its level.



Keywords: risk, risk assessment, "operator – machine – environment" system, transport and technological failures, vehicle speed, linear model, injury risk indicator.

References

1. Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya / V. V. Ambarcumyan, V. N. Babanin, O. P. Gudzhoyan, A. V. Petridis : pod red. chl.-kor. RAN prof. V. N. Lukanina. M. : Mashinostroenie, 1997. 244 s.
2. Bobkov V. F. Dorozhnye usloviya i bezopasnost' dvizheniya : uchebnik dlya vuzov. M. : Transport, 1993. 271 s.
3. Vedenyapin G. V., Kirtbaya Yu. K., Sergeev M. P. Ekspluatsiya mashinno-traktornogo parka. M. : Kolos, 1968. 343 s.
4. Gasparyanc G. A. Povyshenie proxodimosti avtomobilya. M. : Transport, 1967. 64 s.
5. Gorev A. E., Oleshchenko E. M. Organizatsiya avtomobil'nykh perevozok i bezopasnost' dvizheniya : ucheb. posob. dlya stud. vyssh. ucheb. zaved. M. : Akademiya, 2006. 256 s.
6. Gorshkov Yu. G. Povyshenie effektivnosti funkcionirovaniya sistemy «differentsial – pnevmaticheskij kolesnyj dvizhitel' – nesushhaya poverkhnost'» mobil'nykh mashin sel'skokhozyajstvennogo naznacheniya : dis. ... d-ra texn. nauk. Chelyabinsk, 1999.
7. Grebenshchikova O. A. Uluchshenie uslovij i ohrany truda operatorov mobil'nykh kolesnykh mashin v usloviyakh sel'skogo khozyajstva : dis. ... kand. texn. nauk. Chelyabinsk, 2011.
8. Zhulev V. I. Voditel' i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya. M. : DOSAAF, 1984. 247 s.
9. Ilarionov V. A., Morin M. M., Shejnin A. M. Teoriya avtomobilya. M. : Avtotransizdat, 1960. 192 s.
10. Iofinov S. A., Cyrin A. A. Ekspluatsiya traktorov i avtomobilej na transportnykh rabotakh v sel'skom khozyajstve. L. : Kolos, 1975. 288 s.
11. Klinkovshcheyn G. I., Afanas'ev M. B. Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya : ucheb. dlya vuzov. M. : Transport, 2001. 247 s.
12. Kollinz D., Morris D. Analiz dorozhno-transportnykh proisshestvij. M. : Transport, 1971. 128 s.
13. Majboroda O. V. Osnovy upravleniya avtomobilem i bezopasnost' dvizheniya : uchebnik voditelya avtotrans. sredstv kategorij «S», «D», «E». M. : Akademiya, 2004. 256 s.
14. Obshhaya teoriya statistiki / pod red. O. E. Bashinoy, A. A. Spirina. M. : Finansy i statistika, 2000. 440 s.
15. Roik V. D. Social'naya zashhita rabotnikov ot professional'nykh riskov. Chernogolovka : Mintrud Rossii, 1994. 282 s.
16. Smirnov N. V., Dunin-Barkovskij I. V. Kurs teorii veroyatnostej i matematicheskoy statistiki dlya texnicheskix prilozhenij. M. : Nauka, 1965. 78 s.
17. Xenli E., Kumamoto X. Nadezhnost' texnicheskix sistem i ocenka riska / per. s angl. M. : Mashinostroenie, 1984. 528 s.

Grebenshchikova Olga Aleksandrovna, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Military Educational-Scientific Center of Air Forces "Air Force Academy", Chelyabinsk.

E-mail: olgai3@mail.ru.

Popova Anna Georgyevna, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Military Educational-Scientific Center of Air Forces "Air Force Academy", Chelyabinsk.

E-mail: krasata79@mail.ru.

Simulation model of electric vehicle chassis in Matlab/Simulink environment

G. V. Dasko, M. V. Smirnov, T. V. Tinkina, A. S. Martyanov

Recently, there has been an active growth in interest concerning the development and use of road transport based on the use of electric energy. Active research and subsequent introduction of electric vehicles into everyday life is underway. A large amount of research is aimed at improving the already existing

designs of units, assemblies, mechanisms of the car. In the proposed article, a simulation model for moving an electric vehicle on a road with a variable profile is considered, the example of an electric vehicle chassis equipped with an electric motor and an energy storage unit being used, taking into account the change in energy spent on moving along the road with its ups and downs as well as the influence of the speed limit under given conditions. Air resistance, frictional forces acting on vehicle units while driving are also taken into account. The model is implemented in the MATLAB/Simulink software environment and can be useful in determining the parameters of the electric drive of an electric vehicle, analyzing the electrical system and studying the efficiency of vehicle operation.

Keywords: simulation model, mathematical model, chassis, MATLAB/Simulink, electric vehicle.

References

1. Shen Y., Viehmann A., Rinderknecht S. Investigation of the power losses of the hybrid transmission DE-REX based on modeling and measurement // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. 2019. T. 233. № 14. 1. C. 3646–3657.
2. Lv L. Detection of transmission system of construction machinery based on virtual technology // International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics. 2019. T. 2. № 6. C. 39–45.
3. Study on Design of New Kind of Absorber for Under-chassis-equipment of Rail Vehicles / Y. Sun [et al.] // Tiedao Xuebao/Journal of the China Railway Society. 2019. T. 41. № 4. C. 73–79.
4. Design and analysis of capacity models for Lithium-ion battery / A. Garg [et al.] // Measurement: Journal of the International Measurement Confederation. 2018. T. 120. C. 114–120.
5. Koopman P., Wagner M. Autonomous Vehicle Safety: An Interdisciplinary Challenge // IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine. 2017. T. 9. № 1. C. 90–96.
6. Kaushik S. Modeling and simulation of electric vehicle to optimize its cost and range // International Journal of Engineering and Advanced Technology. T. 8. № 6. C. 415–419.
7. Simulation of rear surface contamination for a simple bluff body / A. P. Gaylard [et al.] // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 2017. T. 165. C. 13–22.
8. Starikov Yu. N., Kovrizhnyx E. N. Osnovy aerodinamiki letatel'nogo apparata : ucheb. posobie. Ul'yanovsk : UVAU GA, 2004. 151 s.

Dasko Georgy Vasilyevich, 1st year graduate student, South Ural State University (NRU).

E-mail: zdasko@mail.ru.

Smirnov Maksim Viktorovich, 1st year graduate student, South Ural State University (NRU).

E-mail: smirnovmaxim97@gmail.ru.

Tinkina Tatyana Vladimirovna, 1st year graduate student, South Ural State University (NRU).

E-mail: Tinkina_Tanya.97@mail.ru.

Martyanov Andrey Sergeevich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department "Automobile Transport", South Ural State University (NRU).

E-mail: martyanov_andrey@mail.ru.

Using rapeseed oil as biodiesel

M. V. Zapevalov, N. S. Sergeev, V. S. Zybalov, M. A. Rusanov

All over the world including Russia, researches to replace mineral fuel with another, environmentally friendly one is underway. Biodiesel fuel based on vegetable oils can already become one of these types. Any oil can be used for this purpose but the most rational is the one based on rapeseed oil. It was used in ancient times in lanterns for lighting, lubrication of metal parts contacting with water and



steam in order to prevent corrosion. It is currently used in the hydraulic systems of tractors and agricultural machinery. The aim of the study is to determine the comparative performance indicators of a diesel engine when operating due to diesel fuel and the one based on rapeseed oil. Rapeseed oil differs significantly from diesel fuel in viscosity and flash point, the viscosity of diesel fuel and rapeseed oil being 4.3 mm²/s and 75.1 mm²/s, respectively. The viscosity of the mixture of 75% rapeseed oil and 25% diesel fuel is 36.0 mm²/s, and its density and lower calorific value being close to that of diesel fuel. In the South Ural State Agrarian University, the studies were carried out on preparing a mixture of rapeseed oil with diesel fuel. As a result a technological line for preparing a fuel mixture was developed and comparative tests of the D-240 engine were carried out when it operated due to diesel mineral fuel and the mixture of 75% rapeseed oil and 25% diesel. It was found that at a nominal engine speed of 2170 rpm, the effective power of the engine running both due to diesel fuel and on the mixture of rapeseed oil with diesel fuel is 53.3 kW. At the same torque of 235 N/m, the effective consumption of the fuel mixture is 17 g/kWh more giving the reasons for using this mixture as a fuel for a diesel engine in terms of energy performance.

Keywords: oilseeds, rapeseed oil, biodiesel, properties, technological line, efficiency, experiment, comparative indicators.

References

1. Zybalov V. S. Yarovoj raps-kul'tura bol'shix vozmozhnostej na Yuzhnom Urale // APK Rossii. 2019. T. 26. № 5. S. 755–762.
2. Zybalov V. S., Kozhamkulova YA. S. Analiz ximicheskogo sostava i fizicheskix svojstv podsolnechnogo i rapsovogogo masla. Chelyabinsk : CHGAA, 2013. S. 33–38.
3. Zybalov V. S., Sergeev N. S., Zapevalov M. V. Racional'noe ispol'zovanie rapsa v sel'skoxozyajstvennom proizvodstve // APK Rossii. 2019. T. 26. № 2.
4. Raps ozimyj i yarovoj (prakticheskoe rukovodstvo). M. : Gosagrokmitet, 1988. 44 s.
5. Rapsovoe maslo kak al'ternativnoe toplivo dlya dizelya / V. A. Markov, A. I. Gajvoronskij, S. N. Devyanin, E. G. Ponomarev // Avtomobil'naya promyshlennost'. 2006. № 2.
6. Zhosan A. A., Ryzhov Yu. N., Kurochkin A. A. Sravnitel'nye fiziko-ximicheskie svojstva dizel'nogo topliva iz rapsovogogo masla // Inzhenernotexnicheskoe obespechenie razvitiya v APK. Vestnik OrelGAU. Ch. 11.
7. Pat. na izobr. № 2342985, RF. Ustrojstvo dlya smeshivaniya zhidkostej raznoj vyazkosti / M. V. Zapevalov, N. S. Sergeev, S. P. Marinin ; opubl. 10.01.2009, Byul. № 1.

Zapevalov Mikhail Veniaminovich, D. Sc. (Engineering), Associate Professor, Professor of the Department "Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock", South Ural State Agrarian University.

E-mail: mv.zapevalov@mail.ru.

Sergeev Nikolay Stepanovich, D. Sc. (Engineering), Professor, Professor of the Department "Operation of Machine and Tractor Fleet, Technology and Mechanization of Livestock", South Ural State Agrarian University.

E-mail: s.n.st@mail.ru.

Zybalov Vladimir Stepanovich, D. Sc. (Agriculture), Associate Professor, Professor of the Department "Tractors, Agricultural Machinery and Agriculture", South Ural State Agrarian University.

E-mail: Zybalov74@mail.ru.

Rusanov Mikhail Alekseyevich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department "Tractors, Agricultural Machinery and Agriculture", South Ural State Agrarian University.

E-mail: nich_csaa@mail.ru.

An approach for determining the dimensions of an active arc spot

N. Mashrabov, E. V. Shamanova, E. A. Osennikh, A. S. Menshenin

A method for determining the length and width of an active arc spot depending on the frequency of rotation of the element is developed. On its basis the correlation dependences are identified for subsequent calculations with the program "Teplo-6".

Keywords: source of heat, speed of movement, active arc spot, surface, element, electrode, technique.

References

1. Reznikov A. N. *Teplofizika rezaniya*. M. : Mashinostroenie, 1969. 288 s.
2. Reznikov A. N. *Teplovye processy v tekhnologicheskix sistemax*. M. : Mashinostroenie, 1990. 288 s.
3. Petrov G. L., Tumarev A. S. *Teoriya svarochnyx processov*. M. : Vyssh. shk., 1977. 392 s.
4. Maxnenko V. I., Kravcov T. G. *Teplovye processy pri mexanizirovannoj naplavke detalej tipa krugovyx cilindrov*. Kiev : Naukova Dumka, 1976.
5. *Teoriya svarochnyx processov / pod red. V. V. Frolova*. M. : Vyssh. shk., 1988. 559 s.
6. Rykalin N. N. *Raschety teplovyx processov pri svarke*. M. : Mashgiz, 1951.
7. *Vliyanie geometrii vol'framovogo katoda na nekotorye xarakteristiki svarochnoj dugi i proplavlenie metalla / A. A. Eroxin [i dr.] // Svarochnoe proizvodstvo*. 1971. № 12. S. 17–19.
8. *Vliyanie teplovogo potoka i davleniya dugi na predel'nuyu skorost' svarki / G. G. Chernyshev, V. L. Kovtun // Svarochnoe proizvodstvo*. 1985. № 2. S. 14–15.
9. Leskov G. I. *Elektricheskaya svarochnaya duga*. M. : Mashinostroenie, 1970. 335 s.
10. Mashrabov N., Ignat'ev G. S. *Metodika opredeleniya geometricheskix razmerov aktivnogo pyatna dugi pri vysokoskorostnoj argono-dugovoj naplavke // Tr. GOSNITI*. 2011. T. 107. Ch. 2. S. 102–104.

Mashrabov Nematulla, D. Sc. (Engineering), Professor, South Ural State Agrarian University.
E-mail: nmashrabov@yandex.ru.

Shamanova Elena Vladimirovna, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, South Ural State Agrarian University.
E-mail: elena-shamanova@mail.ru.

Osennikh Evgeny Aleksandrovich, postgraduate student, South Ural State Agrarian University.
E-mail: Osen_74tehn.ru@mail.ru.

Menshenin Alexandr Sergeevich, graduate student, South Ural State Agrarian University.
E-mail: jibrilfl@gmail.com.

Analyzing the methods for controlling the temperature of chamber resistance furnaces

V. M. Sandalov, S. A. Panishev

As part of electrical equipment modernizing a continuous system for controlling the temperature of the chamber furnace is proposed. A furnace model being developed in the VisSim software package, the temperature stabilization is calculated for relay and digital controllers. The implementation of the PID-controller based on the TRM-101 thermostat is proved to increase the accuracy of controlling the temperature in all modes to the level of ± 0.2 °C.

Keywords: chamber furnace, heat treatment, relay control, pulse control.



References

1. Kruchinin V. A., Maxmudov K. M., Mironov Yu. M. Avtomaticheskoe upravlenie elektrotermicheskimi ustanovkami : uchebnik dlya vuzov. M. : Energoatomizdat, 1990. 416 s.
2. Goryachix E. V., Shherbakov A. V. Razrabotka sposobov i algoritmov upravleniya elektricheskimi pechami soprotivleniya. M. : MEI, 2016. 125 s.
3. Besekerskiy V. A., Popov E. P. Teoriya sistem avtomaticheskogo regulirovaniya. M. : Nauka, 2004. 325 s.
4. Malafeev S. I., Malafeeva A. A. Sistemy avtomaticheskogo upravleniya. Vladimir : VIGU, 1998. 218 s.
5. Malafeev S. I., Malafeeva A. A. Modelirovanie i raschet avtomaticheskix sistem upravleniya : ucheb. posobie. Vladimir : VIGU, 2003. 56 s.

Sandalov Viktor Mikhailovich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, South Ural State University, SUSU Branch, Zlatoust.
E-mail: sandalovvm@susu.ru.

Panishiev Sergey Alekseyevich, 1st year graduate student, Faculty of Automotive Engineering, South Ural State University (NRU).
E-mail: panishef.serega@mail.ru.

A simulation model for an electric energy storage unit

T. V. Tinkina, G. V. Dasko, A. S. Martyanov, M. V. Smirnov

The article deals with a simulation model for an electrochemical storage unit of electrical energy based on known electrical characteristics, the use of parametric dependencies obtained using regression analysis from available experimental data being the peculiarity of the model. The model is based on changes in voltage and internal resistance depending on the charge depth as well as changes in the capacity of a storage battery depending on the ambient temperature. The implementation of the mathematical model in the MATLAB/Simulink environment is shown, the results of checking the adequacy of the proposed model under various external influences are presented. The results of model experiments to determine the change in the degree of charge, voltage and the amount of stored energy over time at given values of the charging current are presented. The model can be useful when simulating electric power systems with an energy storage to simulate changes in the parameters of electrical circuits due to the charging/discharging process of the storage battery as well as under the influence of the ambient temperature.

Keywords: energy storage, simulation, mathematical model, simulation model, charge depth.

References

1. Mart'yanov A. S., Solomin E. V. Modelirovanie energeticheskoy ustanovki s nakopitelem energii // Nauka YUUrGU : mater. 70-j nauchnoj konferencii / Yuzhno-Ural'skiy gosudarstvennyy universitet. 2018. S. 460–467.
2. Imitacionnaya model' sistemy osveshheniya na osnove fotoelektricheskogo preobrazovatelya i akkumulyatornoj batarei / A. S. Mart'yanov, E. S. Bodrova, A. Yu. Dyuryagin, D. V. Korobotov // Al'ternativnaya energetika i ekologiya. 2016. № 23–24. S. 21–33.
3. Anikin A. S., Mart'yanov A. S. Matematicheskaya model' litij-zhelezo-fosfatnoj akkumulyatornoj yachejki i batarei na ee osnove // Nauka YUUrGU : mater. 67-j nauch. konferencii / Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii ; Yuzhno-Ural'skiy gosudarstvennyy universitet. 2015. S. 1152–1157.
4. Ispol'zovanie vetro-vodorodnogo kompleksa besperebojnogo energosnabzheniya v razlichnyx klimaticheskix usloviyax / E. V. Solomin [i dr.] // Al'ternativnaya energetika i ekologiya. 2018. № 13–15 (261–263). S. 30–54.

5. Mart'yanov A. S. Modelirovanie algoritmov zaryada akkumulyatornoj batarei // Nauka YUUrGU : mater. 67-j nauch. konf. / Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii ; Yuzhno-Ural'skij gosudarstvennyj universitet. 2015. S. 1165–1172.

6. Challenges in the development of advanced Li-ion batteries / V. Etacheri [et al.] // A review : International Journal Energy and Environmental Science. 2011. № 4 (9). P. 3243–3262. Doi:10.1039/2fc1ee01598b.

7. Electrode materials for rechargeable sodium-ion batteries // Potential alternatives to current lithium-ion batteries : Advanced Energy Materials Journal. 2012. № 2 (7). P. 710–721. Doi:10.1002/2faenm.201200026.

8. Estimation of state of charge for lithium-ion battery based on finite difference extended Kalman filter / Z. Cheng, J. Lv, Y. Liu, Z. Yan // Journal of Applied Mathematics. 2014. St. № 348537. Doi:10.1155/2f20142f348537.

9. Multi-timescale parametric electrical battery model for use in dynamic electric vehicle simulations // IEEE Transactions on Transportation Electrification. 2016. № 2 (4). St. № 7469782. P. 432–442. Doi:10.1109/2fTTE.2016.2569069.

10. Hybrid electric vehicle modeling accuracy verification and global optimal control algorithm research / J. Wang [et al.] // International Journal of Automotive Technology. 2015. № 16 (3). P. 513–524. Doi:10.1007/2fs122390150053y.

Tinkina Tatyana Vladimirovna, 1st year graduate student, South Ural State University (NRU).
E-mail: Tinkina_Tanya.97@mail.ru.

Dasko Georgy Vasilyevich, 1st year graduate student, South Ural State University (NRU).
E-mail: zdasko@mail.ru.

Martyanov Andrey Sergeyeovich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor of the Department "Automobile Transport", South Ural State University (NRU).
E-mail: martyanov_andrey@mail.ru.

Smirnov Maksim Viktorovich, 1st year graduate student, South Ural State University (NRU).
E-mail: smirnovmaxim97@gmail.ru.

Developing a mathematical model for the joint operation of a heat pump and a co-generation unit

G. M. Tseizer, O. S. Ptashkina-Girina, O. A. Guseva

A mathematical model is developed to simulate the utilization of waste low-grade heat at co-generation units with heat pumps, the example of applying the developed model by theoretical assessment of the efficiency of using heat pumps at the existing co-generation units in Chelyabinsk being described.

Keywords: alternative energy, heat pumps, co-generation unit, energy saving, waste heat, secondary energy resources, heat pump.

References

1. Naumov A. L. Tendencii razvitiya teplosnabzheniya v Rossii // AVOK. 2001. № 6. Rezhim dostupa : http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=446.

2. Analiz izmenchivosti klimata na territorii Rossii v poslednie desyatiletiya / O. N. Bulygina, N. N. Korshunova, V. N. Kuznecova, V. N. Razuvaev // Trudy VNIIGMI-MCD. 2000. Vyp. 167. C. 315.

3. Sheryazov S. K., Ptashkina-Girina O. S., Guseva O. A. Renewable low-potential thermal energy investigation of water bodies // 2019 international multi-conference on industrial engineering and modern technologies (fareastcon-2019). 2019. C. 8934199.



4. Bajtinger N. M., Burcev V. V. Sovremennyy vzglyad na nekotorye problemy centralizovannogo teplosnabzheniya // SOK. 2005. № 10. Rezhim dostupa : <http://www.c-o-k.ru/articles/sovremennyy-vzglyad-na-nekotorye-problemy-centralizovannogo-teplosnabzheniy>. (Data obrashheniya: 07.05.2016).
5. Ptashkina-Girina O. S., Guseva O. A., Volkova O. S. Opyt vnedreniya teplonasosnyx ustanovok v sistemy otopeniya zdaniy v Chelyabinskoj oblasti // Prioritetnye napravleniya razvitiya energetiki v APK : sb. st. po mater. II Vseros. (nacional'noj) nauch.-prakt. konferencii. 2018. S. 132–137.
6. Ptashkina-Girina O. S., Guseva O. A., Zharkov E. V. Vozmozhnost' primeneniya teplonasosnyx ustanovok dlya energoobespecheniya avtonomnyx potrebitelej Chelyabinskoj oblasti // Energetika i energosberezenie: teoriya i praktika : sb. mater. IV Vseros. nauch.-prakt. konf. : elektronnyj sbornik. 2018. S. 161.1–161.4.
7. Effektivnost' ispol'zovaniya teplovyx nasosov v centralizovannyx sistemax teplosnabzheniya / V. P. Frolov, S. N. Shherbakov, M. V. Frolov, A. Ya. Shelginskij. // Novosti teplosnabzheniya. 2004. № 7. S. 50–55.
8. Sher'yazov S. K., Ptashkina-Girina O. S., Guseva O. A. Ispol'zovanie teplovoj energii vodoemov v usloviyax Yuzhnogo Urala // APK Rossii. 2019. T. 26. № 5. S. 833–842.
9. Slesarenko V. V., Knyazev V. V., Vagner V. V. Perspektivy primeneniya teplovyx nasosov pri utilizacii teploty gorodskix stokov // Energosberezenie i vodopodgotovka. 2012. № 3 (77). S. 28–34.
10. Ptashkina-Girina O. S., Guseva O. A., Kozyreva K. N. Energosberegayushhie texnologii primeneniya teplovogo nasosa v sisteme ventiljacii zhivotnovodcheskix pomeshhenij // Energetika i energosberezenie: teoriya i praktika : sb. mater. IV Vseros. nauch.-prakt. konf. : elektronnyj sbornik. 2018. S. 162.1–162.4.
11. Shilkin N. V. Utilizaciya tepla kanalizacionnyx stokov // Energosberezenie v sistemax promyshlennogo energosnabzheniya. Vyp. 2 : Opyt proektov utilizacii sbrosnogo tepla v promyshlennosti. S. 9–14.
12. Ptashkina-Girina O. S., Guseva O. A. Opredelenie energeticheskoj moshhnosti stvora gidrouzla kompleksnogo naznacheniya s pomoshh'yu imitacionnogo modelirovaniya paketa Matlab Simulink // Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu : LII Mezhdunar. nauch.-texn. konferenciya. 2013. S. 234–239.
13. Ptashkina-Girina O. S., Guseva O. A. Modelirovanie gidrologicheskix xarakteristik dlya opredeleniya energetiki napornogo gidrostvora // Nauka YUUrGU : mater. 68-j nauch. konf. / Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii ; Yuzhno-Ural'skij gosudarstvennyj universitet. 2016. S. 822–826.
14. Sistema teplosnabzheniya: obshhie svedeniya. Rezhim do sutupa : <https://www.rosteplo.ru/w/Chelyabinsk>.
15. Tseyzer G. M. Primenenie teplovyx nasosov v gorodskoj srede // Effektivnaya energetika-2015 : mater. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem (21–22 maya 2015 goda). SPb. : Izd-vo Politexn. un-ta, 2015. 359 s.
16. Tseyzer G. M., Ptashkina-Girina O. S., Kirpichnikova I. M. Povyshenie effektivnosti sistemy teplosnabzheniya g. Chelyabinska putem utilizacii sbrosnogo nizkopotencial'nogo tepla // Al'ternativnaya energetika i ekologiya. 2018. № 1–3 (249–251). S. 26–36.
17. Tseyzer G. M. Ocenka effektivnosti primeneniya teplonasosnyx ustanovok v celyax utilizacii sbrosnogo tepla v usloviyax g. Chelyabinska // Sbornik mater. II Vseros. (s mezhdunarodnym uchastiem) molodezhnoj nauch.-prakt. konf. «Vvedenie v energetiku». Kemerovo, 2016.
18. Tseyzer G. M. Ispol'zovanie nizkopotencial'noj sbrosnoj energii dlya celej teplosnabzheniya v usloviyax g. Chelyabinska // Nauchnyj poisk : mater. devyatoj nauch. konf. aspirantov i doktorantov / Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii ; YUzhno-Ural'skij gosudarstvennyj universitet. 2017. S. 111–114.
19. Tseyzer G. M. Razrabotka matematicheskoj modeli obratnogo Cikla karno // Ergo- i resur-sosberezenie. Ergoobespechenie. Netradicionnye i vobnovlyaemye istochniki energii. Atomnaya energetika : mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov i molodyx uchenyx, posvyashh. pamyati prof. Danilova N. I. (1945–2015) «Danilovskie chteniya» (Ekaterinburg, 10–14 dekabrya 2018 g.). Ekaterinburg : UrFU, 2018. S. 319–321.

20. Tseyzer G., Ptashkina-Girina O., Guseva O. Efficiency of use of waste heat energy on the example of Chelyabinsk // E3S Web Conf. International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering (EECE-2019). 2019. Vol. 140. Access mode : <https://doi.org/10.1051/e3s-conf/201914011003>.

Tseyzer Grigory Mikhailovich, postgraduate student, Department of Electric Power Generation Stations, Networks and Supply Systems, South Ural State University (NRU).
E-mail: tseyzer93@mail.ru.

Ptashkina-Girina Olga Stepanovna, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, the Department of Energy Supply and Automation of Technological Processes, South Ural State Agrarian University.
E-mail: girina2002@mail.ru.

Guseva Olga Anatolyevna, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, the Department of Energy Supply and Automation of Technological Processes, South Ural State Agrarian University.
E-mail: gusevaoa2010@mail.ru.

VETERINARY SCIENCES

Method for correcting the immune status in calves when adopting to prolonged hypodynamia

F. G. Gizatullina, A. N. Bezin, E. I. Shigabutdinova

Long-term action of hypodynamia and hypokinesia leads to decreasing resistance of the animal organism, disruption of metabolic processes and shifts in the immune system. Under the experimental conditions, the effectiveness of pharmacological correction of the immune status of calves during adaptation to prolonged physical inactivity and hypokinesia was studied, with mixoferon, ascorbic acid and some antihistamine being used. The correction with drugs is found to provide a higher level of cellular and humoral immunity factors. The use of pharmacological agents reduces the negative effect of hypodynamia and hypokinesia on the animal organism. The results of the study can be recommended for the prevention of negative changes in the animal body and the correction of the immune status in conditions of adaptation to physical inactivity and hypokinesia.

Keywords: immune status, calves, adaptation, physical inactivity, pharmacological correction, factors of cellular immunity, factors of humoral immunity, mixferon, ascorbic acid, antihistamine.

References

1. Beloborodenko A. M., Beloborodenko T. A., Beloborodenko M. A. Zaderzhanie posleda u korov razlichnyx tipov VND v usloviyax gipodinamii i profilaktika // Fundamental'nye issledovaniya. 2003. № 3. S. 19–21.
2. Beloborodenko M. A. Korrekciya funkcii organov reprodukcii u korov, naxodyashhixsya v usloviyax gipodinamii // Veterinarnaya patologiya. 2009. № 2 (29). S. 53–55.
3. Beloborodenko A. M. Morfofunkcional'noe sostoyanie yaichnikov u korov, naxodyashhixsya v usloviyax gipodinamii, i korrekciya // Fundamental'nye issledovaniya. 2011. № 10. S. 30–34.
4. Beloborodenko A. M. Morfofunkcional'noe sostoyanie organizma i polovyx organov telok, vyrashhivaemyx v ekstremal'nyx usloviyax gipodinamii : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Novosibirsk, 2003. 24 s.
5. Vozrastnaya dinamika formirovaniya pishhevogo povedeniya u telyat pri svobodnom dvizhenii i gipodinamii / T. F. Vasilenko [i dr.] // Sel'skoxozyajstvennaya biologiya. 2010. № 2. S. 95–99.
6. Gizatullin A. N., Molokanov V. A. Immunobioximicheskij status u zhivotnyx pri dlitel'noj adaptacii k gipokinezii // Agrarnyj vestnik Urala. 2008. № 7 (49). S. 55–56.



7. Gizatullin A. N. Sravnitel'naya xarakteristika obmena belkov i aktivnosti fermentov u zhivotnyx pri raznom ob"eme myshechnoj deyatel'nosti // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj veterinarnoj akademii im. N. E. Baumana. 2011. T. 207. S. 132–137.
8. Gizatullin A. N. Xarakteristika bioximicheskix pokazatelej krovi bychkov pri adaptacii k gipokinezii // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj veterinarnoj akademii im. N. E. Baumana. 2014. T. 219. S. 113–117.
9. Gizatullin A. N. Vliyanie gipokinezii i gipodinamii na sostoyanie antioksidantnoj sistemy organizma zhivotnyx // Nauka. 2014. № 4–1. S. 83–86.
10. Gizatullina F. G., Gizatullin A. N. Osnovnye principy provedeniya farmakologicheskoy immunokorrekcii // Aktual'nye problemy biologii i veterinarnoj mediciny melkix domashnix zhivotnyx : mater. IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii. Troick : UGAVM, 2001. S. 95–97.
11. Gizatullina F. G., Gizatullin A. N., Molokanov V. A. Osnovy klinicheskoy immunologii / pod red. F. G. Gizatullinoj. Troick : UGAVM, 2009. 200 s.
12. Gizatullina F. G., Shigabutdinova E. I. Vliyanie gipodinamii na immunnyj status organizma telyat // APK Rossii. 2019. T. 26. № 5. S. 851–856.
13. Golikov A. N. Adaptaciya sel'skoxozyajstvennyx zhivotnyx. M. : Agropromizdat, 1985. 216 s.
14. Kovalenko E. A., Gurovskij N. N. Gipokineziya. M. : Medicina, 1980. 319 s.
15. Lomtadidze A. I., Shurmanova E. I. Prichiny vynuzhdennoj gipodinamii u krupnogo rogatogo skota i ee vliyanie na vosproizvoditel'nye osobennosti // Molodezh' i nauka. 2016. № 12. S. 23–27.
16. Molokanov V. A., Shigabutdinova E. I., Makarova L. I. Korrekciya immunobioximicheskogo statusa u zhivotnyx pri dlitel'noj adaptacii k gipokinezii // Sovremennye naukoemkie texnologii. 2004. № 4. S. 13–16.
17. Rol' gistamina v organizme zhivotnyx / V. A. Molokanov, E. N. Korobejnikova, K. M. Kamsaev, E. I. Shigabutdinova. Chelyabinsk, 2006. 208 s.
18. Pat. RF № 2253476. Sposob korrekcii immunobioximicheskogo statusa u zhivotnyx pri dlitel'noj adaptacii k gipokinezii / V. A. Molokanov [i dr.] ; opubl. 10.06.2005. Byul. № 16.
19. Topuriya L. Yu., Topuriya G. M. Immunologicheskie metody issledovanij v veterinarnoj medicine. Orenburg : Izd. centr OGAU, 2006. 42 s.

Gizatullina Firdaus Gabdrakhmanovna, D. Sc. (Biology), Professor of the Department of Infectious Diseases, South Ural State Agrarian University.

E-mail: gizatullina-f@mail.ru.

Bezin Alexandr Nikolayevich, D. Sc. (Veterinary), Professor of the Department of Infectious Diseases, South Ural State Agrarian University.

E-mail: bezin74@mail.ru.

Shigabutdinova Elvira Ildusovna, Cand. Sc. (Veterinary), Associate Professor of the Department of Biology, Ecology, Genetics and Animal Breeding, South Ural State Agrarian University.

E-mail: Troick78@mail.ru.

Assessing the effectiveness of treating otodectosis in cats with different drugs

F. G. Gizatullina, M. A. Derkho, Zh. S. Rybyanova, A. Yu. Vyagi

The data on the effectiveness of the drugs "Stronghold", "Bars", "Ivermek" for treating otodectosis in cats are presented. In the conditions of a veterinary clinic in a metropolis, the effectiveness of treating otodectosis in cats with various acaricidal preparations was studied in the comparative aspect. The treatment with "Stronghold" is found to provide a higher therapeutic effect. The treatment with "Bars" drops has good therapeutic efficacy and is more cost effective. The results of the study can be recommended when optimizing treatment regimens for otodectosis in cats in veterinary clinics in large cities.

Keywords: cats, *O. cynotis* ticks, otodectosis, treatment, acaricidal preparations, "Stronghold", "Bars", "Ivermek", drops on shoulders, ear drops, injection solution.

References

1. Aleksandrova Ya. R., Deryugina N. A., Gizatullina F. G. Sravnitel'naya ocenka metodov lecheniya otodektoza koshek v usloviyax klinik g. Chelyabinska i g. Moskvy // *Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. studenich. konf. «Aktual'nye voprosy nauki, tekhnologii i proizvodstva»* (20, 27 aprelya 2016 g.). Troick : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2016. S. 162–166.
2. Balandina V. N., Kryuchkova E. N., Arisov M. V. Effektivnost' moksidektina pri otodektoze i notoedroze koshek // *Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami. M. : FNC-VNIIEV im. K. I. Skryabina i YA. R. Kovalenko, 2017. № 18. S. 47–49.*
3. Vasilevich F. I., Krinskaya T. B. Kak borot'sya s nakozhnymi parazitami koshek // *Veterinariya. 1989. № 9. S. 67–68.*
4. Gizatullina F. G., Gizatullin A. N., Grishhenko T. V. Vliyanie erakonda na effektivnost' lecheniya sobak, bol'nyx otodektozom // *Aktual'nye problemy biologii, veterinarnoj mediciny melkix domashnix i dekorativnyx zhivotnyx : mater. nauch.-prakt. konf. UGIVM. Troick : UGIVM, 1997. S. 51–52.*
4. Diagnostika, lechenie i profilaktika araxnoentomozov i dermatomikozov sobak / F. G. Gizatullina [i dr.]. Chelyabinsk, 1998. 92 s.
5. Domackij V. N. Sredstva terapii i profilaktiki parazitov sobak i koshek // *Uspexi sovremennoj nauki. 2016. № 11. T. 9. S. 93–96.*
6. Metodologiya opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti veterinarnyx meropriyatij pri boleznyax melkix neproduktivnyx zhivotnyx / N. A. Zhuravel', N. M. Kolobkova, P. N. Shherbakov, V. V. Zhuravel' // *Veterinarnyj vrach. 2018. № 5. S. 26–31.*
7. Elfacheva YU. D. Etiopatogeneticheskie aspekty otitov plotoyadnyx // *Materialy 1-j Mezhdunar. mezhvuzov. nauch.-prakt. konf. «Predposylki i eksperiment v nauke».* SPb., 2003. S. 56–57.
8. Kamyshnikov V. S. O chem govoryat medicinskie analizy : sprav. posobie. Minsk : Belaruskaya navuka, 1997. 189 s.
9. Latkina E. I. Rasprostranenie otodektoza sobak i koshek v Surgut'skom rajone Xanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga i izuchenie effektivnost' novyx preparatov pri etoj invazii : avtoref. dis ... kand. vet. nauk. Tyumen', 2007. S. 9–11.
10. Leont'ev V. V. Dinamika chislennosti i fazy razvitiya ushnogo kleshha *Otodectes Cynotis* (Hering, 1938) (Psoroptidae) koshki domashnej pri lechenii ushnymi kaplyami «Bars» // *Sbornik nauchnyx trudov SWorld. 2012. T.45. № 4. S. 29–43.*
11. Managarov D. P. Atipichnaya forma ushnoj chesotki // *Krolikovodstvo i zverovodstvo. 1962. № 1. S. 24–25.*
12. Maslova E. N. Klinicheskaya kartina otodektoza sobak i koshek // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. № 2. Ch. 1. S. 779.*
13. *Metody veterinarnoj klinicheskoy laboratornoj diagnostiki: spravochnik / I. P. Kondrakin [i dr.]. M. : Kolos, 2004. 520 s.*
14. Musatov M. A. Effektivnost' preparatov pri otodektoze pushnyx zverej // *Veterinarnyj vrach. 2004. № 3–4 (19–20). S. 27–29.*
15. Myuller Ral'f S. Sarkoptoz, demodekoz i otodektoz u sobak: sposoby lecheniya // *Journal of Small Animal Practice (Rossijskoe izdanie). Yanvar' 2012. T. 3. № 1. S. 50–52.*
16. Novikov D. D. Farmako-toksikologicheskie svoystva i terapevticheskaya effektivnost' amita forte pri sarkoptoidozax sobak : avtoref. dis. ... kand. veterinar. nauk. M., 2012. 24 s.
17. Paraeva O. M. Epizootologicheskij nadzor pri mono- i mikstinfekcijax domashnix plotoyadnyx v usloviyax g. Sankt-Peterburga : dis. ... kand. veterinar. nauk. Nizhnij Novgorod, 2007. 141 s.
18. Sapozhnikova T. Yu. Sravnitel'naya ocenka sposobov lecheniya otodektoza koshek v usloviyax veterinarnoj kliniki «Ajbolit» goroda Xanty-Mansijska // *Aktual'nye voprosy veterinarii i biotekhnologii: idei molodyx issledovatelej : mater. stud. nauch. konferencii. Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2018. S. 219–223.*



19. Sokolovskaya V. S., Zhuravel' N. A., Kolobkova N. M. Ocenka effektivnosti veterinarnyx mero-priyatij pri likvidacii otodektoza koshek // Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. stud. konf. «Aktual'nye voprosy nauki, texnologii i proizvodstva» (20, 27 aprelya 2016 g.). Troick : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2016. S. 254–256.

20. Cugak A. A. Opyt lecheniya otodektoza u koshek // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa : sb. st. po mater. XII Vseros. konf. molodyx uchenyx. / otv. za vyp. A. G. Koshhaev. Krasnodar : Izd-vo KubGAU im. I. T. Trubilina, 2019. S. 55–56.

21. Usmanskij M. A. Otodektoz domashnix plotoyadnyx zhivotnyx // Vertikal'. 2000. № 3–4. S. 42.

22. Shustova Yu. I. Bychkova L. V., Nechaeva O. N. Rasprostranenie akarozov u sobak v g. Volzhskij // Entomologicheskie i parazitologicheskie issledovaniya v Povolzh'e. 2003. № 2. S. 105–112.

23. Shustrova M. V. Biologicheskie obosnovaniya lecheniya otodektoza // Tezisy dokladov 1 Vsesoyuzn. konf. «Problemy patologii i ekologicheskoy vzaimosvyazi boleznij dikix teplokrovnyx i sel'skoxozyajstvennyx zhivotnyx». M., 1988. S. 27–128.

24. Yamov V. Z. Sredstva i metody zashhity plotoyadnyx zhivotnyx ot otodektoza // Agrarnyj Vestnik Urala. 2011. № 4. S. 30–31.

Gizatullina Firdaus Gabdrakhmanovna, D. Sc. (Biology), Professor of the Department of Infectious Diseases, South Ural State Agrarian University.

E-mail: gizatullina-f@mail.ru.

Derkho Marina Arkadyevna, D. Sc. (Biology), Professor, Head of the Department of Natural Sciences, South Ural State Agrarian University.

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

Rybyanova Zhanna Sergejevna, postgraduate student, the Department of Natural Sciences, South Ural State Agrarian University.

E-mail: khimeugavm@inbox.ru.

Vyagi Alena Yuryevna, 5th year student, Faculty of Veterinary Medicine, South Ural State Agrarian University.

E-mail: alena-kapustina@mail.ru.

Studying the allergenic properties of a complex antibacterial drug for the treatment of mastitis in lactating cows

A. A. Korchagina, G. A. Vostroilova, N. A. Khokhlova, Yu. A. Chaplygina

The article presents the results of preclinical tests to determine the allergenic properties of a complex antibacterial drug intended for the treatment of mastitis in cows during lactation. Four series of experiments were carried out, including the study of active cutaneous anaphylaxis, conjunctival test, evaluation of the delayed-type hypersensitivity reaction and changes in the number of eosinophils in the blood of sensitized animals. In experiments on laboratory animals, the studied drug was found not to have skin irritating and allergenic properties.

Keywords: allergenic properties, complex preparation, anaphylaxis, hypersensitivity, white rats, white mice.

References

1. Biryukova N. P., Rusakov S. V., Napalkova V. V. Obshhie principy oklinicheskoy ocenki bezopasnosti farmakologicheskix lekarstvennyx sredstv dlya veterinarnogo primeneniya // Veterinarnyj vrach. 2018. № 1. S. 3–9.

2. Parametry toksichnosti kompleksnogo preparata triolakt v ostrom opyte / G. A. Vostroilova [i dr.] // Veterinarnyj farmakologicheskij vestnik. 2018. № 2 (3). S. 25–29.
3. Eliseeva T. I., Balabolkin I. I. Allergicheskie reakcii na lekarstvennye sredstva: sovremennye predstavleniya (obzor) // Sovremennye tekhnologii v medicine. 2016. № 8 (1). S. 159–172. Doi : 10.17691/stm2016.8.1.22.
4. Regulyatornye i metodicheskie aspekty izucheniya allergiziruyushhix svoystv novyx lekarstvennyx sredstv na etape doklinicheskix issledovanij / K. L. Kryshen' [i dr.] // Vedomosti Nauchnogo centra ekspertizy sredstv medicinskogo primeneniya. 2018. № 8 (1). S. 44–55. Doi : 10.30895/1991-2919-2018-8-1-44-55.
5. Izuchenie allergiziruyushhego i mestno-razdrazhayushhego dejstviya preparata «Eferol, sprej» / M. A. Romanova [i dr.] // Immunopatologiya, allergologiya, infektologiya. 2016. № 2. S. 61–66. Doi : 10.14427/jipai.2016.2.61.
6. Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskix issledovanij lekarstvennyx sredstv / pod red. A. N. Mironova. M. : Grif i K, 2012. CH. 1. 944 s.
7. Rukovodstvo po eksperimental'nomu (doklinicheskomu) izucheniyu novyx farmakologicheskix veshhestv / pod red. R. U. Xabrieva. 2-e izd. M. : Medicina, 2005. 832 s.
8. Gad S. C. Animal Models in Toxicology // Taylor & Francis Group. Boca Raton. London-New York, 2007. P. 336–402.
9. Immunological Principles of Adverse Drug Reactions: the Initiation and Propagation of Immune Responses Elicited by Drug Treatment / D. J. Naisbitt, S. F. Gordon, M. Pirmohamed, B. K. Park // Drug Saf. 2000. № 23 (6). P. 483–507.
10. Rogge M. C., Taft D. R. Preclinical Drug Development // Taylor & Francis Group, LLC. 2005. P. 229–233.

Korchagina Anastasia Andreyevna, postgraduate student, All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh.
E-mail: a.a.korch@mail.ru.

Vostroilova Galina Anatolyevna, D. Sc. (Biology), chief researcher, All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh.
E-mail: gvostroilova@mail.ru.

Khokhlova Nina Alekseyevna, researcher, All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh.
E-mail: nina_xoxlova@mail.ru.

Chaplygina Yulia Alekseyevna, junior researcher, All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh.
E-mail: Kantorovich_yuliya@mail.ru.

Economic efficiency of measures for poultry vaccination against reovirus infection in addition to anti-stress therapy

A. V. Miftakhutdinov, N. A. Zhuravel, I. N. Dikhtyaruk, V. V. Ponomarenko

The article presents the results of studies to determine and comparatively evaluate the effectiveness of the feed additive SPAO-KD (stress protector antioxidant – feed additive) and the pharmacological composition SPAO-complex (stress protector antioxidant – a complex preparation for birds) to prevent the vaccine stress during immunization of poultry against reoviral tenosynovitis. The drugs were used for 5 days (3 days before vaccination, on the day of vaccination and one day after vaccination) at a dose of 185 mg/kg body weight: SPAO-KD with compound feed, SPAO-complex with water. Stress prevention in



hens of the parent flock provides a uniform and high level of protection from the field virus – the causative agent of reoviral tenosynovitis and shortens the formation of the protective level of antibodies by 7 days. The use of the SPAO-complex increased antibody titers by 2.6 times, decreased the value of the variation coefficient by the time of controlling the immunity tension by 25.7%. The use of SPAO-KD increases antibody titers by 1.6 times, but does not significantly affect the vaccination uniformity. The vaccination index showing high values with a successful vaccination in addition to the use of the SPAO-complex was 3.5 times higher than in the case of using the main diet with the SPAO-KD (1.6 times). The positive effect of anti-stress therapy is reflected in the safety of chickens which was 3.5% higher in the case of using the SPAO-complex, 0.79% higher in the case of using the SPAO-KD and higher in live weight of poultry and the yield of day-old chickens compared to the main diet by 6.44 and 0.88%, 4.22 and 0.55%, respectively. The economic efficiency of using the SPAO-KD and the SPAO-complex per one ruble of costs amounted to 180.09 rubles and 435.86 rubles, respectively.

Keywords: parental flock, chickens, poultry farming, vaccination, reovirus tenosynovitis, antibody titers, variation coefficient, vaccination index, economic efficiency, chick yield, chicken safety, live weight.

References

1. Dzhavadov E. D., Dmitrieva M. E. Effektivnaya vakcinoprofilaktika – zalog epizooticheskogo blagopoluchiya promyshlennogo pticevodcheskogo predpriyatiya // Sel'skoxozyajstvennyye zhivotnyye. 2012. № 3. S. 6–7.
2. Zhuravel' N. A., Anosov D. E., Miftaxutdinov A. V. Ekonomicheskaya effektivnost' farmakologicheskoy profilaktiki stressa pri vyrashhivanii plemennyx ptic i sodержanii roditel'skix kur myasnogo napravleniya produktivnosti // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017. T. 31. № 1. S. 44–48.
3. Zhuravel' N. A., Miftaxutdinov A. V. Osobennosti rascheta ekonomicheskoy effektivnosti profilaktiki stressa u roditel'skogo stada kur // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2015. № 29 (11). S. 25–27.
4. Zhuravel' N. A., Miftaxutdinov A. V. Ocenka effektivnosti veterinarno-sanitarnogo kontrolya pri proizvodstve produkcii pticevodstva // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2016. № 30 (5). S. 25–29.
5. Zhuravel' N. A., Miftaxutdinov A. V. Cifrovizaciya metodologii ekonomicheskoy ocenki vnedreniya innovacionnyx veterinarnyx metodov i sredstv v pticevodstvo // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. T. 33. № 11. S. 91–94.
6. Razrabotka (optimizaciya) sxemy immunizacii ptic roditel'skix stad protiv virusnyx zabolevanij / I. V. Kuklenkova [i dr.] // Voprosy pravovogo regulirovaniya v veterinarii. 2018. № 4. S. 51–55.
7. Lazovskaya N. O. Prudnikov V.S. Morfologiya kostnogo mozga cyplyat, vakcinirovannyx protiv reovirusnogo tenosinovita // Nauchnye zapiski uchebnogo zavedeniya «Vitebskij orden» Znak Pocheta «Gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny». 2015. № 51 (2). S. 52–54.
8. Miftaxutdinov A. V., Amineva E. M. Razrabotka i issledovanie antistressovyx farmakologicheskix sredstv dlya povysheniya immunologicheskoy effektivnosti vakcinacii kur // APK Rossii. 2019. № 26 (5). S. 857–863.
9. Ponomarenko V. V. Vliyanie litijsoderzhashhix farmakologicheskix sredstv na pokazateli serokonversii pri vakcinacii kur // Razvitie nauchnoj, tvorcheskoy i innovacionnoj aktivnosti molodezhi : mater. VII Vseros. nauch.-prakt. zaoch. konf. molodyx uchenyx. Kurgan, 2015. S. 185–187.
10. Immunogenost' zhivyx vakcin protiv reovirusnoj infekcii ptic, poluchennyx s ispol'zovaniem SPF-embriionov, fibroblastov kurinyx embriionov i kul'tury kletok Vero / I. S. Radyush, A. A. Gusev, A. A. Gulyako, I. V. Nasonov // Trudy federal'nogo centra ohrany zdorov'ya zhivotnyx. 2013. № 11 (1). S. 124–134.
11. Fisinin V. I., Zhuravel' N. A., Miftaxutdinov A. V. Metodologiya opredeleniya effektivnosti vnedreniya novyx veterinarnyx metodov i sredstv v pticevodstve // Veterinariya. 2018. № 6. S. 14–20.
12. Fisinin V. I., Kavtarashvili A. Sh. Teplovoj stress u pticy. Soobshhenie I. opasnost', fiziologicheskije izmeneniya v organizme, priznaki i proyavleniya // Sel'skoxozyajstvennaya biologiya. 2015. T. 50. № 2. S. 162–171.
13. Fisinin V. I., Kavtarashvili A. Sh. Teplovoj stress u pticy. Soobshhenie II. Metody i sposoby profilaktiki i smyagcheniya // Sel'skoxozyajstvennaya biologiya. 2015. T. 50. № 4. S. 431–443.

14. Varying antibody responses of laying hens housed in an aviary system and in furnished cages / M. I. Auerbach, G. Glunder, M. Beyerbach, M. Weber // *Berliner Und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*. 2014. № 127. P. 267–273.
15. Antibody response to vaccination and psychosocial stress in humans: relationships and mechanisms / V. E. Burns [et al.] // *Burns*. 2003. № 21. Issue 19–20. P. 2523–2534.
16. De Bosscher K. & V.B. The interplay between the glucocorticoid receptor and nuclear factor-kappaB or activator protein-1: molecular mechanisms for gene repression // *Endocr. Rev.* 2003. № 24. P. 488–522.
17. Antigenic activity of an experimental inactivated vaccine against chicken infectious bronchitis / E. Javadov [et al.] // *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*. 2009. № 10 (11). 10A15J.
18. Immunogenic activity of the viral polyvalent inactivated vaccine against the newcastle disease, infectious bronchitis, egg drop syndrome, reoviral and metapneumoviral infection in poultry / I. V. Kuklenkova [et al.] // *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2018. № 10 (4). C. 675–679.
19. Leerdam B. van & Bosman G. indeks vakcinacii: novyj parametr dlya ocenki rezul'tatov vakcinacii s ispol'zovaniem IFA // *Bio*. 2001. № 6 (129). Rezhim dostupa : <http://www.vetmagazines.ru>.
20. Meat productivity of chicken broilers when using stress protectors during the pre-slaughter period / A. V. Miftakhutdinov, E. R. Saifulmulyukov, E. A. Nogovitsina, E. A. Miftakhutdinova // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science The proceedings of the conference AgroCON-2019*. 2019. P. 012050.
21. Repression of inflammatory responses in the absence of DNA binding by the glucocorticoid receptor / H. M. Reichardt [et al.] // *EMBOJ*. 2001. № 20. P. 7168–7173.
22. Sapolsky R. Stress and cognition. In *The Cognitive Neurosciences*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2004.
23. Segerstrom S. C., Miller G. E. Segerstrom, Psychological Stress and the Human Immune System: A Meta-Analytic Study of 30 Years of Inquiry // *Psychological Bulletin*. 2004. № 130 (4). C. 601–630.
24. Bird biopotential against the correction of non-specific resistance and specific immunogenesis / V. G. Semenov [et al.] // *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2019. № 6. P. 111–119.
25. Skripleva E., Arseneva T. Optimization of the recipe of yoghurt with additives and control of some quality attributes of new yoghurt recipe // *Agronomy Research*. 2015. № 13 (4). P. 1086–1095.
26. The stressed CNS: when glucocorticoids aggravate inflammation / S. F. Sorrells, J. R. Caso, C. D. Munhoz, R. M. Sapolsky // *Neuron*. 2009. № 64 (1). P. 33–39.
27. Surai P. F., Fisinin V. I. Vitagenes in poultry production: Part 1. Technological and environmental stresses // *Worlds Poultry Science Journal*. 2013. № 72 (4). P. 721–733.
28. Surai P. F., Fisinin V. I. Vitagenes in poultry production: Part 2. Nutritional and internal stresses // *Worlds Poultry Science Journal*. 2016. № 72 (4). P. 761–772.
29. Surai P. F., Kochish I. I., Fisinin V. I. Antioxidant systems in poultry biology: Nutritional modulation of vitagenes // *European Poultry Science*. 2017. P. 81.
30. Dietary arginine supplementation enhances the growth performance and immune status of broiler chickens / Y. Q. Xu [et al.] // *Livestock Science*. 2018. № 209. P. 8–13.
31. Zhuravel N. A., Miftakhutdinov A. V., Suchanova S. F. Economic assessment of stress prevention in broiler chickens in the pre-slaughter period // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science The proceedings of the conference AgroCON-2019*. 2019. 012056.
32. Zhuravel N. A., Miftakhutdinov A. V., Zhuravel V. V. Economic analysis of factors causing the efficiency of introducing innovative methods and means in industrial poultry // *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. C. 117–124.
33. The effect of starter cultures on the qualitative indicators of dry fermented sausages made from poultry meat / O. Zinina [et al.] // *Agronomy Research*. 2018. № 16 (5). P. 2265–2281.



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.

Zhuravel Nina Aleksandrovna, Cand. Sc. (Veterinary), Associate Professor, Head of the Department of Infectious Diseases and Veterinary-Sanitary Inspection, South Ural State Agrarian University.
E-mail: nirugavm@mail.ru.

Dikhtyaruk Ivan Nikolayevich, postgraduate student, the Department of Morphology, Physiology and Pharmacology, South Ural State Agrarian University.
E-mail: nirugavm@mail.ru.

Ponomarenko Vitaly Viktorovich, Cand. Sc. (Veterinary), doctoral student of the Department of Morphology, Physiology and Pharmacology, South Ural State Agrarian University.
E-mail: nirugavm@mail.ru.

Plant enterosorbents for treating colibacillosis in animals

A. A. Moroz, S. A. Schislenko

Due to import substitution in veterinary medicine and biotechnology, the development of new plant-based enterosorption preparations is being carried out as a promising direction. The objectives of these studies are aimed at the development of therapeutic and prophylactic agents that have detoxification and immunocorrective activity. Various authors established that environmental changes, technological stresses, uncontrolled use of antibacterial drugs in the technology of growing productive animals and birds are the leading factors that reduce the immunity and viability of macroorganisms. The purpose of this work was to study the therapeutic and prophylactic effectiveness of enterosorbents from birch bass extract. The subject of the study was sorbents from wastes because of birch bass processing, crushed to 1.0-2.0 mm fraction, one of the samples being extracted with 0.2-0.5% alkaline solution and 20% aqueous solution of ethyl alcohol, and the second being additionally impregnated with 1% betulin solution in order to obtain a composite veterinary enterosorption drug. The object of the study was white mice used as biological models to emulate an acute intestinal infection caused by *E.coli* with strain O 138, K 99. Studying the therapeutic and prophylactic characteristics of plant-based enterosorbents from birch bass both with and without betulin treatment showed high efficiency in relation to infectious pathologies caused by the pathogenic form of *E.coli*. The therapeutic efficiency of the sorbent treated with betulin was 100% in terms of safety, and the preventive efficiency was 80%. As for the enterosorbent from birch bass extract, the duration of treatment did not exceed three days, and the preservation varied within 60-80%. Thus, plant enterosorbents from birch bass extract for therapeutic and prophylactic purposes can be successfully used in productive animal husbandry to obtain bioecological competitive livestock products.

Keywords: livestock products, safety, colibacillosis, plant enterosorbent, therapeutic efficacy, preventive efficacy.

References

1. Kostyuchenko A. L. Efferentnaya terapiya (v kompleksnom lechenii vnutrennix boleznej) / pod red. A. L. Kostyuchenko. M. : Foliant, 2003. 432 s.
2. Enterosorbciya kak metod efferentnoj terapii v veterinarnoj medicine / A. F. Kuznecov [i dr.] Rezhim dostupa : <http://www.invetbio.spb.ru/journal/articles/n6x4.html> (Data obrashheniya 25.02.2020).
3. MU 13-7-2/2117 Metodicheskie rekomendacii po bakteriologicheskoj diagnostike kolibakterioza (esherixioza) zhivotnyx, utv. Ministerstvo sel'skogo xozyajstva RF, Departament veterinarii. M., 2000. S. 17.

4. MU 13-7-2/1759 Metodicheskie ukazaniya po bakteriologicheskoy diagnostike smeshannoj kishechnoj infekcii molodnyaka zhivotnyx, vyzyvaemoj patogennymi enterobakteriyami, utv. Ministerstvo sel'skogo xozyajstva RF, Departament veterinarii. M., 1999. S. 20.

5. Pokrovskij S. N. Sorbcionye texnologii – itogi i perspektivy // Efferentnaya terapiya. 2003. T. 9. № 1. S. 42–46.

6. Sozдание i perspektivy ispol'zovaniya modificirovannyx sorbentov v veterinarnoj medicine / L. G. P'yanova, L. K. Gerunova, V. A. Lixolobov, A. V. Sedanova // Vestnik OmGAU. 2016. № 2 (22). S. 138–146.

7. MU 4.2.2039-05 Texnika sbora i transportirovaniya biomaterialov v mikrobiologicheskoy laboratorii / Federal'nyj centr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora. 2006. 126 s.

8. Fadeenko G. D., Gaponova O. G. «Smekta» – bezopasnyj preparat s polivalentnym mexanizmom dejstviya v lechenii zabolevanij zheludochno-kishechnogo trakta // Suchasna gastroenterologiya (Sovremennaya gastroenterologiya), Contemporary gastroenterology. 2013. № 1. S. 111–121.

9. Surface and pore structure modification of ordered mesoporouscarbons via a chemical – oxidation approach / P. A. Bazula [et al.] // Microporous and mesoporous materials. 2008. Vol. 108. P. 266–275.

Moroz Anastasia Anatolyevna, Cand. Sc. (Veterinary), Associate Professor of the Department of Epizootology, Microbiology, Parasitology and Veterinary-Sanitary Inspection, Krasnoyarsk State Agrarian University.

E-mail: 9607720155@mail.ru.

Schislenko Svetlana Anatolyevna, Cand. Sc. (Veterinary), Associate Professor of the Department of Epizootology, Microbiology, Parasitology and Veterinary and Sanitary Inspection, Krasnoyarsk State Agrarian University.

E-mail: shislenko@mail.ru.

Young sheep meat productivity and the dynamics of blood structural elements along with using liposomal antioxidants

A. V. Pashtetskaya, A. P. Marynich, P. S. Ostapchuk, S. A. Emelyanov

The article presents the results of studying the meat productivity of young sheep of Tsigai breed and the dynamics of blood structural elements when the liposomal form of antioxidants along with iodine are used. In the course of the research the slaughter weight and slaughter yield of young animals in the experimental group were revealed to increase by 2.2 kg ($p \leq 0.05$). The chemical analysis of muscle tissue shows a significant ($p \leq 0.05$) increase in fat in the longissimus dorsi muscle by 5.3% and in the neck muscles by 7.1%. Protein in muscle tissues increased in the average samples of the muscles of the hind leg and neck by 11.1% and 8.7% ($p \leq 0.05$), respectively, and the calorie content of meat increased in the carcasses of young animals from the experimental groups in the average samples of the the longissimus muscle and neck muscles by 3.6% and 7.6% ($p \leq 0.05$), respectively. The level of erythrocytes and leukocytes in young animals in the experiment was within the normal range. However, in the experimental group, this indicator was significantly higher. Increase in leukocytes by 0.9 abs. % ($p \leq 0.05$) is due to increased monocytes (the difference with the control was within 1.1 abs.%) and segmented neutrophils (the difference was 0.6 abs.%).

Keywords: Tsigai breed, young growth, antioxidants, meat productivity, erythrocytes, leukocytes, leukocyte formula.

References

1. Kolosov Yu. A., Degtyar' A. S., Ganzenko E. A. Prizhiznennye pokazateli myasnosti pomesnyx ovec // Ovcy, kozy, sherstyanoe delo. 2016. № 1. S. 37–40.



2. Stanford K., Jones S. D. M., Price M. A. Methods of predicting lamb carcass composition: A review // *Small Ruminant Research*. 1998. № 29. C. 241–254.
3. Shinde A. K., Sejjan V. Sheep husbandry under changing climate scenario in India: An overview // *Indian J. Anim. Sci.* 2013. № 83. C. 998–1008.
4. Responses in adipocyte dimensions to divergent selection for predicted carcass lean content in sheep / S. C. Bishop [et al.] // *Animal Science*. 1995. № 60. C. 215–221.
5. Geoximicheskie faktory zoboobrazovaniya / O. F. Bezrukov, F. N. Il'chenko, E. E. Ablav, D. V. Zima // *Tavrisheskij mediko-biologicheskij vestnik*. 2017. T. 20. № 3. S. 23–27.
6. Morfo-bioximicheskie funkicii organizma ovec i ix korrekciya v usloviyax jododeficiata / M. I. Selionova [i dr.] // *YUg Rossii: ekologiya, razvitie*. 2019. T. 14. № 1. C. 42–53. Doi : 10.18470/1992-1098-2019-1-42-53.
7. Karabaeva M. E. Ispol'zovanie jodkazeina dlya povysheniya polnocennosti kormleniya molodnyaka ovec // *Ovcy, kozy, sherstyanoje delo*. 2015. № 2. S. 31–34.
8. Povyszenie myaso-molochnoj produktivnosti pri vvedenii liposomal'nyx form antioksidantov v racion zhvachnyx zhivotnyx / R. G. Il'yazov [i dr.] // *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. E. Baumana*. 2015. T. 223. № 3. S. 75–79.
9. Metodika ocenki myasnoj produktivnosti ovec. Dubrovicy : VIZH, 1970. 51 s.
10. Birkalova E. I. Osobennosti formirovaniya myasnoj produktivnosti i kachestvennyx pokazatelej myasa molodnyaka russkix dlinnotoshhexvostyx ovec v zavisimosti ot pola i vozrasta : dis ... kand. s.-x. nauk. Saratov, 2016. 156 s.
11. Kotomcev V. V. Kliniko-bioximicheskie pokazateli krovi zhivotnyx : metod. posobie. Ekaterinburg, 2006. 102 s.
12. Teml X., Diam X., Xaferlax T. Atlas po gematologii / per. s angl. ; pod obshh. red. prof. V. S. Kamyshnikova. 3-e izd. M. : MEDpress-inform, 2017. 208 s.
13. Kulikov L. V., Nikishov A. A. Matematicheskoe obespechenie eksperimenta v zhivotnovodstve. 2-e izd. M. : Izd-vo RUDN, 2006. 178 s.
14. Innovacionnye podxody k obogashheniyu myasnogo syr'ya organicheskim jodom / T. M. Giro, I. F. Gorlov, M. V. Sharova, D. A. Randelin // *Myasnaya industriya*. 2012. № 2. S. 34–36.
15. Gadzhiev Z. K., Osmanova O. R. Osobennosti teloslozheniya ovec karachaevskoj porody raznyx genotipov // *Sbornik nauch. tr. Vseros. nauch.-issled. instituta ovcevodstva i kozovodstva*. 2014. T. 1. № 7. S. 13–17.
16. Prizhiznennoe obogashhenie baraniny esencial'nymi mikroelementami s cel'yu ee ispol'zovaniya v texnologii funkcional'nyx produktov / T. M. Giro [i dr.] // *Teoriya i praktika pererabotki myasa*. 2018. № 3(3). S. 74–88. Doi : 10.21323/2414-438X-2018-3-3-74-88.

Pashtetskaya Alexandra Vladimirovna, researcher of the Laboratory for Research of Technological Techniques in Livestock and Plant Breeding, Research Institute of Agriculture of Crimea.

E-mail: pashtetskaia@gmail.com.

Marynich Alexandr Pavlovich, D. Sc. (Agriculture), Head of the Department of Animal Feeding and General Biology, Associate Professor, of the Laboratory for Research of Technological Techniques in Livestock and Plant Breeding, Research Institute of Agriculture of Crimea.

E-mail: pashtetskaia@gmail.com.

Ostapchuk Pavel Sergeevich, Cand. Sc. (Agriculture), leading researcher, of the Laboratory for Research of Technological Techniques in Livestock and Plant Breeding, Research Institute of Agriculture of Crimea.

E-mail: pashtetskaia@gmail.com.

Emelyanov Sergey Anatolyevich, Cand. Sc. (Biology), researcher of the Laboratory for Research of Technological Techniques in Livestock and Plant Breeding, Research Institute of Agriculture of Crimea.

E-mail: pashtetskaia@gmail.com.

STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCE

Revisiting the immobilization of microorganisms on contact surfaces in longitudinally sectioned bioreactors

G. B. Pishchikov, D. G. Popova, L. A. Minukhin

The aim of the work is to obtain an algorithm for the quantitative analysis of the intensity of adsorption-desorption processes of microorganisms on solid contact surfaces and their own layer in the flow of a liquid substrate using the physical and mathematical logic of probabilistic processes. The efficiency of applying the method of immobilization of microorganisms in food production technologies from biotechnological and apparatus-process points of view is considered. The analysis is focused on the industries associated with fermentation, biofermentation and biotransformation of industrial substrates, the cultivation of target microorganisms as well as the use of the latter as biosorbents, both accumulators of bioactive substances and neutralizers, inhibitors of intracellular processes of respiration, mass exchange and yeast reproduction. The author's interpretation of the structural elements of the physics of the processes of adsorption-desorption of microorganisms on solid packed surfaces with a vertical generatrix in longitudinally sectioned flow bioreactors is presented. An algorithm for analyzing quantitatively the sorption-desorption process of microorganisms on solid contact surfaces and in their own layer is proposed. It is shown that during long-term operation of longitudinally sectioned flow bioreactors in a steady state the concentrations of fluctuating and adsorbed cells are interdependent and integro-stationary.

Keywords: adsorption, desorption, microorganisms, yeast cells, polyfunctional catalysts, contact surfaces.

References

1. Sarishvili N. G., Rejtlat B. B. Mikrobiologicheskie osnovy tekhnologii shampanizatsii vina. M. : Pishhevaya promyshlennost', 2000. 364 s.
2. Oganesyanc L. A., Panasyuk A. L., Rejtlat B. B. Teoriya i praktika plodovogo vinodeliya. M. : Promyshlenno-konsaltingovaya gruppa «Razvitie», 2011. 396 s.
3. Radovic J. Mass transfer effects in fermentations using immobilized whole cells // *Enz. Microb. Technol.* 1985. № 7. P. 2–10.
4. Westrin B., Axglssag A. Diffusion in gels containing immobilized cells. A critical review // *Bio-technol. Bioeng.* 1991. № 38. P. 439–446.
5. *Malting and Brewing Science* / J. S. Hough, D. E. Briggs, R. Stevens, T. W. Z. Youg. London: Chapman and Hall, 1982. V. 12. P. 677.
6. Potanin A. A., Verxusha B. B., Vrzheshh P. V., Muller B. M. Teoriya adgezionnogo vzaimodejstviya biologicheskix kletok v potoke zhidkosti. Nedeformirovannyye kletki // *Kolloid. zhurn.* 1994. T. 56. № 3. C. 422–430.
7. Varfolomeev S. D., Gurevich K. G. Biokinetika : prakt. kurs. M. : FAIR-PRESS, 1999.
8. Varfolomeev S. D., Lukovenkov A. V., Semenova N. A. Fizicheskaya ximiya bioprocessov. M. : KRASAND, 2014. 800 s.
9. Pishchikov G. B. Intensifikatsiya shampanizatsii vina s pomoshh'yu bifunktsional'nyx razvityx poverxnostej v brodil'no-biogeneratsionnyx apparatax // *Vinograd i vino Rossii.* 2009. № 5. S. 14–15.
10. Belyaev A. P., Kichuk V. I. Fizicheskaya i kolloidnaya ximiya : uchebnik. 2-e izd., pererab. i dop. M. : GEOTAR-Media, 2014. 752 s.

Pishchikov Gennady Borisovich, D. Sc. (Engineering), Professor of the Department of Food Engineering, Ural State University of Economics.

E-mail: bio_teh@bk.ru.



Popova Dina Gennadyevna, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Quality Management, Kemerovo State University.

E-mail: dissovet0518.

Minukhin Leonid Aronovich, D. Sc. (Engineering), Professor, Head of the Department of Food Engineering of Agricultural Production, Ural State Agrarian University.

E-mail: academy@usaca.ru.

Правила предоставления рукописей статей в научный журнал «АПК России»

Представленная в электронном варианте статья должна соответствовать **научному профилю** журнала.

Объем текста статьи не должен превышать 15 стр. для доктора наук, для остальных авторов объем статьи составляет от 5 до 10 стр. Ответственность за использование данных, не предназначенных для открытой публикации, несут авторы статей в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Статья должна содержать: аннотацию, ключевые слова, основной текст, сведения об авторах (фамилия, имя, отчество авторов полностью; место работы, занимаемая должность; ученая степень, звание; адрес для переписки, e-mail и телефоны для связи), список литературы.

Рекомендуемый объем аннотации – не более 5–7 строк. Не следует начинать аннотацию с повторения названия статьи! В аннотации необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (желательно с приведением количественных данных), кратко и четко сформулировать выводы. В аннотации не допускается разбивка на абзацы и использование вводных слов и выражений, элементы сложного форматирования (индексы, символы и т. п.).

Структура статьи должна содержать следующие **основные** разделы:

1. Введение.
2. Методы исследования.
3. Результаты исследований.
4. Обсуждения.
5. Список литературы (ГОСТ Р 7.0.5–2008)

Новизна может быть не общенаучной, а отраслевой. Статья не должна иметь фактических ошибок, выводы и заключения не должны противоречить известным законам природы и общенаучным истинам.

Автор (авторы) заполняют анкету при представлении в редакцию статьи.

Невыполнение вышеуказанных требований в полном объеме является поводом для отказа в приеме материала статьи.

Статьи, соответствующие указанным требованиям, регистрируются редакцией.

Решение о публикации статьи принимается по результатам **рецензирования** и обсуждения на редколлегии. За достоверность и оригинальность материалов ответственность несут авторы. Авторы гарантируют, что текст статьи оригинальный (85-90% оригинальности по системе Антиплагиат), публикуется впервые.

Информацию о прохождении статьи авторы могут уточнить по тел. редакции: +7 (351) 266-65-20, а также по электронной почте: gusapk@bk.ru.

Представляя свои материалы для опубликования, автор тем самым дает согласие на размещение электронной версии своей статьи на сайте и в научной библиотеке вуза, а также в электронной научной библиотеке eLibrary в открытом доступе.

Все статьи рецензируются, отклоненные статьи авторам не возвращаются, о причинах отклонения автор уведомляется на основании заключения редколлегии.

Гонорар за публикации не предусмотрен.



Правила оформления статьи

ФИО авторов полностью, место работы, занимаемая должность; ученая степень, звание, телефон и e-mail (каждого автора).

Аннотация.

Ключевые слова.

Все поля – 2 см. Шрифт текста – TimesNewRoman. Размер шрифта – 14 пт, интервал – 1,5.

Буквы латинского алфавита – курсивного начертания, буквы греческого и русского алфавитов, индексы и показатели степени, математические символы \lim , \lg , const , \cos , \sin , \max , \min и др. – прямого начертания.

Набор формул в стандартных редакторах формул MathType либо Equation, шрифт Times New Roman. Нумеровать только те формулы, на которые есть ссылки в тексте. Номер формулы ставить с правой стороны в конце формулы с выравниванием по правой границе страницы. Обозначения в формулах: прямо – русские буквы, греческие символы, функции, цифры; курсив – латинские буквы.

Таблицы и рисунки помещать за первой ссылкой на них в тексте после окончания абзаца. Графики и диаграммы должны быть активны и сохранены в отдельной папке с обозначением каждого рисунка, согласно тексту статьи. Рисунки выполнять, используя программные продукты, и представлять в виде отдельного файла: в растровом формате Tiff, JPG, BMP (300 dpi); в векторных форматах CDR, EPS, wmf; рисунки Word – в формате DOC.

Фотографии выполнять с разрешением не менее 600 dpi.

Обозначения, термины и иллюстративный материал должны соответствовать действующим государственным стандартам.

Список литературы должен быть оформлен в соответствии с последовательностью ссылок в тексте согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Все аббревиатуры необходимо расшифровать.

*С уважением,
редакция журнала*



В редакцию журнала «АПК России»

Анкета автора*
представленной в редакцию рукописи статьи:

(название статьи)

ФИО <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.

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.



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: 15.09.2020
Дата выхода в свет: 29.09.2020
Формат 60×84/8. Гарнитура Times
Усл. печ. л. 21,4. Тираж 300 экз.
Заказ № 63

Signed to print: 15.09.2020
Release date: 29.09.2020
Format 60×84/8. Times script
Conventional printed sheet 21,4
Circulation 300 copies
Order № 63

Адрес редакции: 454080, г. Челябинск,
пр. им. В. И. Ленина, 75. Тел.: 8(351) 266-65-20

Editors office: 454080, Chelyabinsk,
Lenin Avenue, 75. Phone: 8(351) 266-65-20

Адрес издателя: Южно-Уральский
государственный аграрный университет
457100, г. Троицк, ул. Гагарина, 13
Тел.: 8(35163) 2-00-10, факс: 8(35163) 2-04-72
E-mail: tvi_t@mail.ru

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

Отпечатано: Южно-Уральского ГАУ,
Адрес: 454080, г. Челябинск, ул. Энгельса, 83

Printed in South-Ural State Agrarian University
Publishing House: 454080, Chelyabinsk,
Engels Str., 83

Свободная цена

Free-market price