

ISSN 2227-7005



АПК России

Научный журнал

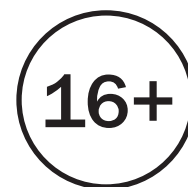
Представлены результаты научных исследований, экспериментальных, теоретических и методических разработок в различных областях сельскохозяйственной науки и практики, выполненных в разных природно-экономических зонах

Основан в 1993 году

Том 73

Челябинск
2015

ISSN 2227-7005



Agro-Industrial Complex of Russia

Scientific Journal

presents the results of scientific research, experimental, theoretical and methodological developments in various fields of agricultural science and practice realized in different natural and economic zones

Published since 1993

Volume 73

Chelyabinsk
2015

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

Журнал включен в систему
Российского индекса научного цитирования
(РИНЦ): <http://www.elibrary.ru>
Свидетельство о регистрации СМИ ПИ
№ ФС77-61323 от 10.04.2015 г.

The journal is included in the Russian Science
Citation Index: <http://www.elibrary.ru>
Certificate of registration SMI PI
№ FS77-61323 of 10.04.2015.

Главный редактор

докт. биол. наук *И. В. Синявский*

Editor-in-Chief

I. V. Sinyavsky, Dr. Sci. (Biology)

Заместитель главного редактора

докт. техн. наук *В. А. Жилкин*

Deputy Editor-in-Chief

V. A. Zhilkin, Dr. Sci. (Engineering)

Экономические науки

В. Ф. Балабайкин, д. э. н.;
Е. А. Захарова, д. э. н.;
А. А. Копченков, д. э. н.;
А. Н. Сёмин, чл.-корр. РАН, д. э. н.
А. С. Кучеров, к. э. н.

Economic Sciences

V. F. Balabaykin, Dr. Sci. (Economics);
E. A. Zaharova, Dr. Sci. (Economics);
A. A. Kopchenov, Dr. Sci. (Economics);
A. N. Syomin, Academician of Russian Academy
of Sciences, Dr. Sci. (Economics);
A. S. Kuchеров, Dr. Sci. (Economics)

Ветеринарные науки

А. И. Кузнецов, д. б. н.;
А. Н. Безин, д. вет. н.;
М. А. Дерхо, д. б. н.;
А. А. Овчинников, д. с.-х. н.

Veterinary Sciences

A. I. Kuznetsov, Dr. Sci. (Biology);
A. N. Bezin, Dr. Sci. (Veterinary);
M. A. Derkho, Dr. Sci. (Biology);
A. A. Ovchinnikov, Dr. Sci. (Agriculture)

**Сельскохозяйственные науки
(растениеводство и агрономия)**

А. Э. Панфилов, д. с.-х. н.;
И. В. Синявский, д. б. н.

**Agricultural Sciences
(crop and plant production, agronomy)**

A. E. Panfilov, Dr. Sci. (Agriculture);
I. V. Sinyavsky, Dr. Sci. (Biology)

Технические науки

В. В. Бледных, академик РАН;
Е. И. Бердов, к. т. н.;
А. Г. Возмилов, д. т. н.;
А. М. Плаксин, д. т. н.;
П. Г. Свечников, д. т. н.

Technical Sciences

V. V. Blednykh, Academician of Russian Academy
of Sciences, Dr. Sci. (Engineering);
E. I. Berdov, Dr. Sci. (Engineering);
A. G. Vozmilov, Dr. Sci. (Engineering);
A. M. Plaksin, Dr. Sci. (Engineering);
P. G. Svechnikov, Dr. Sci. (Engineering)

Члены международной редколлегии

К. А. Алымбеков, д. т. н. – Киргизский экономический университет им. Рыскулбекова (г. Бишкек, Киргизия);
Пьер Ги, почетный профессор, член административного Совета Высшей с.-х. школы в г. Анже (ESA), президент, генеральный директор ООО «Анжу Мэн Серреаль» (г. Анже, Франция);
Н. Д. Менков, д. т. н. – Университет пищевых технологий (г. Пловдив, Болгария);
Х. Мэннен, докт. аграрных наук, 1-й Председатель Союза LOGO e.V. г-н (Германия);
Н. В. Костюченков, д. т. н., АО «Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина» (г. Астана, Казахстан)

International Editorial Board

K. A. Alymbekov, Dr. Sci. (Engineering) – Kyrgyz Economic University n.a. M. Ryskulbekov (Bishkek, Kyrgyzstan);
Pierre Guy, Honoured Professor, the member of Administration Board of High Agricultural School (Angers, France);
N. D. Menkov, Dr. Sci. (Engineering) – University of Food Technologies (Plovdiv, Bulgaria);
X. Mennen, Dr. Sci. (Agriculture), 1st Chairman of LOGO e.V (Germany);
N. V. Kostyuchenkov, Dr. Sci. (Engineering), S. Seifullin Kazakh Agro Technical University (Astana, Kazakhstan)

Учредитель:

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

СОДЕРЖАНИЕ

ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК (ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ): 50-ЛЕТИЕ И ВЕХИ РАЗВИТИЯ

- Аверьянов Ю. И., Смирнов Д. В.**
Компоновка кабины мобильной
сельскохозяйственной машины средствами
нормализации микроклимата в условиях
теплого периода года.....10
- Богданов А. В., Попова С. Ю.,
Лакомов А. П., Попов Ю. А.**
Обоснование работы устройства
для предотвращения засыпания водителя
автомобиля Камаз-55102.....18
- Борисенко В. А., Барышников С. А.**
К оценке состояния газораспределительного
механизма двигателя внутреннего сгорания...32
- Горшков Ю. Г., Калугин А. А.**
Конструкция пневматической шины
с выдвигаемыми грунтозацепами.....36
- Егоров А. В., Zubova E. V., Вахрушев В. В.**
Оценка показателей надежности силовой
передачи зерноуборочного комбайна
John Deere 9600.....41
- Егоров А. В., Zubova E. V., Вахрушев В. В.,
Черепакхин С. О., Попов А. М.**
Особенности оценки служебных свойств
работающих моторных масел.....49
- Кожанов В. Н., Петелин А. А.,
Завьялов О. Г.**
Методика расчета сажесодержания
в отработавших газах при отключении
части цилиндров дизеля.....58
- Королькова Л. И.**
Характеристики функционирования
двухканальной системы с непрерывной
загрузкой.....63
- Машрабов Н., Геренштейн А. В.,
Геренштейн Е. А.**
Обоснование метода определения
температурного поля при наплавке,
термической и механической обработке.....69

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Бледных В. В.**
Чужим хлебом сыт не будешь.....76

CONTENTS

FACULTY OF TECHNICAL SERVICE IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (SOUTH-URAL STATE AGRARIAN UNIVERSITY): ITS 50TH ANNIVERSARY AND MILESTONES

- Averyanov Yu. I., Smirnov D. V.**
The layout of the cab of a mobile agricultural
machine by means of normalizing
the microclimate in the warm period.....10
- Bogdanov A. V., Popova S. Yu.,
Lacomov A. P., Popov Yu. A.**
Rationalizing the device for preventing
a Kamaz 55102 driver from falling asleep.....18
- Borisenko V. A., Baryshnikov S. A.**
State assessment of the gas distribution
mechanism of an internal combustion engine...32
- Gorshkov Yu. G., Kalugin A. A.**
The construction of a pneumatic tyre with
pull-out cleats.....36
- Egorov A. V., Zubova E. V., Vakhrushev V. V.**
Assessing the power transmission reliability
indicators of a John Deere 9600 combine
harvester.....41
- Egorov A. V., Zubova E. V., Vakhrushev V. V.,
Cherepakhin S. O., Popov A. M.**
Assessment features of evaluating the service
properties of operating engine oils.....49
- Kozhanov V. N., Petelin A. A., Zavyalov O. G.**
Calculation technique of the carbon-black
content in exhaust gases when disconnecting
some of diesel engine cylinders.....58
- Korolkova L. I.**
Functioning features of a two-channel system
with continuous loading.....63
- Mashrabov N., Gerenshtein A. V.,
Gerenshtein E. A.**
Justification of the method for detecting
the temperature field when thermal
and mechanical processing and surfacing.....69

TECHNICAL SCIENCES

- Blednykh V. V.**
Somebody else's bread won't feed us.....76

Глемба К. В., Альметова З. В. Оптимизация объемов партий поставок грузов и параметров работы погрузочно-разгрузочных комплексов транзитных терминалов в межтерминальных сообщениях.....	82
Плаксин А. М., Бурцев А. Ю., Гриценко А. В. Система смазки турбокомпрессора с электронным управлением.....	90
Плаксин А. М., Забелина В. А., Плаксин А. В. Энергоэффективность и полезная работа комбинированных посевных агрегатов.....	99

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Гилев С. Д., Цымбаленко И. Н., Курлов А. П., Русакова И. В. Микробоценоз чернозема выщелоченного и динамика органического вещества при минимизации обработки почвы в условиях Зауралья.....	104
Грязнов А. А., Лойкова А. В. Сроки сева голозерных сортов ячменя в условиях Южной лесостепи.....	111
Огородников Л. П., Постников П. А. Просачивание атмосферных осадков через почву на Среднем Урале.....	116
Потапова Г. Н., Зверева Т. Н., Галимов К. А. Результаты селекции озимой ржи в ФГБНУ «Уральский НИИСХ».....	120
Тормозин М. А., Нагибин А. Е. Повышение эффективности возделывания многолетних трав на Среднем Урале.....	125

ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Гордиевских М. Л., Столбовая Е. И., Евченко В. В. Ускорение роста и развития растений путем использования органических поливных растворов в гидропонном кормопроизводстве.....	129
Наумова Н. Л., Бучель А. В., Чаплинский В. В. Технологические особенности культивирования и оценка токсикологической безопасности вешенок...134	134

Glemba K. V., Almetova Z. V. Optimizing the batch sizes of goods supplies and the parameters of cargo-handling transit terminals in interterminal traffic.....	82
Plaksin A. M., Burtsev A. Yu., Gritsenko A. V. The turbocharger lubrication system with electronic controlling.....	90
Plaksin A. M., Zabelina V. A., Plaksin A. V. Energy efficiency and effective work of combined sowing units.....	99

AGRONOMIC SCIENCES

Gilev S. D., Tsymbalenko I. N., Kurlov A. P., Rusakova I. V. Microbocenosis of leached chernozem and organic matter dynamics with tillage minimizing under the conditions of the Trans-Urals.....	104
Gryaznov A. A., Loykova A. V. Sowing periods for naked barley varieties in the conditions of southern forest-steppes...111	111
Ogorodnikov L. P., Postnikov P. A. Precipitation infiltration into soil in the Middle Urals.....	116
Potapova G. N., Zvereva T. N., Galimov K. A. Winter rye selection and its results in Ural Scientific Research Institute for Agriculture...120	120
Tormozin M. A., Nagibin A. E. Improving the cultivation efficiency of perennial grasses in the Middle Urals.....	125

STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCE

Gordievskikh M. L., Stolbovaya E. I., Kolyagina V. V. Acceleration of growth and development of plants when using organic irrigation solutions in hydroponic forage production.....	129
Naumov N. L., Buchel A. V., Chaplinsky V. V. Technological features of cultivation and assessment of toxicological safety oyster...134	134

**Силков С. И., Чаплинский В. В.,
Прокопов Ц. В.**
Оценка спектра токсичных веществ
на загрязненной почве в яровой пшенице
в фазе кущения.....139

Silkov S. I., Chaplinsky V. V., Prokopov Ts. V.
Estimating the spectrum of toxic substances
in tillering spring wheat in contaminated soil...139

ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ

Аносов Д. Е., Мифтахутдинов А. В.
Сравнительное воздействие
литийсодержащих фармакологических
средств на состояние прооксидантной
и антиоксидантной систем организма
цыплят при дебикировании.....145

Вильвер Д. С., Вильвер А. С.
Влияние возраста телок при первом
осеменении на воспроизводительные
качества коров.....151

Митрохина А. С.
Сравнительная эффективность разных доз
фармакологической композиции
СМ-комплекс при откорме
цыплят-бройлеров.....156

Пономаренко В. В., Мифтахутдинов А. В.
Изучение режимов дозирования и кратности
применения фармакологического СПАО-
комплекса при профилактике стрессов кур...160

Шамсутдинова И. Р., Дерхо М. А.
Изменения морфологических показателей
крови лабораторных животных
при введении наночастиц серебра PER OS...166

VETERINARY SCIENCES

Anosov D. E., Miftahutdinov A. V.
Comparative effects of lithium-containing
pharmacological agents on the prooxidant
and antioxidant systems of a chicken's body
when beak trimming.....145

Vilver D. S., Vilver A. S.
Heifers' age effect on their reproductive
qualities at first insemination.....151

Mitrokhina A. S.
Comparative efficiency of different doses
of the pharmaceutical compound SM-complex
when fattening broiler chickens.....156

Ponomarenko V. V., Miftahutdinov A. V.
The study of dosing regimes and the repetition
factor of using the pharmacological SPAO-
complex when preventing stresses of chickens...160

Shamsutdinova I. R., Derkho M. A.
Changes of blood morphological parameters
of laboratory animals when introducing silver
nanoparticles PER OS.....166

**ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК
(ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ):
50-ЛЕТИЕ И ВЕХИ РАЗВИТИЯ**

**FACULTY OF TECHNICAL SERVICE IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX
(SOUTH-URAL STATE AGRARIAN UNIVERSITY):
ITS 50TH ANNIVERSARY AND MILESTONES**



ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!

Вот уже 50 лет успешно функционирует факультет технического сервиса в агропромышленном комплексе (ТС в АПК). Он был создан в 1965 году, во времена бурного развития ремонтно-обслуживающей базы сельскохозяйственного производства, а также передовых методов ремонта и обслуживания сложной сельскохозяйственной техники, основанных на новейших достижениях науки и техники.

У истоков создания факультета организации и технологии ремонта машин (ОТРМ) – именно так он тогда назывался – стоял ректор ЧИМЭСХ **Иона Ефремович Ульман**, доктор технических наук, профессор, выдающийся ученый и основатель научной школы «Научные основы ремонта и восстановления сельскохозяйственной техники». Первым деканом нового факультета был назначен ученик И. Е. Ульмана – канд. техн. наук, доцент **Ю. Н. Ломоносов**, впоследствии ставший доктором технических наук, профессором, заслуженным работником высшей школы РФ.

Имея таких «отцов-основателей», факультет довольно быстро «встал на ноги» и превратился в кузницу инженерных и научно-педагогических кадров не только для Урало-Сибир-

ской зоны, но и для Дальнего Востока, а также Казахстана и Средней Азии. По отзывам специалистов, вклад нашего факультета в развитие агроинженерной науки в этих регионах был весьма существенным.

За 50 лет своего существования факультет подготовил свыше **5000** специалистов в области организации, обслуживания и ремонта с.-х. машин и оборудования. Среди выпускников факультета есть немало известных учёных и руководителей высокого уровня не только в сфере АПК, но и в других отраслях народного хозяйства страны.

Характерной особенностью выбора направлений научной деятельности ведущих специалистов факультета всегда была и сохраняется до настоящего времени **прикладная направленность** подавляющего большинства научных разработок, рассчитанных на немедленное использование в различных сферах с.-х. производства, что подтверждает подборка статей, публикуемых в этом номере.

С. А. Барышников,
декан факультета ТС в АПК
канд. техн. наук, доцент

УДК 631.3.043

КОМПОНОВКА КАБИНЫ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МАШИНЫ СРЕДСТВАМИ НОРМАЛИЗАЦИИ МИКРОКЛИМАТА В УСЛОВИЯХ ТЕПЛОГО ПЕРИОДА ГОДА

Ю. И. Аверьянов, Д. В. Смирнов

Изучили компоновку кабин мобильных сельскохозяйственных машин с учетом термокомфортности человека-оператора. Установили, что теплообмен человека-оператора с окружающей средой происходит за счет: излучения – 42 %, конвекции – 26 %, испарения – 18 %, дыхания (нагрев и испарение) – 14 %, но при изменении параметров окружающей среды процентное соотношение может изменяться. При анализе существующих средств нормализации микроклимата выявили ряд недостатков: сложность конструкции и обслуживания, высокая энергопотребляемость и себестоимость, возможность вредного воздействия на организм человека-оператора. Отвод тепла от тела человека-оператора обеспечили путем компоновки существующих средств нормализации микроклимата в единую систему, включающую в себя: устройство для нормализации микроклимата салона транспортного средства, кондиционирующее воздух в кабине трактора и использующее энергию вторичных тепловых ресурсов; локальное теплорегулирующее устройство, размещенное в виде накидки на сидение человека-оператора в кабине; панель лучисто-конвективного теплообмена, установленную на потолке кабины трактора. Предлагаемая компоновка кабин средствами нормализации микроклимата позволяет найти наиболее оптимальное решение по обеспечению термокомфортности человека-оператора за счет рационального распределения и использования основных видов теплообмена, снижения экономических и энергетических затрат на нормализацию микроклимата.

Ключевые слова: микроклимат, кабина мобильной сельскохозяйственной машины, виды теплообмена, термокомфортность человека-оператора.

Актуальность

Условия работы и безопасности труда на рабочем месте человека-оператора мобильной сельскохозяйственной машины (МСХМ) во многом определяют ее конкурентоспособность на рынке [1, 2]. В настоящее время в условиях теплого периода года используется большое количество отдельных средств обеспечения термокомфортности человека-оператора в кабине МСХМ [2, 3, 4, 5, 6], которые, с одной стороны, создают в целом комфортный микроклимат, а с другой – приводят к значительному расходу топлива и локальному дискомфорту, ведущему к простудным заболеваниям [7, 8, 9]. Устранение

данного противоречия возможно за счет компоновки кабин МСХМ одновременно различными средствами нормализации микроклимата.

Цель исследований: компоновка кабины мобильной сельскохозяйственной машины средствами нормализации микроклимата.

Материалы и методы

Нормативные документы по нормализации микроклимата и методические указания по оценке нагревающего микроклимата. Патенты на изобретения и на полезные модели. Методы анализа и сравнения различных видов теплооб-

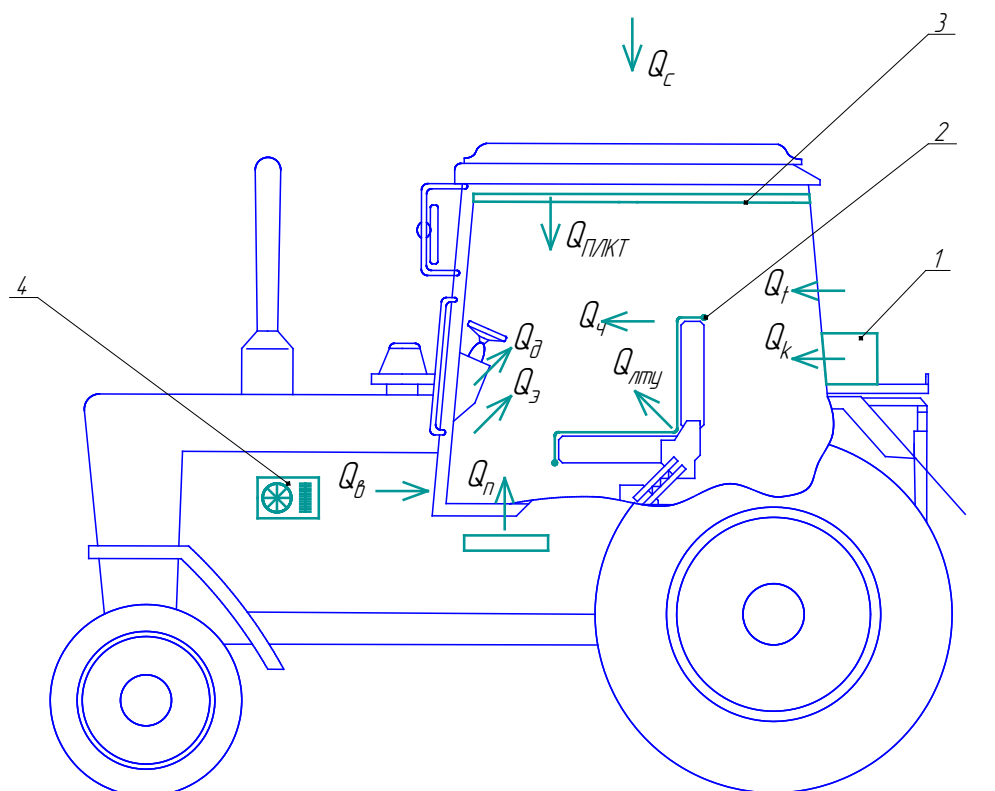
мена человека-оператора, устройств обеспечения его термокомфортности в кабинах мобильных сельскохозяйственных машин.

Результат исследований

Термокомфортность оператора в кабине МСХМ оценивается тепловым состоянием человека-оператора, которое характеризуется его теплосодержанием [10, 11]. На теплосодержание человека-оператора влияет сочетание параметров среды и в первую очередь температура воздуха. При температуре воздуха в пределах 15...25 °С человек испытывает состояние теплового безразличия, и теплообмен его с окружающей средой происходит за счет: излучения – 42 %, конвекции – 26 %, испарения – 18 %, дыхания (нагрев и испарение) – 14% [12, 13]. Каждый вид теплообмена зависит от различных параметров, так, например, с повышением температуры окружающей среды, происходит изменение процентного соотношения видов теплообменов, снижается роль конвективной составляющей и увеличивается влияние испа-

рения. При температуре воздуха около 30 °С теплообмен происходит за счет конвекции и излучения (50 %) и испарения (50 %), а при температуре воздуха 36 °С теплообмен происходит только за счет испарения (100%) [12]. Следует отметить важную роль лучистого теплообмена. Так, человек-оператор отдает окружающей среде теплоту, вырабатываемую в ходе физиологических процессов, главным образом излучением и конвекцией. Лучистый теплообмен играет решающую роль в формировании ощущения теплового комфорта человека-оператора [14].

Известно, что теплоступления от суммарной радиации через ограждения кабины составляют 70...80% от суммарного теплового потока, тепловыделения от двигателя и трансмиссии 8...15%, от гидросистемы и электрооборудования 3...8% и от человека 10...15% (рис. 1) [15, 16]. При этом тепловые потоки в кабине зависят от многих факторов: категории тяжести труда человека-оператора, метеорологических условий, средств нормализации микроклимата и т.д. [17].



Q_t – тепловой поток через ограждения кабины; $Q_в$ – тепловой поток вентиляции; $Q_ч$ – тепловой поток от человека к воздуху; $Q_э$ и $Q_д$ – количество теплоты, передаваемое соответственно от электрооборудования; Q_c – тепловой поток солнечной радиации; Q_k – тепловой поток от кондиционера; $Q_{плкт}$ – тепловой поток от панели лучисто-конвективного теплообмена, $Q_{лту}$ – тепловой поток от локального терморегулирующего устройства; $Q_п$ – тепловой поток от панели, расположенной на полу

Рис. 1. Тепловые потоки в кабине МСХМ

В настоящее время существует большое количество типов систем и средств обеспечения термокомфортности человека и их классификаций. Из существующих классификаций представляет интерес те из них, которые используют для систематизации такие признаки, как путь и широта воздействия на организм человека (рис. 2) [11].

Отдельные средства, представленные на схеме (рис. 2), не обязательно представляют собой самостоятельные группы, так как чаще всего они встречаются в комбинации друг с другом.

Средства тепловой защиты современных кабин МСХМ условно можно разделить на две группы: средства тепловой защиты непрозрачных ограждений и средства тепловой защиты прозрачных ограждений. Использование их в кабинах МСХМ затруднено рядом обстоятельств: малой поверхностью непрозрачных ограждений кабины; снижением обзорности и перенапряжением зрительного анализатора оператора; несовершенством или высокой трудоемкостью обслуживания отдельных конструкций [18].

К средствам, формирующим температурно-влажностный режим в помещениях, можно отнести: испарительные, конвективные, радиационные. Анализ этих средств позволяет сделать вывод, что их использование сдерживается имеющимися у них существенным недостатками: сложность конструкции и обслуживания, высокая энергопотребляемость и себестоимость, возможность вредного воздействия на организм человека-оператора [2].

Следует отметить, что к каждой составляющей теплообмена (конвекции, радиации, кондукции) нормативными документами [19, 20, 21, 22] предъявляются ряд требований и ограничений по интенсивности воздействия на организм человека-оператора. Для систем кондиционирования существуют нормативные ограничения по ГОСТ ИСО 14269-2-2003 [23]. Так система кондиционирования воздуха должна обеспечить снижение температуры на рабочем месте до зоны комфорта или не менее чем на 11 °С ниже окружающей среды в интервале температур от 38 °С до наибольшего значения тем-



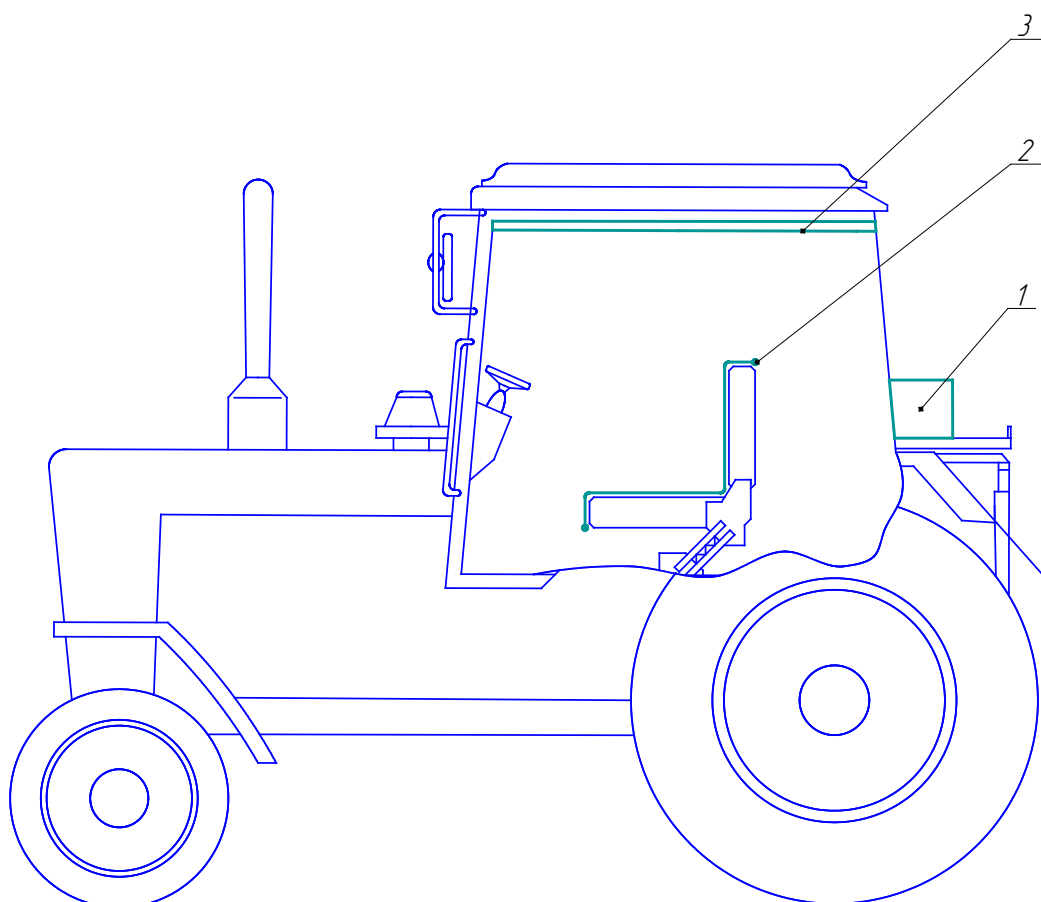
Рис. 2. Схема классификации средств обеспечения термокомфортности человека по пути и широте воздействия на его организм

пературы окружающей среды. При конструировании систем нормализации микроклимата необходимо учитывать, что в кабине должна быть обеспечена подача отфильтрованного воздуха к рабочему месту оператора не менее $43 \text{ м}^3/\text{ч}$, при этом максимальная скорость движения воздуха не должна превышать $0,3 \text{ м/с}$. Использование систем лучистого теплообмена позволяет снизить скорость потока воздуха в кабине, который часто является источником простудных заболеваний, вызывая локальное переохлаждение организма. При конструировании панели лучисто-конвективного теплообмена необходимо учитывать величину теплового излучения на организм человека не более 140 Вт/м^2 [20].

На основании проведенного анализа выявлено, что в теплый период года человек-оператор может оказаться в условиях нагревающего микроклимата, характеризующихся повышенной тепловой нагрузкой. Устранение тепловой нагрузки на человека-оператора требует использование высокопроизводительных систем кондиционирования. При этом существующие

системы кондиционирования не всегда могут быть применены по вышеуказанным причинам. Несмотря на это, решение проблемы снижения тепловой нагрузки на организм человека-оператора возможно за счет компоновки кабин МСХМ различными видами устройств нормализации микроклимата.

Подтверждение выдвинутой гипотезы возможно за счет объединения (компоновки) существующих средств нормализации микроклимата в единую систему, в которой есть возможность интенсифицировать существующие виды теплообмена. Возможность использования отвода тепла от тела человека-оператора за счет конвекции, кондукции и радиации может быть реализована за счет компоновки (рис. 3), включающей в себя: устройство для нормализации микроклимата салона транспортного средства 1 [24], кондиционирующее воздух в кабине трактора; локальное теплорегулирующее устройство 2, размещенное на сидении оператора в кабине [11]; панель лучисто-конвективного теплообмена 3, устанавливаемую на потолке кабины трактора [25].



1 – устройство для нормализации микроклимата салона транспортного средства; 2 – локальное теплорегулирующее устройства; 3 – панель лучисто-конвективного теплообмена

Рис. 3. Компоновка кабины МСХМ средствами нормализации микроклимата

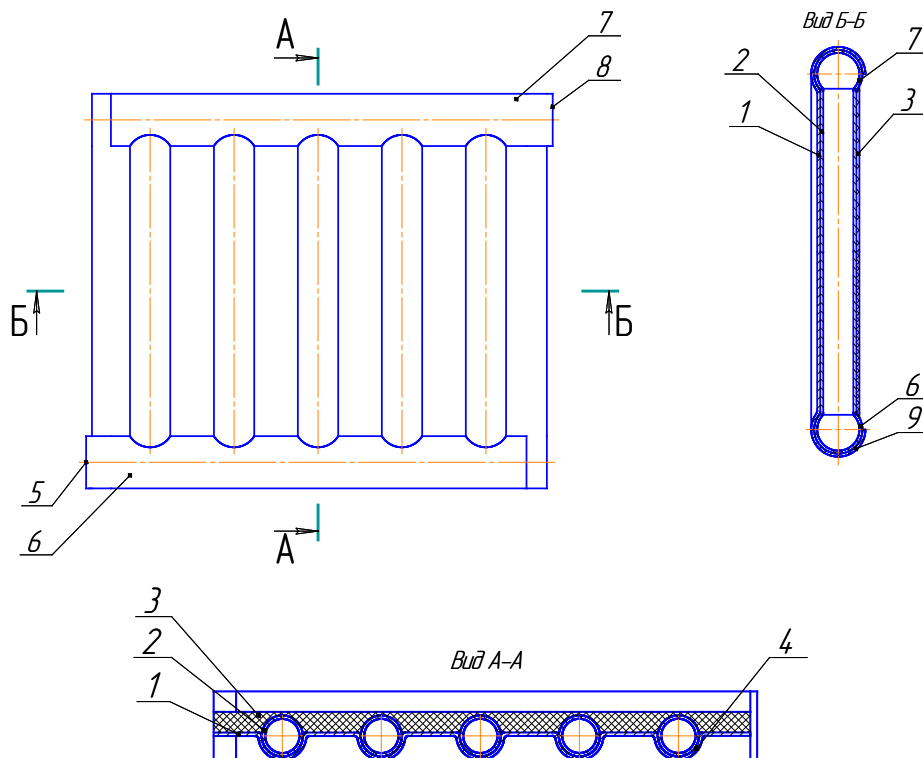
Преимуществом конструкции является возможность ее использования как в теплый период года для охлаждения, так и в холодный период года для обогрева. Более подробно рассмотрим принцип работы устройств в режиме охлаждения. В теплый период года для работы устройств необходим охлажденный теплоноситель, возможность получения которого предусмотрена в устройстве для нормализации микроклимата салона транспортного средства [24], где используются вторичные тепловые ресурсы. В теплый период года нагретый теплоноситель от системы охлаждения двигателя направляется в устройство [24], где при помощи абсорбционно-диффузионного агрегата, в основу которого положены фазовые превращения хладагента (аммиака) получается необходимый охлажденный теплоноситель, который разделяется на три потока в следующих направлениях:

- радиатор, установленный стационарно в подкапотном пространстве МСХМ и обеспечивающий интенсификацию конвективной составляющей теплообмена;

- панель лучисто-конвективного теплообмена, установленная на потолке в кабине трактора;

- локальное терморегулирующее устройство, размещенное в виде накидки на сидение в кабине МСХМ.

Панель лучисто-конвективного теплообмена (ПЛКТ) (рис. 4) интенсифицирует радиационную составляющую теплообмена между телом человека-оператора и окружающей средой. ПЛКТ представляет собой систему параллельно расположенных теплообменных трубок 2, размещенных в каналах теплопроводной пластины 1 и соединенных с коллекторами входа 6 и выхода 7 теплоносителя. Профиль теплообменной пластины представляет собой усеченную волну, образующую каналы для теплообменных трубок. На противоположных сторонах панели для размещения коллекторов выполнены дополнительные каналы в виде двух усеченных окружностей 9, расположенные перпендикулярно каналам для теплообменных трубок. Теплоноситель, попадая через патрубков входа 5, распределяется по теплообменным трубкам при помощи коллектора входа 6 и, протекая по трубкам, изменяет температуру трубок и теплопроводной пластины 1, после чего собирается в выходном коллекторе 7 и выводится из пластины через выходной патрубок 8. В результате



1 – теплопроводная пластины; 2 – теплообменные трубки; 3 – теплоизоляционный материал;
4 – каналы для теплообменных трубок; 5 – патрубок входа; 6 – патрубок выхода; 7 – коллектор выхода;
8 – патрубок выхода; 9 – каналы для коллекторов

Рис. 4. Панель лучисто-конвективного теплообмена



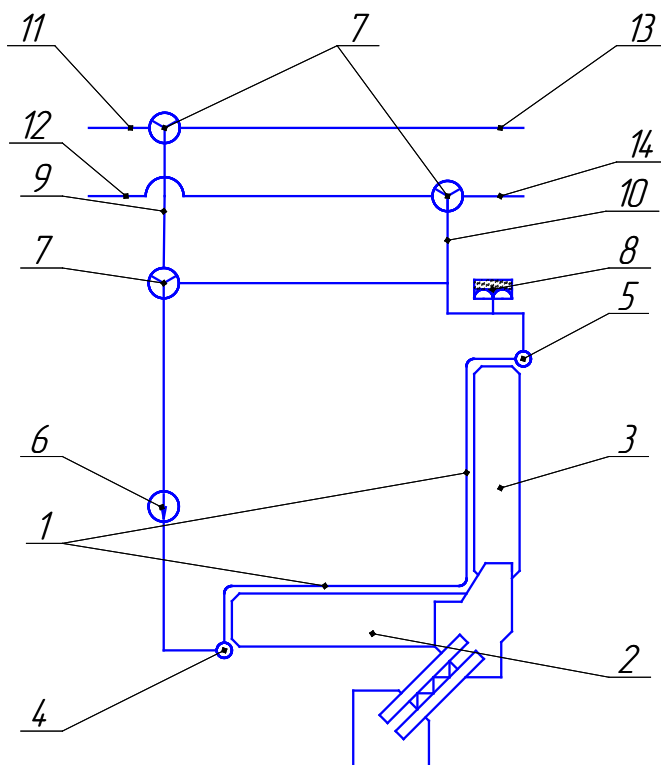
изменения температуры теплопроводной пластины происходит лучистый и конвективный теплообмен между поверхностью пластины и телом оператора, воздухом и внутренними поверхностями кабины. Патрубки входа 5 и выхода 8 теплоносителя расположены симметрично относительно центра панели лучисто-конвективного теплообмена, что создает равномерное течение теплоносителя по трубкам по всей системе и способствует установлению равномерной температуры теплопроводной пластины. Над трубками расположен слой теплоизоляционного материала 3, который обеспечивает снижение теплотерь устройства.

Температура теплоносителя в панели должна быть не ниже температуры точки росы (примерно 16 °С) с целью предотвращения возможности появления конденсата на поверхности теплопроводной пластины. Регулирование температуры теплоносителя осуществляется по схеме подмешивания части охлажденного теплоносителя к теплоносителю, выходящему из ПЛКТ.

Локальное терморегулирующее устройство (рис. 5) интенсифицирует кондуктивную составляющую теплообмена и выполнено в виде накидки на сидение в зоне контакта тела

человека-оператора с поверхностью спинки и подушки сидения в кабине МСХМ. Локальное терморегулирующее устройство состоит из съемного чехла 1, который закреплен на подушке 2 и спинке 3 сидения трактора. К съемному чехлу 1 пришта швами накладка, причем швы образуют равномерно расположенные по всей их поверхности ячейки, в которых свободно размещаются гибкие эластичные трубки, посредством которых происходит теплопередача, в виде теплового потока от поверхности тела человека-оператора. Концы трубок соединяются с коллекторами входа 4 и выхода 5, у которых один конец запаян, другой имеет место для соединения. Коллекторы входа 4 и выхода 5 соединяются насосом 6, регулятором расхода теплоносителя 7 и гидроаккумулятором 8, посредством гибких трубок 9 и 10 и одновременно подключились к трубкам входа и выхода теплоносителя 11, 12, 13, 14.

Охлажденный теплоноситель поступает через регулятор расхода теплоносителя 7 и нагнетается насосом 6 в гибкие эластичные трубки, размещенные в съемном чехле 1 ЛТУ, где происходит теплопередача между телом человека и трубками.



1 – съемный чехол; 2 – подушка; 3 – спинка; 4, 5 – коллекторы входа и выхода теплоносителя; 6 – насос; 7 – регулятор расхода жидкости; 8 – гидроаккумулятор; 9, 10 – гибкие трубки; 11, 12, 13, 14 – соответственно трубки выхода и входа теплоносителя

Рис. 5. Схема локального терморегулирующего устройства

Изменение положения регулятора расхода теплоносителя позволяет регулировать температуру жидкости в трубках ЛТУ за счет подмешивания к теплоносителю, выходящего из ЛТУ, охлажденного теплоносителя, поступающего от устройства для нормализации микроклимата салона транспортного средства [11]. Такой способ обеспечивает равномерную температуру теплоносителя в трубках ЛТУ и, как следствие, равномерное воздействие на участки тела человека-оператора. Следует отметить, что температура теплоносителя в теплый период года должна составлять не ниже 20 °С, чтобы не допустить локального переохлаждения организма [11].

Выводы

Предлагаемая компоновка кабин МСХМ средствами нормализации микроклимата позволяет применить наиболее оптимальное решение по обеспечению термокомфортности человека-оператора за счет рационального распределения и использования основных видов теплообмена, снижения экономических и энергетических затрат на нормализацию микроклимата, а также не оказывать чрезмерного воздействия на организм человека-оператора.

Рекомендации

Предлагаемая компоновка кабин МСХМ средствами нормализации микроклимата может быть использована при конструировании кабин мобильных машин как сельскохозяйственного, так и другого назначения. Материалы исследования по проблеме компоновке кабин МСХМ средствами нормализации микроклимата в теплый период года могут быть использованы в учебном процессе.

Список литературы

1. Mr Dragan Ružić, Dr Ferenc Časnji. Agricultural tractor cab characteristics relevant for microclimatic conditions // *Journal of Applied Engineering Science*. 2011. № 9. С. 323–330.
2. Аверьянов Ю. И., Смирнов Д. В. Анализ способов и средств обеспечения термокомфортности оператора мобильной сельскохозяйственной машины в теплый период года // *Материалы ЛП междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству»*. Челябинск : ЧГАА, 2013. Ч. VI. С. 95–101.
3. Михайлов В. А., Шарипова Н. Н. Инновация в конструкции хладонового кондиционера воздуха в тракторной кабине // *Тракторы и сельхозмашины*. 2009. № 4. С. 56–60.

4. Михайлов В. А., Шарипова Н. Н. Инновация в конструкции водоиспарительных охладителей воздуха в тракторных кабинах // *Тракторы и сельхозмашины*. 2010. № 4. С. 8–12.
5. Пат. 2504485 РФ, МКП7 В60Н1/32, F25B5/00. Кондиционер транспортного средства / В. М. Гуреев, А. М. Ермаков, Э. Ю. Курчатова ; заявитель и патентообладатель Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ. № 2012110641/11 ; заявл. 20.03.2012 ; опубл. 27.09.2013.
6. Проспект фирмы ООО «Евролаб»: Многоканальная система контроля микроклимата АСКМ–128/1, 2004 г.
7. Тракторы. Проектирование, конструирование и расчет / И. П. Ксенович [и др.] ; под общ. ред. И. П. Ксеновича. М. : Машиностроение, 1991. 544 с.
8. Михайлов В. А., Шарипова Н. Н. Средства нормализации микроклимата и оздоровления воздушной среды в кабинах тракторов : учеб. пособие / под общ. ред. В. М. Шарипова. М. : МГТУ «МАМИ», 2002. 90 с.
9. Кокорин О. Я. Установки кондиционирования воздуха. М. : Машиностроение, 1978. 246 с.
10. Бахинди Л. Тепловой микроклимат помещений: расчет комфортных параметров по теплоощущениям человека. М. : Стройиздат, 1981. 248 с.
11. Аверьянов Ю. И. Улучшение условий труда операторов мобильных сельскохозяйственных машин применением локального терморегулирующего устройства : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск : ЧГАУ, 2000. 197 с.
12. Fanger P. O. *Thermal comfort*, New York: McGraw-Hill, 1970. 356 p.
13. Parsons K. (2003). *Human thermal environments: The effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance*, 2nd ed. Taylor & Francis, London. 538 p.
14. Мачкаши А., Банхиди Л., Лучистое отопление / пер. с венг. В. М. Беляева ; под ред. В. Н. Богословского. М. : Стройиздат, 1985. 464 с.
15. Аверьянов Ю. И., Смирнов Д. В. Теоретическое исследование теплового баланса унифицированной кабины трактора, оснащенной охлаждающей панелью // *Научное обозрение*. 2014. № 1. С. 51–55.
16. Андреев С. А., Борулько В. Г., Викторов А. И. Математическая модель температурного режима в кабине // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2003. № 1. С. 23–24.



17. Хохряков В. П. Вентиляция, отопление и обеспыливание воздуха в кабинах автомобилей. М. : Машиностроение, 1987. 150 с.
18. Михайлов В. А., Шарипова Н. Н. Вопросы экологичности и безопасности конструкции в дипломных проектах : учеб. пособие / под общ. ред. В. М. Шарипова. М. : МГТУ «МАМИ», 2002. 58 с.
19. ГОСТ ССБТ 12.2.019.76. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности. М. : Изд-во стандартов, 1984. 20 с.
20. МУК 4.3.2755-10. Методические указания. Методы контроля. Физические факторы. Интегральная оценка нагревающего микроклимата.
21. ГОСТ 16527-80. Машины сельскохозяйственный самоходные. Рабочее место оператора. М.: Издательство стандартов, 1987. 10 с.
22. ГОСТ 12.2.120-89. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М. : Стандартиформ, 2006. 9 с.
23. ГОСТ ИСО 14269-2-2003. Тракторы и самоходные машины для сельскохозяйственных работ и лесоводства. Окружающая среда рабочего места оператора. Метод испытаний и характеристики систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.
24. Пат. 2537075 РФ, МКП⁷ В60Н1/02. Устройство для нормализации микроклимата салона транспортного средства / Ю. И. Аверьянов, А. Г. Попова, Д. В. Смирнов, В. А. Кельдышев ; заявитель и патентообладатель Челябинская гос. агроинженерная академия. № 2013129607/11 ; заявл. 27.06.2013 ; опубл. 27.12.2014.
25. Пат. 148238 РФ, МКП⁷ F24H 3/06, F28D 1/02, F28F 1/22. Панель лучисто-конвективного теплообмена / Ю. И. Аверьянов, А. Г. Попова, Д. В. Смирнов ; заявитель и патентообладатель Челябинская гос. агроинженерная академия. № 2014131805 ; заявл. 31.07.2014 ; опубл. 27.11.2014.

Аверьянов Юрий Иванович, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ).

E-mail: awer541710@mail.ru.

Смирнов Дмитрий Васильевич, сотрудник кафедры безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: dima_istorik@mail.ru.

* * *

ОБОСНОВАНИЕ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАСЫПАНИЯ ВОДИТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ-55102

А. В. Богданов, С. Ю. Попова, А. П. Лакомов, Ю. А. Попов

В статье рассматривается вопрос повышения курсовой устойчивости мобильной колесной машины (автомобиля) за счет предотвращения засыпания водителя за рулем. При засыпании реакция человека на окружающую среду снижается. У водителя транспортного средства это проявляется в снижении количества подруливаний, которые он должен осуществлять в зависимости от дорожной обстановки. Так как засыпание водителя ведет к уменьшению числа подруливаний, то число подруливаний в единицу времени может служить критерием оценки состояния оператора колесной машины. Также необходимо разделять углы поворота рулевого колеса, вызванные внешними факторами (не зависящими от оператора колесной машины), и углы поворота рулевого колеса, когда выполняются подруливания водителем транспортного средства. На основе проведенных экспериментальных исследований с автомобилем КАМАЗ 55102 определена величина предельного угла поворота рулевого колеса ($\alpha_{\text{вн}} = 4,6^\circ$), свыше которой угол поворота рулевого колеса рассматривается как подруливание оператором колесной машины. Приведены результаты экспериментальных исследований по определению минимально допускаемого количества подруливаний бодрствующего оператора в единицу времени, которое составило 0,5 подруливаний за одну секунду. Эти величины необходимы для разработки устройства предотвращения засыпания водителя за рулем автомобиля (предложена система, обосновывающая работу устройства предотвращения засыпания). В целом проведенные исследования направлены на снижение числа дорожно-транспортных происшествий и повышение эффективности использования колесных машин (автомобилей) при перевозке грузов в сельском хозяйстве и других отраслях.

Ключевые слова: курсовая устойчивость, дорожно-транспортные происшествия, предотвращение засыпания водителя, сонливость, колесная мобильная машина.

В агропромышленном комплексе большое значение имеет своевременная доставка сельскохозяйственной продукции до переработчиков и продавцов [1, 2, 3, 4]. Как правило, она осуществляется из сельской местности в города на довольно большие расстояния [5, 6]. Зачастую водителю (оператору) колесной машины приходится выезжать очень рано и в сонном состоянии ехать несколько часов до пункта назначения. Даже если недосыпать всего лишь 1 или 2 часа за ночь, то способность управлять автомобилем существенно ухудшается: замедляется быстрота реакции, появляются невнимательность и ошибки в вождении, нарушается

координация движений. Состояние долгой монотонной езды по трассе также может привести к потере концентрации водителем и его засыпанию [7, 8, 9, 10].

Одним из последствий засыпания за рулем, которое может привести к дорожно-транспортным происшествиям (ДТП), является нарушение курсовой устойчивости колесной машины [11]. Последнее может вызываться различными причинами: неровностью дороги, порывами ветра, износом рулевого управления, нарушением балансировки колес, неравномерностью истирания протекторов шин, различным давлением воздуха в них и др. [12, 13]. Поэтому водителю прихо-



дится постоянно осуществлять подруливания для обеспечения курсовой устойчивости колесной машины. Но уже в начальной стадии засыпания (состоянии дремоты) подруливания становятся реже или вообще прекращаются. В этой ситуации машину уже невозможно удержать на дороге. Поэтому нами был предложен способ улучшения курсовой устойчивости колесной машины, суть которого заключается в том, что наступление сонливости в первую очередь ведет к уменьшению числа подруливаний и, следовательно, к нарушению курсовой устойчивости.

Метод проведения исследований

В результате анализа существующих способов и устройств для предотвращения засыпания водителя за рулем [14, 15, 16] нами был предложен способ предотвращения засыпания водителя транспортного средства и устройство для его осуществления, а также получен патент на данное изобретение [17]. При этом математическая модель обеспечения курсовой устойчивости имеет следующий вид [18]:

$$\begin{cases} \text{если } n_{\text{подр}} \geq n_{\text{подр}}^{\text{доп}}, \text{ то } U_{\text{сигн}} = 0, \\ \text{если } n_{\text{подр}} < n_{\text{подр}}^{\text{доп}}, \text{ то } U_{\text{сигн}} \neq 0. \end{cases} \quad (1)$$

где $n_{\text{подр}}$ – количество подруливаний в единицу времени, подр./с;

$n_{\text{подр}}^{\text{доп}}$ – минимальное допустимое количество подруливаний бодрствующего оператора в единицу времени, подр./с;

$U_{\text{сигн}}$ – напряжение, подаваемое на сигнальное устройство, В.

Система (1) показывает, что во время бодрствования оператор осуществляет количество подруливаний, превышающее минимально допустимое значение. Это вызвано необходимостью обеспечения курсовой устойчивости колесной машины. При этом на сигнальное устройство для пробуждения оператора напряжение не подается. В случае замедления реакций организма при засыпании оператора количество подруливаний в единицу времени становится меньше минимально допустимого значения. В таком случае на сигнальное устройство подается напряжение, и в кабину оператора поступает сигнал, предотвращающий его засыпание. При этом оператор должен остановить машину и отдохнуть. В критических ситуациях, когда оператор не реагирует на подаваемые сигналы для его пробуждения, двигатель машины может быть заглушен [18].

Из системы (1) видно, что для работы сигнального устройства для пробуждения оператора необходимо знать величину $n_{\text{подр}}^{\text{доп}}$, так как снижение числа подруливаний относительно данной величины будет свидетельствовать о засыпании водителя за рулем. Поэтому нами были проведены экспериментальные исследования, целью которых являлось определение минимально допустимого количества подруливаний бодрствующего оператора в единицу времени.

В ходе экспериментальных исследований с автомобилем КАМАЗ 55102 были рассмотрены две ситуации, которые возникают при управлении транспортным средством на ровных асфальтированных дорогах (трассах).

Первая ситуация соответствует состоянию засыпания (дремоты), когда уменьшаются реакции организма на внешнюю среду и водитель перестает управлять транспортным средством. Для ее имитации при экспериментах оператор не осуществлял никаких подруливаний, а просто удерживал руль прямо. При этом влияние внешних факторов все равно приводило к незначительным вращениям руля в ту или иную сторону, определяя угол поворота руля от внешних воздействий $\alpha_{\text{вн}}$. Если считать, что воздействие оператора на рулевое колесо в этом случае практически сведено к нулю, как при засыпании оператора, то угол $\alpha_{\text{вн}}$ может служить пороговым значением, по которому можно определить, осуществлял ли оператор умышленное подруливание рулевого колеса или нет. Иными словами, если угол одного поворота рулевого колеса α ниже величины $\alpha_{\text{вн}}$ ($\alpha \leq \alpha_{\text{вн}}$), то будем считать, что поворот руля был вызван воздействием внешних факторов.

Вторая ситуация соответствует состоянию бодрствования, когда водитель активно участвует в управлении транспортным средством, осуществляя необходимые подруливания, как правило, с большим углом вращения, чем при поворотах руля, возникающих от внешних факторов. В связи с этим будем считать, что одно подруливание бодрствующего водителя – это одно угловое перемещение руля, при котором угол поворота рулевого колеса α выше величины $\alpha_{\text{вн}}$ ($\alpha > \alpha_{\text{вн}}$). Математически это можно выразить следующим образом:

$$\begin{cases} \text{если } \alpha \leq \alpha_{\text{вн}}, \text{ то } n_{\text{подр}}^1 = 0, \\ \text{если } \alpha > \alpha_{\text{вн}}, \text{ то } n_{\text{подр}}^1 = 1, \end{cases} \quad (2)$$

где $n_{\text{подр}}^1$ – одно подруливание, выполняемое водителем (оператором) колесной машины, подр.

При проведении экспериментальных исследований определялись углы поворота руля α , возникающие:

- от воздействия внешних факторов (неровности дороги, вибрации и др.) $\alpha_{\text{вн}}$, когда оператор не осуществляет подруливания (ситуация, близкая к состоянию засыпания (дремоты) оператора);
- от выполнения подруливаний непосредственно водителем мобильной колесной машины (состояние бодрствования оператора).

Результаты экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования проводились на грузовом автомобиле КАМАЗ 55102 (рис. 1). На руль диаметром $D = 0,50$ м была нанесена шкала с делениями, расстояние между которыми составляло $L = 0,01$ м. На приборной панели закреплялась видеокамера, соединенная с записывающим устройством.

Для исследований выбирались прямые участки асфальтированных дорог. При движении автомобиля по выбранному участку фиксировалось перемещение делений шкалы руля и текущее время при проведении эксперимента,

а затем определялись углы каждого поворота руля α , град. [19]:

$$\alpha = \frac{2L}{D} \cdot 57,296, \quad (3)$$

где L – расстояние между делениями шкалы, закреплённой на руле легкового автомобиля, м;

D – диаметр руля легкового автомобиля, м.

В случае, когда определялись углы каждого поворота руля от воздействия внешних факторов $\alpha_{\text{вн}}$, водитель при движении колесной машины удерживал руль прямо, не осуществляя подруливаний со своей стороны. При этом машина какое-то время шла прямо, затем ее траектория под действием внешних факторов постепенно начинала отклоняться от прямолинейного движения. Когда машина начинала съезжать с дороги, эксперимент прекращался.

Результаты серий экспериментов по определению углов поворота руля от воздействия внешних факторов $\alpha_{\text{вн}}$ сведены в таблицы 1...14. Как видно из таблиц, углы поворота руля от внешних факторов при одном перемещении руля не превышали $4,6^\circ$. Поэтому можно принять $\alpha_{\text{вн}} = 4,6^\circ$.



1 – шкала с делениями на руле автомобиля; 2 – видеокамера; 3 – записывающее устройство

Рис. 1. Кабина автомобиля, оборудованная для экспериментальных исследований по определению углов поворота руля



Таблица 1 – Определение углов поворота руля при воздействии внешних факторов (время эксперимента $t = 5$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.
1	0,5	1,146	3	0,25	0,573	5	0,5	1,146
2	0,5	1,146	4	0,5	1,146			

Таблица 2 – Определение углов поворота руля при воздействии внешних факторов (время эксперимента $t = 12$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.
1	0,5	1,146	4	0,5	1,146	7	0,25	0,573
2	0,5	1,146	5	0,5	1,146	8	0,25	0,573
3	0,5	1,146	6	0,5	1,146	9	0,5	1,146

Таблица 3 – Определение углов поворота руля при воздействии внешних факторов (время эксперимента $t = 6$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.
1	0,5	1,146	4	0,5	1,146	7	0,5	1,146
2	0,5	1,146	5	0,5	1,146	8	0,5	1,146
3	0,5	1,146	6	0,5	1,146			

Таблица 4 – Определение углов поворота руля при воздействии внешних факторов (время эксперимента $t = 9$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.
1	1	2,292	7	0,5	1,146	13	0,5	1,146
2	1	2,292	8	0,5	1,146	14	0,5	1,146
3	1	2,292	9	0,5	1,146	15	0,5	1,146
4	0,5	1,146	10	0,5	1,146	16	0,5	1,146
5	0,5	1,146	11	0,5	1,146			
6	0,5	1,146	12	0,5	1,146			

Таблица 5 – Определение углов поворота руля при воздействии внешних факторов (время эксперимента $t = 12$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.
1	0,5	1,146	10	0,5	1,146	19	0,5	1,146
2	0,5	1,146	11	0,5	1,146	20	0,5	1,146
3	0,5	1,146	12	0,5	1,146	21	0,5	1,146
4	0,5	1,146	13	0,5	1,146	22	0,5	1,146
5	0,5	1,146	14	0,5	1,146	23	0,5	1,146
6	0,5	1,146	15	0,5	1,146	24	0,5	1,146
7	0,5	1,146	16	0,5	1,146	25	1	2,292
8	0,5	1,146	17	0,5	1,146	26	0,5	1,146
9	0,5	1,146	18	0,5	1,146	27	0,5	1,146

Таблица 6 – Определение углов поворота руля при воздействии внешних факторов (время эксперимента $t = 7$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{\text{вн}}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{\text{вн}}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{\text{вн}}$, град.
1	0,5	1,146	7	1	2,292	13	0,5	1,146
2	0,5	1,146	8	0,5	1,146	14	0,5	1,146
3	0,5	1,146	9	0,5	1,146	15	1	2,292
4	0,5	1,146	10	0,5	1,146	16	0,5	1,146
5	0,5	1,146	11	0,5	1,146			
6	0,5	1,146	12	0,5	1,146			

Таблица 7 – Определение углов поворота руля при воздействии внешних факторов (время эксперимента $t = 11$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{\text{вн}}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{\text{вн}}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{\text{вн}}$, град.
1	1	2,292	19	1	2,292	37	0,5	1,146
2	0,5	1,146	20	0,5	1,146	38	2	4,584
3	0,5	1,146	21	0,75	1,719	39	2	4,584
4	1	2,292	22	0,75	1,719	40	2	4,584
5	0,5	1,146	23	0,5	1,146	41	1,5	3,438
6	0,5	1,146	24	0,25	0,573	42	0,5	1,146
7	0,5	1,146	25	0,25	0,573	43	0,5	1,146
8	0,5	1,146	26	0,5	1,146	44	0,25	0,573
9	0,75	1,719	27	0,5	1,146	45	0,5	1,146
10	0,25	0,573	28	0,25	0,573	46	0,75	1,719
11	0,25	0,573	29	0,25	0,573	47	1	2,292
12	0,75	1,719	30	0,5	1,146	48	1	2,292
13	0,25	0,573	31	1	2,292	49	1	2,292
14	1	2,292	32	0,5	1,146	50	0,5	1,146
15	0,25	0,573	33	0,5	1,146	51	0,25	0,573
16	0,5	1,146	34	0,5	1,146	52	0,25	0,573
17	0,75	1,719	35	0,5	1,146			
18	0,25	0,573	36	0,5	1,146			

Таблица 8 – Определение углов поворота руля при воздействии внешних факторов (время эксперимента $t = 11$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{\text{вн}}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{\text{вн}}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{\text{вн}}$, град.
1	0,5	1,146	18	0,25	0,573	35	1,25	2,865
2	0,5	1,146	19	0,25	0,573	36	0,5	1,146
3	0,5	1,146	20	0,5	1,146	37	1,5	3,438
4	0,5	1,146	21	0,25	0,573	38	1,5	3,438
5	0,5	1,146	22	0,25	0,573	39	1,5	3,438
6	0,5	1,146	23	0,5	1,146	40	1	2,292
7	0,25	0,573	24	1	2,292	41	2	4,584
8	0,25	0,573	25	0,75	1,719	42	1	2,292
9	1	2,292	26	0,25	0,573	43	0,5	1,146
10	0,5	1,146	27	0,25	0,573	44	0,5	1,146
11	0,5	1,146	28	0,25	0,573	45	0,5	1,146
12	1,5	3,438	29	0,25	0,573	46	0,5	1,146
13	1	2,292	30	0,75	1,719	47	0,25	0,573
14	0,5	1,146	31	0,25	0,573	48	0,5	1,146
15	0,5	1,146	32	0,5	1,146	49	0,25	0,573
16	0,5	1,146	33	0,75	1,719			
17	0,5	1,146	34	0,75	1,719			



Таблица 9 – Определение углов поворота руля при воздействии внешних факторов
(время эксперимента $t = 8$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.
1	0,5	1,146	12	0,25	0,573	23	0,25	0,573
2	0,75	0,573	13	0,25	0,573	24	0,25	0,573
3	0,25	0,573	14	0,5	1,146	25	0,25	0,573
4	0,25	0,573	15	0,5	1,146	26	0,5	1,146
5	0,25	0,573	16	0,5	1,146	27	0,5	1,146
6	0,25	0,573	17	0,5	1,146	28	0,5	1,146
7	0,25	0,573	18	0,5	1,146	29	0,5	1,146
8	0,25	0,573	19	0,25	0,573	30	0,5	1,146
9	0,25	0,573	20	0,25	0,573	31	0,25	0,573
10	0,5	1,146	21	0,5	1,146	32	0,25	0,573
11	0,25	0,573	22	0,25	0,573	33	0,25	0,573

Таблица 10 – Определение углов поворота руля при воздействии внешних факторов
(время эксперимента $t = 37$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.
1	0,25	0,573	34	0,5	1,146	67	0,25	0,573
2	0,25	0,573	35	0,25	0,573	68	0,25	0,573
3	0,25	0,573	36	0,25	0,573	69	0,25	0,573
4	0,25	0,573	37	0,5	1,146	70	0,25	0,573
5	0,25	0,573	38	0,25	0,573	71	0,5	1,146
6	0,25	0,573	39	0,25	0,573	72	0,25	0,573
7	0,75	0,573	40	0,25	0,573	73	0,25	0,573
8	0,75	0,573	41	0,25	0,573	74	0,5	1,146
9	0,25	0,573	42	0,25	0,573	75	0,5	1,146
10	0,25	0,573	43	0,25	0,573	76	0,5	1,146
11	0,25	0,573	44	0,25	0,573	77	0,25	0,573
12	0,25	0,573	45	0,25	0,573	78	0,25	0,573
13	0,5	1,146	46	0,25	0,573	79	0,25	0,573
14	0,5	1,146	47	0,5	1,146	80	0,25	0,573
15	0,25	0,573	48	0,5	1,146	81	0,5	1,146
16	0,25	0,573	49	1	2,292	82	0,5	1,146
17	0,25	0,573	50	1,25	2,865	83	0,5	1,146
18	0,25	0,573	51	0,25	0,573	84	0,5	1,146
19	0,25	0,573	52	0,5	1,146	85	0,5	1,146
20	0,25	0,573	53	0,25	0,573	86	0,5	1,146
21	0,25	0,573	54	0,25	0,573	87	0,5	1,146
22	0,25	0,573	55	0,25	0,573	88	0,5	1,146
23	0,25	0,573	56	0,75	0,573	89	0,25	0,573
24	0,25	0,573	57	0,5	1,146	90	0,25	0,573
25	0,25	0,573	58	0,25	0,573	91	0,5	1,146
26	0,25	0,573	59	0,25	0,573	92	0,5	1,146
27	0,25	0,573	60	0,25	0,573	93	0,5	1,146
28	0,25	0,573	61	0,25	0,573	94	0,25	0,573
29	0,25	0,573	62	0,25	0,573	95	0,25	0,573
30	0,25	0,573	63	0,25	0,573	96	0,25	0,573
31	0,5	1,146	64	0,25	0,573	97	0,5	1,146
32	0,25	0,573	65	0,5	1,146	98	0,5	1,146
33	0,25	0,573	66	0,75	0,573	99	0,25	0,573

Таблица 11 – Определение углов поворота руля при воздействии внешних факторов (время эксперимента $t = 13$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.
1	0,25	0,573	21	0,25	0,573	41	0,5	1,146
2	0,25	0,573	22	0,25	0,573	42	0,25	0,573
3	0,25	0,573	23	0,25	0,573	43	0,25	0,573
4	0,25	0,573	24	0,25	0,573	44	0,25	0,573
5	0,25	0,573	25	0,5	1,146	45	0,5	1,146
6	0,25	0,573	26	0,25	0,573	46	0,5	1,146
7	0,25	0,573	27	0,25	0,573	47	0,25	0,573
8	0,25	0,573	28	0,25	0,573	48	0,5	1,146
9	0,5	1,146	29	0,5	1,146	49	0,5	1,146
10	0,25	0,573	30	0,5	1,146	50	0,25	0,573
11	0,5	1,146	31	0,25	0,573	51	0,25	0,573
12	0,25	0,573	32	0,5	1,146	52	0,25	0,573
13	0,25	0,573	33	0,25	0,573	53	0,25	0,573
14	0,25	0,573	34	1	2,292	54	0,25	0,573
15	0,25	0,573	35	0,25	0,573	55	0,5	1,146
16	0,25	0,573	36	0,25	0,573	56	0,25	0,573
17	0,25	0,573	37	0,25	0,573	57	0,25	0,573
18	0,5	1,146	38	0,25	0,573	58	0,5	1,146
19	0,5	1,146	39	0,25	0,573	59	0,25	0,573
20	0,25	0,573	40	0,25	0,573	60		

Таблица 12 – Определение углов поворота руля при воздействии внешних факторов (время эксперимента $t = 9$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.
1	0,25	0,573	9	0,25	0,573	17	0,25	0,573
2	0,25	0,573	10	0,5	1,146	18	0,25	0,573
3	0,5	1,146	11	0,5	1,146	19	0,25	0,573
4	0,25	0,573	12	0,25	0,573	20	0,5	1,146
5	0,5	1,146	13	0,5	1,146	21	0,75	1,719
6	0,25	0,573	14	0,25	0,573	22	0,25	0,573
7	0,25	0,573	15	0,25	0,573			
8	0,25	0,573	16	0,25	0,573			

Таблица 13 – Определение углов поворота руля при воздействии внешних факторов (время эксперимента $t = 5$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{вн}$, град.
1	0,25	0,573	4	0,25	0,573	7	0,25	0,573
2	0,25	0,573	5	0,25	0,573			
3	0,25	0,573	6	0,25	0,573			



При определении углов поворота руля от выполнения подруливаний непосредственно водителем колесная машина также двигалась по прямому участку дороги. Водитель, как обычно в условиях движения, выполнял подруливания, удерживая машину на дороге. Когда прямой участок дороги заканчивался, эксперимент прекращался.

Результаты каждой серии экспериментальных исследований (таблицы 15...21) показали,

что повороты руля могут быть как от внешних факторов, так и от подруливаний оператора при $\alpha > \alpha_{\text{вн}}$. Так как в данном случае $\alpha_{\text{вн}} = 4,6^\circ$, то одно угловое перемещение руля будет считаться подруливанием тогда, когда $\alpha > 4,6^\circ$. С учетом этого, выражение (2) примет вид

$$\begin{cases} \text{если } \alpha \leq 4,6^\circ, \text{ то } n_{\text{подр}}^1 = 0, \\ \text{если } \alpha > 4,6^\circ, \text{ то } n_{\text{подр}}^1 = 1. \end{cases} \quad (4)$$

Таблица 14 – Определение углов поворота руля при воздействии внешних факторов (время эксперимента $t = 11$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{\text{вн}}$, град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{\text{вн}}$, град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля $\alpha_{\text{вн}}$, град
1	0,75	1,719	9	0,25	0,573	17	0,25	0,573
2	0,75	1,719	10	0,25	0,573	18	0,25	0,573
3	0,5	1,146	11	0,25	0,573	19	0,25	0,573
4	0,25	0,573	12	0,25	0,573	20	0,5	1,146
5	0,25	0,573	13	0,25	0,573	21	0,5	1,146
6	0,25	0,573	14	0,25	0,573	22	0,25	0,573
7	0,25	0,573	15	0,25	0,573	23	0,25	0,573
8	0,25	0,573	16	0,25	0,573			

Таблица 15 – Определение углов поворота руля при выполнении подруливаний оператором (время эксперимента $t = 25$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град
1	1	2,292	10	6	13,752	19	3	6,876
2	0,5	1,146	11	1	2,292	20	0,5	1,146
3	12	27,504	12	3,5	8,022	21	0,5	1,146
4	8	18,336	13	0,5	1,146	22	3	6,876
5	1	2,292	14	0,5	1,146	23	1,5	3,438
6	0,5	1,146	15	1,5	3,438	24	5	11,460
7	6,5	14,898	16	2	4,584	25	7,5	17,190
8	9	20,628	17	0,5	1,146			
9	2	4,584	18	0,5	1,146			

Таблица 16 – Определение углов поворота руля при выполнении подруливаний оператором (время эксперимента $t = 88$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град
1	2	4,584	31	2	4,584	61	17	38,964
2	0,5	1,146	32	1	2,292	62	15	34,380
3	6	13,752	33	10	22,920	63	0,5	1,146
4	8,5	19,482	34	2	4,584	64	8	18,336
5	2	4,584	35	8	18,336	65	5,5	12,606
6	3	6,876	36	3,5	8,022	66	1	2,292
7	1	2,292	37	2,5	5,730	67	6,5	14,898
8	1	2,292	38	3,5	8,022	68	1,5	3,438
9	3	6,876	39	1,5	3,438	69	2	4,584

Окончание таблицы 16

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град
10	3	6,876	40	3,5	8,022	70	5	11,460
11	1	2,292	41	1	2,292	71	9	20,628
12	1	2,292	42	2	4,584	72	7	16,044
13	0,5	1,146	43	7	16,044	73	4,5	10,314
14	4	9,168	44	11	25,212	74	7	16,044
15	6,5	14,898	45	1,5	3,438	75	1	2,292
16	15	34,380	46	1	2,292	76	0,5	1,146
17	24	55,008	47	0,5	1,146	77	0,5	1,146
18	23	52,716	48	1,5	3,438	78	6	13,752
19	6	13,752	49	16	36,672	80	10	22,920
20	1,5	3,438	50	0,5	1,146	79	5	11,460
21	11	25,212	51	0,5	1,146	81	0,5	1,146
22	6	13,752	52	3	6,876	82	2	4,584
23	7	16,044	53	2	4,584	83	1	2,292
24	3,5	8,022	54	0,5	1,146	84	1	2,292
25	2	4,584	55	10	22,920	85	1	2,292
26	2	4,584	56	1	2,292	86	1	2,292
27	1	2,292	57	0,5	1,146	87	6,5	14,898
28	0,5	1,146	58	0,5	1,146	88	4,5	10,314
29	1	2,292	59	13	29,796			
30	2	4,584	60	1	2,292			

Таблица 17 – Определение углов поворота руля при выполнении подруливаний оператором (время эксперимента $t = 63$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град
1	0,5	1,146	28	10	22,920	55	7	16,044
2	1,5	3,438	29	34	77,928	56	5,5	12,606
3	5	11,460	30	4	9,168	57	1	2,292
4	2	4,584	31	8	18,336	58	0,5	1,146
5	1,5	3,438	32	34	77,928	59	2	4,584
6	6	13,752	33	26	59,592	60	1	2,292
7	1	2,292	34	8	18,336	61	20,5	46,986
8	8,5	19,482	35	7	16,044	62	0,5	1,146
9	3	6,876	36	19	43,548	63	18	41,256
10	1	2,292	37	2	4,584	64	1,5	3,438
11	8	18,336	38	6,5	14,898	65	7	16,044
12	18	41,256	39	19,5	44,694	66	1	2,292
13	4	9,168	40	7	16,044	67	3	6,876
14	13	29,796	41	11	25,212	68	6	13,752
15	1	2,292	42	4	9,168	69	7	16,044
16	0,5	1,146	43	8,5	19,482	70	2,5	5,730
17	4	9,168	44	1	2,292	71	0,5	1,146
18	5	11,460	45	3	6,876	72	4	9,168
19	2,5	5,730	46	5	11,460	73	5	11,460
20	0,5	1,146	47	9	20,628	74	0,5	1,146
21	1	2,292	48	0,5	1,146	75	0,5	1,146
22	1	2,292	49	1,5	3,438	76	1,5	3,438
23	1	2,292	50	4	9,168	77	2,5	5,730
24	24	55,008	51	6	13,752	78	0,5	1,146
25	2	4,584	52	7	16,044	79	9,5	21,774
26	2	4,584	53	10	22,920			
27	2	4,584	54	6,5	14,898			



Таблица 18 – Определение углов поворота руля при выполнении подруливаний оператором (время эксперимента $t = 61$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град
1	1	2,292	37	5	11,460	73	2	4,584
2	18	41,256	38	1	2,292	74	4	9,168
3	9	20,628	39	0,5	1,146	75	3	6,876
4	0,5	1,146	40	10,5	24,066	76	15	34,380
5	10	22,920	41	5	11,460	77	1	2,292
6	7,5	17,190	42	1	2,292	78	1,5	3,438
7	3	6,876	43	5	11,460	79	9	20,628
8	4	9,168	44	3	6,876	80	2	4,584
9	2	4,584	45	6	13,752	81	8	18,336
10	2	4,584	46	0,5	1,146	82	0,5	1,146
11	10	22,920	47	4	9,168	83	1	2,292
12	2	4,584	48	3,5	8,022	84	9	20,628
13	5	11,460	49	1	2,292	85	6	13,752
14	9	20,628	50	1	2,292	86	1,5	3,438
15	2	4,584	51	4	9,168	87	6,5	14,898
16	6	13,752	52	4,5	10,314	88	11	25,212
17	1	2,292	53	0,5	1,146	89	4	9,168
18	0,5	1,146	54	4,5	10,314	90	2	4,584
19	1	2,292	55	2	4,584	91	1,5	3,438
20	1	2,292	56	4	9,168	92	0,5	1,146
21	2	4,584	57	3	6,876	93	2	4,584
22	7	16,044	58	9	20,628	94	3	6,876
23	1	2,292	59	0,5	1,146	95	1	2,292
24	0,5	1,146	60	9,5	21,774	96	1	2,292
25	1	2,292	61	1	2,292	97	2,5	5,730
26	9	20,628	62	1	2,292	98	1,5	3,438
27	11	25,212	63	2	4,584	99	7	16,044
28	8	18,336	64	6	13,752	100	12	27,504
29	1	2,292	65	2,5	5,730	101	1	2,292
30	0,5	1,146	66	0,5	1,146	102	2	4,584
31	4	9,168	67	4	9,168	103	1,5	3,438
32	2	4,584	68	2,5	5,730	104	16	36,672
33	3	6,876	69	4	9,168	105	1	2,292
34	3	6,876	70	10	22,920	106	4,5	10,314
35	0,5	1,146	71	18	41,256			
36	2	4,584	72	1	2,292			

Таблица 19 – Определение углов поворота руля при выполнении подруливаний оператором (время эксперимента $t = 88$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град
1	8	18,336	72	0,5	1,146	143	1,5	3,438
2	0,5	1,146	73	1	2,292	144	0,5	1,146
3	2,5	5,730	74	0,5	1,146	145	0,5	1,146
4	3	6,876	75	3	6,876	146	2	4,584
5	3	6,876	76	1	2,292	147	1,5	3,438
6	2,5	5,730	77	0,5	1,146	148	2	4,584
7	18,5	42,402	78	1,5	3,438	149	1	2,292
8	0,5	1,146	79	1	2,292	150	0,5	1,146
9	1	2,292	80	1	2,292	151	1,5	3,438
10	1	2,292	81	3	6,876	152	1,5	3,438
11	7	16,044	82	0,5	1,146	153	10	22,920
12	0,5	1,146	83	0,5	1,146	154	1	2,292

Окончание таблицы 19

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град
13	7	16,044	84	1	2,292	155	1,5	3,438
14	6	13,752	85	1	2,292	156	1	2,292
15	1	2,292	86	5	11,460	157	5	11,460
16	3	6,876	87	1	2,292	158	0,5	1,146
17	1	2,292	88	2	4,584	159	1	2,292
18	1	2,292	89	2	4,584	160	1,5	3,438
19	1,5	3,438	90	3,5	8,022	161	0,5	1,146
20	0,5	1,146	91	1	2,292	162	2	4,584
21	4	9,168	92	1	2,292	163	1	2,292
22	2	4,584	93	5,5	12,606	164	1	2,292
23	3	6,876	94	6	13,752	165	3	6,876
24	9	20,628	95	4	9,168	166	1	2,292
25	0,5	1,146	96	1,5	3,438	167	0,5	1,146
26	22	50,424	97	1	2,292	168	0,5	1,146
27	4	9,168	98	3	6,876	169	2	4,584
28	6,5	14,898	99	1	2,292	170	0,5	1,146
29	2	4,584	100	1	2,292	171	0,5	1,146
30	2	4,584	101	0,5	1,146	172	0,5	1,146
31	0,5	1,146	102	0,5	1,146	173	1	2,292
32	1	2,292	103	2,5	5,730	174	5,5	12,606
33	0,5	1,146	104	0,5	1,146	175	0,5	1,146
34	1	2,292	105	3	6,876	176	1,5	3,438
35	9	20,628	106	0,5	1,146	177	3	6,876
36	4	9,168	107	0,5	1,146	178	11,5	25,212
37	1	2,292	108	0,5	1,146	179	0,5	1,146
38	23	52,716	109	2	4,584	180	0,5	1,146
39	0,5	1,146	110	3,5	8,022	181	4,5	10,314
40	1	2,292	111	0,5	1,146	182	8	18,336
41	9,5	21,774	112	1,5	3,438	183	2	4,584
42	2	4,584	113	2	4,584	184	2,5	5,730
43	2	4,584	114	2,5	5,730	185	3	6,876
44	0,5	1,146	115	1	2,292	186	5,5	12,606
45	1,5	3,438	116	1	2,292	187	7,5	17,190
46	2,5	5,730	117	1	2,292	188	2,5	5,730
47	1,5	3,438	118	1	2,292	189	5	11,460
48	2	4,584	119	2,5	5,730	190	3	6,876
49	1	2,292	120	0,5	1,146	191	7	16,044
50	0,5	1,146	121	1	2,292	192	4	9,168
51	0,5	1,146	122	2	4,584	193	6	13,752
52	3	6,876	123	1	2,292	194	6	13,752
53	1	2,292	124	0,5	1,146	195	19,5	44,694
54	1	2,292	125	0,5	1,146	196	4,5	10,314
55	0,5	1,146	126	3	6,876	197	15	34,980
56	1	2,292	127	0,5	1,146	198	1	2,292
57	1	2,292	128	1	2,292	199	1	2,292
58	0,5	1,146	129	1	2,292	200	13	29,796
59	0,5	1,146	130	2,5	5,730	201	4,5	10,314
60	0,5	1,146	131	1	2,292	202	24	55,008
61	5	11,460	132	2	4,584	203	6,5	14,898
62	1	2,292	133	1	2,292	204	0,5	1,146
63	1	2,292	134	0,5	1,146	205	0,5	1,146
64	1	2,292	135	0,5	1,146	206	1	2,292
65	0,5	1,146	136	0,5	1,146	207	3	6,876
66	0,5	1,146	137	3,5	8,022	208	4	9,168
67	0,5	1,146	138	1	2,292	209	3	6,876
68	6	13,752	139	1	2,292	210	2,5	5,730
69	4,5	10,314	140	0,5	1,146	211	0,5	1,146
70	2,5	5,730	141	0,5	1,146			
71	1,5	3,438	142	0,5	1,146			



Таким образом, устройство для предотвращения засыпания оператора должно учитывать количество подруливаний оператором (когда $\alpha > \alpha_{\text{вн}}$) в единицу времени. Если за определенный промежуток времени не наблюдается минимально допустимого количества подруливаний $n_{\text{подр}}^{\text{доп}}$ на угол $\alpha > \alpha_{\text{вн}}$, то устройство для

предотвращения засыпания будет считать, что человек начинает засыпать (дремать), и подаст сигнал для его пробуждения.

Минимальное допустимое количество подруливаний бодрствующего оператора в единицу времени $n_{\text{подр}}^{\text{доп}}$ определится из следующей зависимости:

Таблица 20 – Определение углов поворота руля при выполнении подруливаний оператором (время эксперимента $t = 28$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град
1	5	11,460	20	3	6,876	39	2,5	5,730
2	2	4,584	21	3	6,876	40	0,5	1,146
3	22	50,424	22	2	4,584	41	2	4,584
4	0,5	1,146	23	3	6,876	42	0,5	1,146
5	11,5	25,212	24	3	6,876	43	0,5	1,146
6	2	4,584	25	4	9,168	44	0,5	1,146
7	5	11,460	26	4	9,168	45	1,5	3,438
8	1,5	3,438	27	0,5	1,146	46	9	20,628
9	1,5	3,438	28	2,5	5,730	47	23	52,716
10	2,5	5,730	29	4	9,168	48	20,5	46,986
11	0,5	1,146	30	2,5	5,730	49	2	4,584
12	0,5	1,146	31	0,5	1,146	50	1	2,292
13	1	2,292	32	5	11,460	51	10,5	24,066
14	1	2,292	33	4	9,168	52	0,5	1,146
15	1,5	3,438	34	1	2,292	53	2	4,584
16	4	9,168	35	24	55,008	54	0,5	1,146
17	4	9,168	36	18	41,256	55	1,5	3,438
18	2	4,584	37	1	2,292	56	12	27,504
19	1	2,292	38	0,5	1,146	57		

Таблица 21 – Определение углов поворота руля при выполнении подруливаний оператором (время эксперимента $t = 31$ с)

№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град	№ п/п	Кол-во делений за один поворот руля	Угол одного поворота руля α , град
1	3	6,876	20	1	2,292	39	0,5	1,146
2	10	22,920	21	25,5	58,446	40	1,5	3,438
3	4	9,168	22	18	41,256	41	1	2,292
4	4	9,168	23	6	13,752	42	0,5	1,146
5	0,5	1,146	24	1,5	3,438	43	1,5	3,438
6	1,5	3,438	25	2	4,584	44	0,5	1,146
7	1	2,292	26	1,5	3,438	45	1,5	3,438
8	1	2,292	27	2	4,584	46	1,5	3,438
9	5	11,460	28	2,5	5,730	47	0,5	1,146
10	5	11,460	29	0,5	1,146	48	0,5	1,146
11	0,5	1,146	30	2	4,584	49	2,5	5,730
12	0,5	1,146	31	1	2,292	50	1	2,292
13	1	2,292	32	2	4,584	51	5	11,460
14	3,5	8,022	33	5	11,460	52	1	2,292
15	0,5	1,146	34	2	4,584	53	7	16,044
16	1,5	3,438	35	1	2,292	54	4	9,168
17	0,5	1,146	36	1	2,292	55	0,5	1,146
18	2	4,584	37	1,5	3,438	56	5,5	12,606
19	0,5	1,146	38	1,5	3,438	57	1	2,292

$$n_{\text{подр}}^{\text{доп}} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i^{\text{общ}}}{\sum_{i=1}^m t_i^{\text{общ}}}, \quad (5)$$

где $n_i^{\text{общ}}$ – общее количество подруливаний в i -й серии эксперимента, подр.;

$t_i^{\text{общ}}$ – общее время проведения i -й серии эксперимента, с.

Расчеты по формуле (5) на основе данных четырех серий экспериментов (таблицы 8...11) показали, что:

$$n_{\text{подр}}^{\text{доп}} = \frac{268}{497} = 0,5 \frac{\text{подр}}{\text{с}}.$$

Следовательно, в состоянии бодрствования водитель осуществлял около 5 подруливаний за 10 секунд. Поэтому найденную величину $n_{\text{подр}}^{\text{доп}} = 0,5$ подр./с можно принять в качестве минимально допустимого количества подруливаний бодрствующего оператора. Исходя из этого система (1) примет следующий вид:

$$\begin{cases} \text{если } n_{\text{подр}} \geq 0,5, \text{ то } U_{\text{сигн}} = 0, \\ \text{если } n_{\text{подр}} < 0,5, \text{ то } U_{\text{сигн}} = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Система (6) показывает, что устройство для предотвращения засыпания должно подавать сигнал для пробуждения водителя в том случае, когда количество подруливаний в единицу времени будет ниже величины 0,5 подр./с (или ниже 5 подруливаний за 10 секунд).

Выводы

Таким образом, проведенные эксперименты с грузовым автомобилем КАМАЗ 55102 на прямых участках асфальтированных дорог позволили определить величины $\alpha_{\text{вн}} = 4,6^\circ$ и $n_{\text{подр}}^{\text{доп}} = 0,5$ подр./с, которые необходимо знать для обоснования работы устройства для предотвращения засыпания оператора (водителя) колесной машины.

В целом проведенные исследования направлены на снижение дорожно-транспортных происшествий и повышение эффективности использования колесных машин (автомобилей) при перевозке грузов в сельском хозяйстве и других отраслях.

Список литературы

1. Перевозка сельскохозяйственной продукции. Режим доступа : http://www.tschart.ru/perevozka_gruzov/perevozka_selhozprodukcij/.

2. Безбедова Л. Г., Ключко В. И. Выбор критериев оценки эффективности и качества перевозок сельскохозяйственной продукции // Решение проблем развития предприятий: роль научных исследований : матер. II Междунар. науч.-практ. конф. Краснодар, 2012.

3. Особенности перевозки молока и молочных продуктов. Режим доступа : <http://optsz.ru/catalog/products/features-of-transport-of-milk-and-dairy-products.php>.

4. Особенности перевозки продуктов питания. Режим доступа : <http://www.autoportal.ru/articles/?inf=688>.

5. Перевозка сельскохозяйственных грузов. Режим доступа : http://tourprim.com/razdel/gruzoperevozki/58_perevozka_selsohozyajstvennyh_gruzov.html.

6. Сельскохозяйственная перевозка. Режим доступа : <http://krakertrailers.ru/index.php/primenenia/selhoz>.

7. Aldrich M. S. Automobile accidents in patients with sleep disorders // Sleep. 1989. V. 12. P. 487–494.

8. Как справиться с монотонностью движения. Режим доступа : <http://serota.ru/kak-spravitsya-s-monotonnostyu-dvizheniya/>.

9. Гусева Н. Л. Анализ психофизиологических показателей функционального состояния человека-оператора в условиях монотонной деятельности : автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2005. 137 с.

10. Keshava Murthy G. N., Ahmed Khan Z. Different techniques to quantify the driver alertness // World Applied Sciences Journal. 2013. T. 22. № 8. С. 1094–1098.

11. Информация о наездах на пешеходов в Российской Федерации за 2010–2014 года. Режим доступа : https://www.gibdd.ru/stat/files/ped_2010-2014.pdf.

12. Определение рациональных давлений воздуха в шинах колесных машин (тракторов) при выполнении транспортных работ / Ю. Г. Горшков, А. В. Богданов, Ю. Б. Четыркин, Е. А. Лещенко // Вестник ЧГАУ. 2013. № 61. С. 26–30.

13. Анализ буксования автомобиля ЗИЛ-4331 / Ю. Г. Горшков [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. № 4. С. 27–30.

14. Пат. 2214931 РФ МПК⁷ В60К 28/06. Устройство для контроля за состоянием бодрствования водителя транспортного средства / В. В. Плетнев ; заявитель и патентообладатель В. В. Плетнев. № 2001118939 ; заявл. 27.06.2003 ; опубл. 27.10.2003.



15. Пат. 2390434 РФ МПК⁷ В60К 28/02. Способ предотвращения засыпания водителя транспортного средства и устройство для его осуществления / В. В. Ефанов ; заявитель и патентообладатель В. В. Ефанов. № 2009123748 ; заявл. 22.06.2009 ; опубл. 27.05.2010, Бюл. № 15.

16. Пат. 2478488 РФ МПК⁷ В60К 28/06, В60Т 7/14. Устройство контроля функционального состояния водителя автомобиля / В. А. Небольсин ; заявитель и патентообладатель В. А. Небольсин. № 2011119137 ; заявл. 20.11.2012 ; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 10.

17. Пат. 2511186 РФ МПК⁷ В60К 28/02, 28/06. Способ предотвращения засыпания во-

дителя транспортного средства и устройство для его осуществления / А. В. Богданов, С. Ю. Попова ; заявитель и патентообладатель Челябинская гос. агроинженерная академия. № 2012148343 ; заявл. 13.11.2012 ; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 10.

18. Богданов А. В., Попова С. Ю. Улучшение курсовой устойчивости как фактор повышения эффективности использования колесных мобильных машин и снижения дорожно-транспортных происшествий // Агропродовольственная политика России. 2015. № 1. С. 19–22.

19. Безрукова Г. К., Литвиненко В. Н. Геометрия. Справочные материалы. 2008.

Богданов Андрей Владимирович, д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: bav-64@mail.ru.

Попова Светлана Юрьевна, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: vetochka.79@mail.ru.

Лакомов Андрей Павлович, начальник гаража, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: mail@csaa.ru.

Попов Юрий Алексеевич, учебный мастер кафедры «Технология металлов, машиностроения и метрологии», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: iuriy@yandex.ru.

* * *

УДК 621.431.3

К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

В. А. Борисенко, С. А. Барышников

Выполнен анализ причин снижения показателей эффективности работы двигателя. Отмечено, что изменение состояния системы ГРМ носит латентный характер, а износ рабочих поверхностей деталей кинематической цепи приводит к запаздыванию начала открытия клапанов впускных и выпускных, к нарушению оптимальных условий вентиляции цилиндра, к увеличению вероятности «заброса» отработавших газов в смежный цилиндр при работе на режимах, близких к номинальному. На предприятиях ремонтной базы АПК отсутствует регламент оценки состояния фаз ГРМ после ремонта двигателя, а технология дефектации кулачкового вала не предусматривает контроля изменения профиля набегающей части рабочей поверхности кулачка. Установлено, что износ рабочей поверхности кулачка, соответствующей началу подъема клапана, вносит наибольший вклад в изменение углового положения коленчатого вала относительно момента начала подъема клапана.

Ключевые слова: газораспределительный механизм, износ, контроль фаз газораспределения, изменение профиля кулачка, изменение углового положения вала, технология дефектации кулачкового вала.

Износ рабочих поверхностей звеньев кинематической цепи газораспределительного механизма (ГРМ) приводит к уменьшению угла опережения начала открытия клапана относительно положения коленчатого вала, соответствующего верхней мертвой точке поршня (ВМТ). Двигатели внутреннего сгорания, фазы распределения которых имеют существенные отклонения от установленных в конструкторской документации значений вследствие износа деталей ГРМ, характеризуются существенным снижением экологических и технико-экономических показателей. Запаздывание начала открытия впускного клапана на 7 градусов

(по углу поворота коленчатого вала) снижает эффективный крутящий момент двигателя на 10%, а запаздывание на 30 градусов дает снижение крутящего момента на 40% [1].

В двигателях сельскохозяйственных машин Российского производства (тракторы, комбайны, автомобили) отсутствуют устройства коррекции фаз газораспределения, а при обслуживании и ремонте (здесь и далее понимается капитальный ремонт) двигателей, как правило, не выполняется контроль углов фаз газораспределения на предмет их соответствия требованиям конструкторской документации [3, 5, 6].



В технической литературе, относящейся к диагностированию и ремонту ДВС, крайне мало сведений о «долевом вкладе» отдельных систем и механизмов в снижение эффективности работы ДВС (мощность, удельный расход топлива и др.). Если нарушения работы, например, системы зажигания или подачи топлива носят явно выраженный характер и обладают характерными признаками, то изменение состояния системы газораспределения (ГРМ) носит скрытый (латентный) характер, и степень проявления зависит от режима работы ДВС.

Износ рабочих поверхностей каждого звена кинематической цепи «коленчатый вал – клапан» приводит к смещению в сторону запаздывания ведомого звена (клапана) относительно ведущего (коленчатого вала).

Наиболее вероятной причиной снижения показателей эффективности работы двигателя является уменьшение количества поступившего в цилиндры свежего заряда на такте впуска вследствие увеличения доли остаточных газов. Данное обстоятельство обусловлено не только отклонением от оптимального режима вентиляции цилиндра вследствие нарушения фаз газораспределения, но и возможностью «заброса» отработавших газов из смежного цилиндра в начале такта впуска. Вероятность «заброса» увеличивается, если фронт давления свободного выпуска отработавших газов (0,3...0,4 МПа), перемещаясь по выпускному тракту, достигает смежного цилиндра в момент, когда оба его клапана открыты (фаза перекрытия).

Время движения фронта давления выпускных газов между смежными цилиндрами приближенно можно определить, как

$$t_{\phi} = \frac{2l + l_i}{V_{\phi}}, \quad (1)$$

где l – расстояние от оси выпускного клапана до оси выпускного коллектора;

l_i – расстояние между выпускными клапанами смежных цилиндров по оси выпускного коллектора;

V_{ϕ} – скорость движения фронта давления; для расчета можно принять равной скорости звука в воздухе.

Значение величины t_{ϕ} можно принять постоянным для каждого типа двигателя. Чтобы оценить влияние t_{ϕ} на возможную вероятность «заброса» отработавших газов, необходимо выразить его через угол поворота коленчатого вала.

Угол поворота коленчатого вала ϕ_{ϕ} (в градусах) за время t_{ϕ} составит:

$$\phi_{\phi} = 6nt_{\phi} \text{ (градусов)}, \quad (2)$$

где n – частота вращения коленчатого вала, об/с.

Например, если путь движения фронта давления выпускных газов составит 0,3 и 0,8 метра, то при скорости вращения коленчатого вала 3000 об/мин угол поворота его за время t_{ϕ} составит соответственно 18° и 48°; следовательно, при заданном скоростном режиме, для уменьшения вероятности заброса выхлопных газов в цилиндр на начальном этапе впуска у двигателей с коротким выпускным трактом (большинство отечественных тихоходных двигателей) необходимо организовать свободный выпуск газов из цилиндра так, чтобы фронт давления свободного выпуска достигал смежного, опережающего на такт 180° цилиндра до начала такта впуска (до начала фазы перекрытия клапанов) или необходимо удлинить выпускной тракт так, чтобы угол поворота коленчатого вала за это время превысил существенно величину угла перекрытия фаз.

Для повышения эффективности работы современных двигателей и для компенсации влияния износа деталей ГРМ отечественные и иностранные производители ДВС вводят в конструкцию двигателя различные системы коррекции фаз газораспределения (например, электронное управление гидромеханическими устройствами) [2, 4].

В конструкциях двигателей отечественного производства, используемых в АПК, такие устройства отсутствуют, да и сам контроль состояния углов фаз газораспределения на соответствие их требованиям конструкторской документации при ресурсном диагностировании и при капитальном ремонте, как правило, не проводится.

Можно полагать, что такое небрежное отношение к оценке состояния ГРМ со стороны производителей вызвано тем, что:

- в технической документации на капитальный ремонт двигателей отсутствует регламент оценки состояния фаз ГРМ [5, 6];
- на ремонтных предприятиях отсутствует оборудование и технология оперативного контроля состояния фаз газораспределения;
- технология дефектации распредвала (кулачкового вала) не предусматривает оценку изменения профиля набегающей части рабочей поверхности кулачка.

Существующая на ремонтных предприятиях АПК техническая документация на ремонт дизельных и карбюраторных двигателей

содержит некорректную, на наш взгляд, технологию оценки состояния кулачка распределительного вала: контроль износа кулачков определяется измерением их высоты и не учитывает изменение профиля кулачка, соответствующего начальному этапу подъема клапана. На начальном этапе подъема клапана сила давления F в зоне контакта «кулачок – толкатель» достигает наибольших значений:

$$F = F_{\Pi} + F_{Г} + F_{Н}, \quad (3)$$

где F_{Π} – усилие клапанных пружин в рабочем состоянии;

$F_{Г}$ – усилие от давления газов в цилиндре (в момент открытия клапана давление газов составляет около $(0,3 \dots 0,4)$ МПа);

$F_{Н}$ – сила инерции движущих частей, приведенная к толкателю.

Если принять, что износ в точке контакта «кулачок – толкатель» коррелирует с усилием в контакте, то можно ожидать, что интенсив-

ность изнашивания кулачка в окрестности точки, соответствующей началу подъема клапана, будет выше, чем на вершине кулачка. Расчеты на примере двигателя СМД-62 показывают, что усилие в контакте «кулачок – толкатель» в начале движения клапана составляет примерно 800 Н, а на вершине кулачка оно составляет 430...450 Н [3].

Линейные значения износа каждого сопряжения кинематической цепи следует преобразовать в угловые и привести к углу поворота коленчатого вала с тем, чтобы измеренные значения можно было бы сопоставить с параметрами, указанными в конструкторской документации.

Рассмотрим изменение углового положения кулачкового вала при износе набегающей части профиля кулачка (рис. 1) в окрестности точки A начала движения толкателя.

Если принять в окрестности точки A участок кривой AB (рис. 1 б) прямолинейным с углом подъема δ (рис. 1 в), то при износе поверхности кулачка на величину Δd смещение

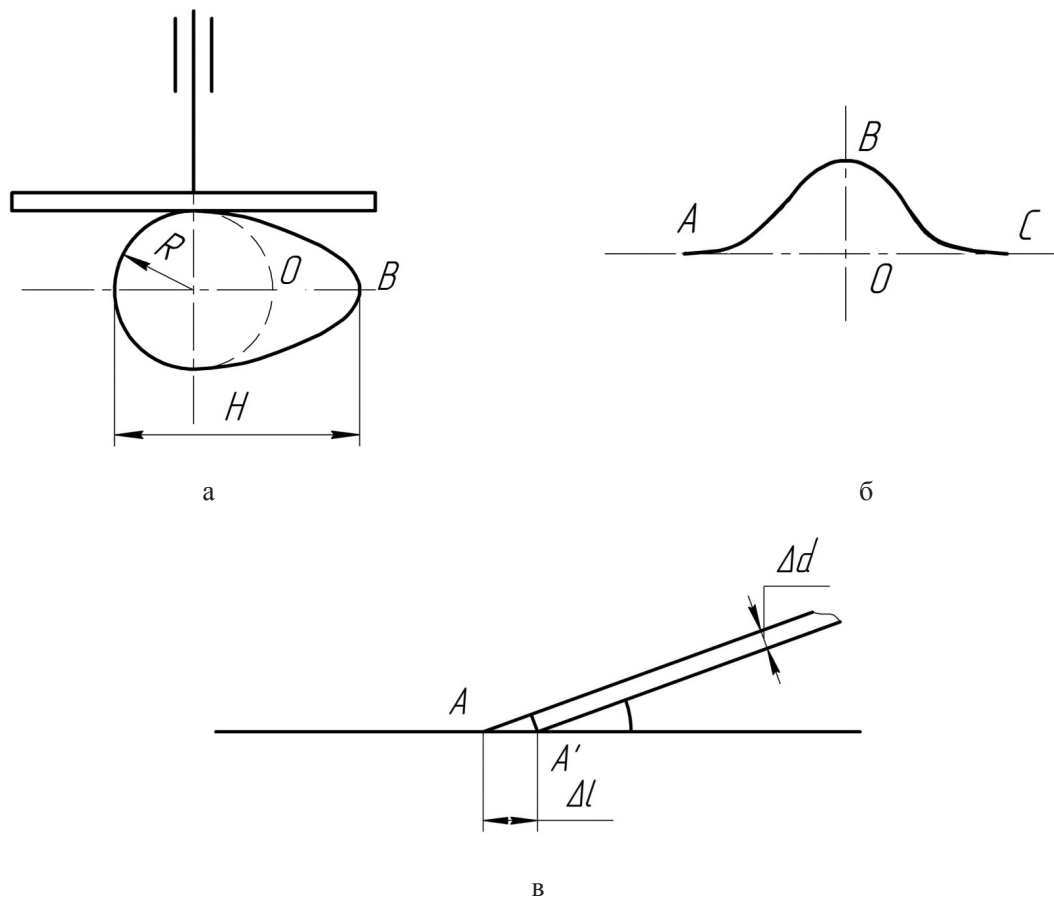


Рис. 1. Изменение углового положения кулачкового вала при износе набегающей части профиля кулачка в окрестности точки A начала движения толкателя: а – схема кулачка с плоским толкателем; б – развертка пути движения толкателя: при повороте кулачка на угол φ на участке AO – подъем, OC – опускание, OB – высота подъема толкателя ($OB = H - 2R$); в – изменение положения Δl точки начала подъема толкателя ($A - A'$) при износе кулачка в окрестности точки A на величину угла Δd



точки начала подъема толкателя $\Delta l = \Delta d / \sin \delta$, а соответствующее изменение угла поворота кулачкового вала составит

$$\Delta \varphi = \frac{\Delta l}{R} = \frac{\Delta d}{R \sin \delta}, \text{ (радиан)}, \quad (4)$$

где R – мгновенное значение величины радиуса вектора вращения площадки контакта «кулачок – толкатель»;

Δl – смещение точки начала движения толкателя;

Δd – толщина изношенного слоя на набегающей части кулачка, мм;

δ – угол между касательной к поверхности кулачка в точке контакта и линией скорости мгновенного значения радиуса вектора вращения кулачка, $0 < \alpha \leq 90$.

Для приведения к коленчатому валу значения угла $\Delta \varphi$ выражение (4) и для измерения его в градусах выражение (5) можно представить в виде

$$\Delta \varphi_{\text{кв}} = 57,3 \cdot \frac{\Delta d}{R \sin \delta} \cdot 2 = 114,6 \frac{\Delta d}{R \sin \delta}, \text{ градусов.} \quad (5)$$

Здесь 57,3 – коэффициент перевода единицы измерения от радиана в градус;

2 – соотношение угловых скоростей распределительного и коленчатого валов.

Оценка смещения изменения угла поворота кулачкового вала $\Delta \varphi$ по приведенным зависимостям при износе сопряжений кинематической цепи на величину 0,1 мм (кулачок, шестерня, подшипники, осевое смещение вала) составляет 7° , а вклад пары кулачок-толкатель превышает 60%.

Выводы

1. Величина изменения угла положения коленчатого вала вследствие изнашивания контактирующих пар в цепи «коленчатый вал – кла-

пан» обратно пропорциональна радиусу вращения и углу наклона площадки трения к вектору скорости радиуса вращения.

2. Указанную зависимость (5) можно использовать для выявления «вклада» каждого сопряжения кинематической цепи ГРМ в изменение угла положения коленчатого вала.

3. Технологию дефектации кулачкового вала рекомендуется изменить, приняв в качестве критерия выбраковки угловое смещение начала движения толкателя от исходного положения, заданного конструкторской документацией.

Список литературы

1. Федоров А. Л. Метод диагностирования привода газораспределительного механизма автомобильных ДВС по параметрам изменения давления во впускном коллекторе : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Иркутск, 2011. 17 с.

2. Степанов В. Н. Тюнинг автомобильных двигателей. СПб., 2000.

3. Борисенко В. А., Барышников С. А. Влияние износа профиля кулачка распределительного вала ДВС на изменение фаз газораспределения // Материалы XV Междунар. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. докт. техн. наук, проф. П. Г. Свечникова. Челябинск : ЧГАА, 2015. Ч. III.

4. Пат. № 2390637 Рос. Федерация RU 2390637. Устройство регулирования фаз газораспределения. № 2008126943/06 ; заявл. 24.10.2006 ; опубл. 10.01.2010, Бюл. № 15.

5. ТК 10-05.0001.015-87. Дизель А-41. Технические требования на капитальный ремонт.

6. ТК 10-05.0001.027-87. Дизели ЯМЗ-238НБ. Технические требования на капитальный ремонт.

Борисенко Василий Андреевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология и организация технического сервиса», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: 2Serg_b@mail.ru.

Барышников Сергей Александрович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология и организация технического сервиса», декан факультета ТС в АПК, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: 2Serg_b@mail.ru.

* * *

УДК 629.33.027.514

КОНСТРУКЦИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ШИНЫ С ВЫДВИЖНЫМИ ГРУНТОЗАЦЕПАМИ

Ю. Г. Горшков, А. А. Калугин

Инженерно-технические способы повышения тягово-сцепных качеств колесных машин применяются с целью повышения сцепных качеств шин на скользких дорогах. Анализ состояния вопроса по исследуемой тематике выявил, что наиболее распространенными средствами повышения сцепных качеств машин являются шины с шипами противоскольжения различных конструкций, а также различные конструкции траков, цепей и колодок противоскольжения. Общим основным их недостатком является отсутствие универсальности. Конструкции используемых шин также различны; условия эксплуатации машин различаются. Это приводит к тому, что комплект средств для повышения тягово-сцепных качеств на каждую серийную машину подбирается практически индивидуально. На основании этого авторами статьи поставлена цель обосновать и разработать конструкцию универсальной пневматической шины, оборудованной «выдвижными» грунтозацепами. Грунтозацепы должны «выдвигаться» из шины при движении по скользким несущим поверхностям, а также при преодолении участка несущей поверхности с малой несущей способностью. В остальное время работа шины не будет отличаться от работы стандартной шины при движении по поверхности с высокой несущей способностью. Это дает возможность универсализации работы предлагаемой шины на скользких и сухих поверхностях. В статье приведена схема предлагаемой конструкции шины, кратко обоснованы основные ее конструктивные параметры и режимы работы.

Ключевые слова: пневматическая шина, проходимость, деформация шины, силовой расчет.

Актуальность темы

Технические средства противоскольжения на колесных машинах применяются с целью повышения сцепных качеств шин на скользких дорогах (гололед, жидкая грязь, укатанный снег, иней после заморозков и др.). Среди наиболее распространенных средств повышения сцепных качеств машин используются шины с шипами противоскольжения различных конструкций (круглый, овальный, четырехгранный, шип-бриллиант и др.) [3, 5, 6]. Несмотря на то, что многолетними исследованиями установлено [5, 10], что буксование транспортных средств, шины которых оборудованы шипами против-

скольжения по сравнению с машинами, не оборудованными шипами противоскольжения, снижалось с 12 до 25 %, применение последних имеет ряд недостатков. Среди них можно отметить следующие: вылетающие из беговой дорожки шипы могут травмировать окружающих; за 1...2 сезона работы колесной машины на скользких участках дорог до 46 % шипов вылетает из беговой дорожки [5]; колесная машина, оборудованная шинами с шипами противоскольжения, требует два комплекта резины (без шипов и с ними), что удорожает ее эксплуатацию.

Помимо шипов противоскольжения, для улучшения тягово-сцепных качеств транспорт-

ных средств на скользких несущих поверхностях применяют различные конструкции траков, цепей, колодок противоскольжения. Однако применение траков и цепей противоскольжения при эксплуатации машин разрушает поверхность дороги, а масса конструкций различных траков может достигать 170 кг, что значительно снижает оперативность их монтажа в сложных дорожных условиях [2, 4].

Цель исследований

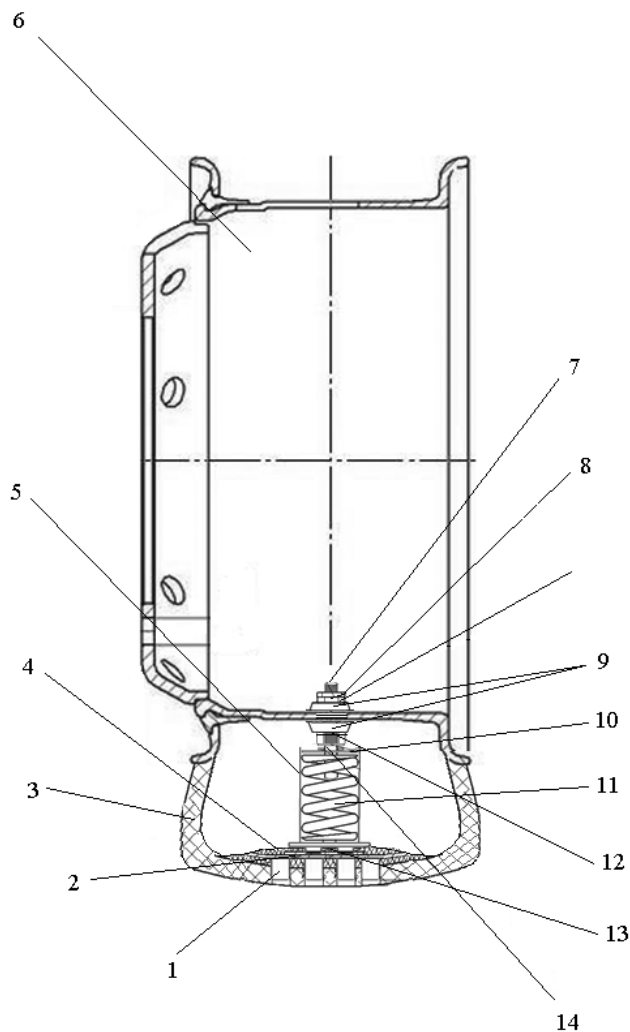
С учетом вышеизложенного авторами статьи предлагается конструкция шины с грунтозацепами, которые могут быть «выдвинуты» для контакта с несущей поверхностью, имеющей низкие сцепные качества, или «спрятаны» в беговую дорожку без необходимости. В этом случае работа шины не будет отличаться от работы стандартной шины при движении по поверхности с высокой несущей способностью. Это дает возможность универсализации работы предлагаемой шины на скользких и сухих поверхностях. На рисунке 1 представлена общая принципиальная схема предлагаемой конструкции шины, оборудованной выдвижными грунтозацепами (рис. 1). При изготовлении предлагаемой шины в резину подушечного слоя (брекера) заливается специальная металлическая пластина с установленными в ней грунтозацепами (рис. 1).

Предварительно в резине беговой дорожки (протектора) по количеству грунтозацепов просекаются отверстия по объему грунтозацепа. При заливке пластины резиной шипы вводятся в подготовленные отверстия беговой дорожки. Верхняя контактирующая поверхность грунтозацепа не должна выходить за пределы беговой дорожки (протектора) примерно на 4...5 мм, что обеспечит обычное качение шины по твердой опорной поверхности. Перед началом движения машины по скользкой опорной поверхности грунтозацепы «выдвигаются» с помощью регулировочного штока из отверстий протектора на 4...5 мм, обеспечивая контакт с дорогой и увеличивая сцепление шины и ее проходимость. Количество крепящихся к диску колеса механизмов выдвижения грунтозацепов может быть различным в зависимости от предполагаемых условий эксплуатации создаваемого комплекта шин.

Материалы и методы

Основным параметром предлагаемой конструкции шины следует считать выбор пружи-

ны механизма регулирования (рис. 1, позиция 11), расположенной в стакане устройства. Выбор ее необходимо производить с учетом максимальных ударных (динамических) нагрузок, возникающих, в основном, при наезде или ударе колеса о неподвижное препятствие [9, 10]. Известно, что динамические (ударные) нагрузки при качении колеса по несущей поверхности



- 1 – грунтозацеп; 2 – металлическая пластина;
- 3 – протектор (беговая дорожка) шины;
- 4 – подушечный слой (брекер); 5 – стакан пружины;
- 6 – диск колеса; 7 – шайба; 8 – соединение гайка-контргайка; 9 – резиновые уплотнители;
- 10 – ограничительная шайба хода пружины;
- 11 – пружина для компенсации ударных динамических нагрузок при качении колеса;
- 12 – упорный буртик; 13 – резьбовое соединение;
- 14 – упорный буртик шайбы пружины;
- 15 – регулировочный шток

Рис. 1. Общая принципиальная схема пневматической шины, оборудованной выдвижными грунтозацепами

могут значительно превышать статические нагрузки на колесо [9]. Следовательно, выбор пружины механизма регулирования должен быть проведен таким образом, чтобы минимизировать или исключить деформацию диска колеса.

Порядок такого расчета обусловлен необходимостью определить усилие пружины, которое она способна компенсировать как при ударной нагрузке, так и при обычном движении машины по скользкой поверхности. Чтобы произвести такой расчет, необходимо определить величины нагрузки, приходящейся на колесо, оборудованное предлагаемой конструкцией шины.

Наиболее очевидным следствием изменения величины нагрузки на колесо при сохранении нормального давления воздуха в шине является площадь контакта шины с несущей поверхностью. Произведем в общем виде расчет площади контакта шины, нагруженной статически и при наезде ее на неподвижное препятствие.

Площадь контакта шины определяют с учетом нормальной ее деформации. В общем случае контурная площадь контакта шины с универсальным или мелким рисунком протектора представляет собой эллиптический (или близкий к нему) отпечаток [3, 9, 10]:

$$S_k = \pi ab, \text{ см}^2, \quad (1)$$

где a и b – большая и малая ось эллипса.

При определении площади контакта шины с развитыми грунтозацепами в соответствии с (1) необходимо учитывать, какое именно количество шашек протектора соприкасается с поверхностью качения [10]. В этом случае:

$$a' = \sqrt{h_z(D - h_z)}; \quad b' = \sqrt{h_z(B - h_z)}, \text{ см}^2, \quad (2)$$

где D – наружный диаметр шины;

B – ширина профиля шины (без нагрузки);

h_z – нормальная деформация (вертикальный прогиб) шины.

С учетом уравнения (2), площадь контакта шины выразится следующим равенством:

$$S_k = \pi h_z \sqrt{(D - h_z)(B - h_z)}, \text{ см}^2. \quad (3)$$

Величину нормальной деформации (прогиба шины) в зависимости от нагрузки, приходящейся на колесо и давления воздуха в шине, определим по зависимости, предложенной В.Л. Бидерманом [3]:

$$h_z = \frac{C_2 \cdot G}{2P} + \sqrt{\left(\frac{C_2 \cdot G}{2P}\right)^2 + C_1 \cdot G}, \text{ м}, \quad (4)$$

где P – давление в шине, МПа;

G – нагрузка на колесо, кг;

C_1 и C_2 – постоянные коэффициенты, определяемые опытным путем, для каждого типа шин [10].

Тогда, с учетом (4), полное выражение для определения площади контакта шины запишется в виде:

$$S_k = \pi \left[\frac{C_2 \cdot G}{2P} + \sqrt{\left(\frac{C_2 \cdot G}{2P}\right)^2 + C_1 \cdot G} \right] \times \sqrt{\left(D - \left[\frac{C_2 \cdot G}{2P} + \sqrt{\left(\frac{C_2 \cdot G}{2P}\right)^2 + C_1 \cdot G} \right] \right) \times \left(B - \left[\frac{C_2 \cdot G}{2P} + \sqrt{\left(\frac{C_2 \cdot G}{2P}\right)^2 + C_1 \cdot G} \right] \right)}. \quad (5)$$

Определив площадь контакта шины с поверхностью качения из (5), можно подсчитать распределенную удельную нагрузку q в области пятна контакта шины с несущей поверхностью:

$$q = \frac{G}{S_k}, \text{ кг/см}^2. \quad (6)$$

Выражение (6) дает возможность определить статическую распределенную нагрузку на шину. В случае наезда колеса на неподвижное препятствие удельное давление $q'_{\text{наезд}}$ будет больше, чем по формуле (6):

$$q'_{\text{наезд}} > q, \quad (7)$$

$$q'_{\text{наезд}} = \frac{G}{S_k^{\text{наезд}}}, \text{ кг/см}^2, \quad (8)$$

где $S_k^{\text{наезд}}$ – площадь пятна контакта при наезде на неподвижное препятствие. Указанная площадь уменьшается, что необходимо учесть при расчете пятна контакта. Расчет площади контакта $S_k^{\text{наезд}}$ в этом случае осуществляется аналогично выражению (5).

В случае наезда колеса на неподвижное препятствие распределенная нагрузка на шину превышает таковую в статическом положении вследствие более сосредоточенной нагрузки в пятне контакта шины с неподвижным препятствием из-за кратковременного уменьшения площади контакта. Условие (7) должно соблюдаться, чтобы выбрать пружину, способную компенсировать нагрузку на шину при наезде

на неподвижное препятствие. Однако при выборе пружины устройства недостаточно ограничиться лишь сосредоточенной нагрузкой при кратковременном изменении площади контакта шины. Это обусловлено тем, что высота препятствия, с которым может соударяться шина, не позволит его преодолеть при заданной скорости движения. Но при этом сохраняется необходимость компенсации ударной нагрузки во избежание деформации диска колеса.

Процесс динамического преодоления препятствия начинается с удара об него шины колеса и резким снижением скорости движения. Кинетическая энергия при этом расходуется на деформацию шины и подъем машины. На рисунке 3 представлена схема приложения сил, момента и реакций при ударе колеса о неподвижное препятствие (рис. 2).

Из рисунка 3 видно, что при ударе колеса о препятствие наибольшая нагрузка возникает в точке контакта с препятствием в момент удара. Этим создается результирующая сила N , значение которой и является максимальной ударной нагрузкой на шину [4]:

$$N = \frac{G \cdot v^2 \sin^2 \beta + G(\sum l_k) \operatorname{tg} \beta + G \cdot h_{\text{np}}}{r_0}, \quad (9)$$

где v – линейная скорость движения машины, м/с;
 r_0 – свободный радиус колеса, м;
 h_z – вертикальный прогиб шины, м;
 h_{np} – высота неподвижного препятствия, м;
 g – ускорение свободного падения, м/с².

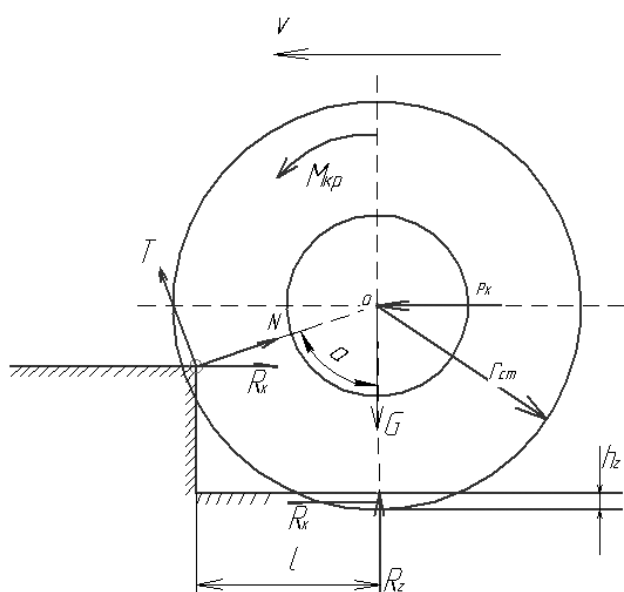


Рис. 2. Общая схема удара колеса о неподвижное препятствие

Вычислив максимальную нагрузку из (9), можно подобрать необходимое усилие пружины для устройства по следующему выражению:

$$N_{\text{ост}} = N - F_{\text{п}}, \quad (10)$$

где $F_{\text{п}}$ – максимальное усилие пружины по каталогу готовых изделий, Н [8];

$N_{\text{ост}}$ – остаточная нагрузка после компенсации удара, Н.

Результаты исследований

Чтобы предотвратить деформацию колесного диска при ударе колеса о неподвижное препятствие, величина остаточной нагрузки $N_{\text{ост}}$ должна принадлежать области допускаемых напряжений для материала диска колеса. Это можно записать, используя условие прочности материала диска, что можно отметить следующим выражением:

$$\begin{cases} \sigma \leq [\sigma], \\ \tau \leq [\tau], \\ N_{\text{ост}} \in ([\sigma], [\tau]), \end{cases} \quad (11)$$

где σ – нормальное напряжение материала диска;

$[\sigma]$ – нормальное допускаемое напряжение материала диска;

τ – касательное напряжение материала диска;

$[\tau]$ – допускаемое напряжение материала диска.

Соблюдение условия (11) позволит подобрать пружину устройства таким образом, чтобы ее усилие компенсировало возможную ударную нагрузку, а также предотвращало деформацию материала диска колеса.

Выводы и рекомендации

Анализируя вышеизложенное, можно заключить, что применение предложенной конструкции пневматической шины с выдвигаемыми грунтозацепами позволит улучшить тягово-сцепные качества машин при движении по скользким поверхностям. Также за счет универсальности предложенной конструкции шины (выдвигающиеся грунтозацепы) машина может быть оснащена одним комплектом шин по принципу «всесезонных». Это позволит снизить затраты на приобретение шин и обслуживание «зимнего» комплекта шин и улучшить динамические качества машины.

Список литературы

1. Исследование влияния угла склона на дисбаланс нагружения бортов колесной машины и изменение направления вектора центра тяжести / Ю. Г. Горшков, И. Н. Старунова, А. А. Калугин, М. А. Белоусов // Научное обозрение. 2014. № 1. С. 28–32.
2. Горшков Ю. Г., Старунова И. Н., Калугин А. А. Автоматическое регулирование давления воздуха в шинах – фактор безопасного движения колесных машин на склонах // Техника в сельском хозяйстве. 2014. № 1. С. 13–15.
3. Автомобильные шины (конструкция, расчет, испытания, эксплуатация) / В. Л. Бидерман [и др.]. М. : Госхимиздат, 1963.
4. Ульянов Ф. Г. Повышение проходимости и тяговых свойств колесных тракторов на пневматических шинах. М. : Машиностроение, 1964. 135 с.
5. Универсальная лента для улучшения сцепных и тормозных качеств пневматических шин / Ю. Г. Горшков, И. Н. Старунова, А. А. Калугин, Т. Г. Бехтольд // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 12.
6. Каталог шин предприятия «Торговый дом Кама». Режим доступа : http://www.td-kama.com/ru/tyre_catalog/.
7. Новопольский В. И. Экспериментальное исследование потерь на качение автомобильного колеса // Автомобильная и тракторная промышленность. 1954. № 1.
8. ООО «Alcomex пружины», каталог изделий. Режим доступа : <http://www.alcomex.ru/catalog.html>.
9. Горшков Ю. Г., Старунова И. Н., Калугин А. А. Устойчивость колесной машины на повороте и при ударе о неподвижное препятствие // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 9.
10. Калугин А. А. Улучшение условий и безопасности труда операторов колесных машин в сельскохозяйственном производстве за счет организационных и технических мероприятий : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2012.

Горшков Юрий Германович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».
E-mail: bnmcot@mail.ru.

Калугин Антон Александрович, канд. техн. наук, ассистент кафедры «Детали машин», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».
E-mail: starfruitworks@gmail.com.

* * *

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА JOHN DEERE 9600

А. В. Егоров, Е. В. Зубова, В. В. Вахрушев

Уровень надежности влияет на техническую и экономическую эффективность использования зерноуборочного комбайна. Низкий уровень надежности приводит к росту затрат на уборку урожая, потребности в неплановых ремонтах из-за отказов узлов, деталей и сборочных единиц. Проведенные исследования свидетельствуют, что значительная доля отказов приходится на агрегаты силовой передачи. В связи с этим целью работы является оценка показателей надежности силовой передачи зерноуборочного комбайна John Deere 9600. За период наблюдения за 37 комбайнами John Deere 9600 в период с 1998 по 2014 гг. выявлено 214 отказов силовой передачи. Из них 163 – отказы коробки диапазонов, 17 – отказы бортовых редукторов и 34 – отказы моста ведущих колес. Статистическая обработка результатов исследования показала, что средний ресурс моста ведущих колес составляет 597 часов, коробки диапазонов – 480 часов; бортовых редукторов – 690 часов. При эксплуатации комбайнов со средней наработкой в 1000 ч ресурс агрегатов ниже в 2 раза, что не удовлетворяет требованиям по СТО АИСТ 8.22-2010. Нарботка на отказ агрегатов силовой передачи в среднем составила 80 часов, что не удовлетворяет нормативным требованиям (по СТО АИСТ 8.22 – 2010 – не менее 100 часов). Отказы всех агрегатов силовой передачи обусловлены комбинацией отказов: износа и усталостного разрушения посадочных отверстий под подшипники корпусов агрегатов, а зубчатых колес, подшипников от динамических нагрузок. На основании исследования можно констатировать, что показатели надежности зерноуборочного комбайна John Deere 9600 сопоставимы с лучшими отечественными образцами. Результаты работы могут быть использованы инженерно-техническими работниками организаций АПК, эксплуатирующими зерноуборочные комбайны John Deere 9600.

Ключевые слова: силовая передача, средний ресурс, наработка между отказами, наработка до отказа, зерноуборочный комбайн John Deere 9600.

Актуальность темы

Комбайн зерноуборочный самоходный John Deere 9600 предназначен для уборки зерновых, зернобобовых и масличных культур. Комбайн John Deere 9600 состоит из жатки, молотилки, бункера с выгрузным устройством, измельчителя, моторной установки, силовой передачи, ходовой системы, органов управления, кабины, гидравлической системы, электрооборудования и комплектуется бортовым компьютером Command Center.

Силовая передача зерноуборочного комбайна John Deere 9600 состоит из моста ведущих колес, бортовых редукторов и коробки диапазонов.

Важность оценки надежности силовой передачи подтверждает большое количество исследований, направленных на повышение долговечности сельскохозяйственных машин [1].

Большое значение имеет долговечность элементов зерноуборочных комбайнов, поскольку урожайность и сортность выращиваемых культур во многом зависит от выполнения соответствующих работ в пределах агротехнических сроков. Согласно данным [2], только регистрируемые и учитываемые простои машин на уборке продуктов растениеводства составляют до 50% от всего времени работы зерноуборочного комбайна. Это свидетельствует

о недостаточной надежности уборочной сельскохозяйственной техники и поддержания ее на должном уровне в процессе эксплуатации и ремонта. Кроме того, простои связаны с недостаточным обеспечением машин и оборудования запасными частями, нерациональном их использовании.

Силовая передача является одной из самых ненадежных, систематически отказывающих систем зерноуборочного комбайна. Как показывает практика, по частоте отказов силовая передача занимает третье место среди всех агрегатов и узлов зерноуборочного комбайна John Deere 9600. Среднее время устранения отказа ведущего моста, коробки диапазонов, бортовых редукторов по отношению к другим агрегатам комбайна John Deere 9600 наибольшее.

Кроме того, агрегаты силовой передачи зерноуборочного комбайна John Deere 9600 обладают в сравнении с другими агрегатами и узлами по экономическим показателям худшей ремонтпригодностью. Это объясняется отсутствием удовлетворительных способов восстановления деталей силовой передачи. На основании изложенного в качестве объекта исследования для оценки показателей надежности выбрана силовая передача зерноуборочного комбайна John Deere 9600.

Наиболее полное использование технических ресурсов узлов и агрегатов силовой передачи, своевременное выполнение работ по техническому обслуживанию с минимальными затратами труда и материалов во многом зависит от того, насколько отработаны в машине операции по замене и восстановлению ресурсных элементов.

Цель исследования

Приобретение новой техники, в том числе иностранного производства, невозможно без анализа исходных показателей безотказности, долговечности, ремонтпригодности и темпов их изменения в процессе эксплуатации.

В результате таких исследований можно получить общие закономерности изменения характеристик, установить их количественные показатели, на основе которых выявить и раскрыть конструктивные недостатки.

Анализ этих закономерностей позволяет разработать конкретные рекомендации по повышению эффективности использования существующих машин.

С учетом этого задачами исследования являются:

1. Определить исследуемые показатели надежности агрегатов силовой передачи зерноуборочного комбайна John Deere 9600.

2. Провести количественную оценку показателей надежности агрегатов и узлов силовой передачи.

Материалы и методы

В соответствии с ГОСТ 27.002-89 для количественной оценки надежности применяются показатели оценки отдельных ее свойств: безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости, а также комплексные показатели, характеризующие готовность и эффективность использования технических объектов.

Показатели позволяют проводить расчетно-аналитическую оценку количественных характеристик отдельных свойств при выборе различных схемных и конструктивных вариантов оборудования (объектов) при их разработке, испытаниях и в условиях эксплуатации. Комплексные показатели надежности используются главным образом на этапах испытаний и эксплуатации при оценке и анализе соответствия эксплуатационно-технических характеристик технических объектов (устройств) заданным требованиям.

На стадиях экспериментальной отработки, испытаний и эксплуатации, как правило, роль показателей надежности выполняют статистические методы оценки соответствующих вероятностных характеристик. Все показатели надежности, в соответствии с ГОСТ 27.002-89, определяются как вероятностные характеристики. В работе отказ объекта рассматривается как случайное событие, то есть заданная структура объекта и условия его эксплуатации не определяют точно момент и место возникновения отказа. Принятие этой более распространенной концепции предопределяет широкое использование теории вероятностей [1, 2, 4, 5, 8].

Показатели надежности регламентируются планами наблюдений.

В большинстве случаев безотказность комбайнов и их сборочных единиц является высокой и для получения качественной исходной информации требуется большая продолжительность наблюдений или большой объем выборки. Расчет оценок показателей надежности в связи с этим во многом определяется видами плана наблюдений (испытаний) и закона распределения наработки до отказа [3].

В зависимости от конкретных условий и поставленных задач ГОСТ 17510-72 «Надеж-



ность в технике. Система сбора и обработки информации. Планирование наблюдений» определяет применение следующих планов: $[N, U, N]$; $[N, U, T]$; $[N, U, r]$; $[N, R, T]$; $[N, R, r]$, где N – количество изделий, поставленных под наблюдение (число машин); U – обозначение планов, в которых отказавшие изделия (машина или агрегат не заменяются новыми; T – установленная наработка или продолжительность наблюдений; R – обозначение планов, в которых отказавшие объекты заменяются новыми или отремонтированными; r – число отказов или предельных состояний изделий, до возникновения которых ведутся наблюдения.

Для оценки показателей надежности силовой передачи план наблюдений $[N, R, T]$ является наиболее приемлемым. Применение его оправдано минимумом затрат времени на проведение эксперимента.

План наблюдений $[N, R, T]$, в основном, применяется для восстанавливаемых объектов. При плане наблюдений $[N, R, T]$ наблюдениям подлежат N объектов, отказавшие объекты заменяют новыми или восстанавливают, наблюдения прекращают по истечении наработки T . Время восстановления работоспособности объекта (ремонт, замена) должно быть достаточно мало, чтобы не повлиять на результаты определения оценок показателей надежности [3].

План наблюдений $[N, R, T]$ предусматривает оценку следующих показателей надежности:

- средняя наработка до отказа;
- средняя наработка на отказ;
- средний ресурс.

Статистическая информация о наработках при этом плане может быть трех видов:

- 1) наработка i -го объекта до первого отказа;
- 2) наработка i -го объекта до отказа после восстановления работоспособности или замены;
- 3) наработка до отказа после начала работы или после ремонта неизвестна.

Для расчета параметров закона распределения до отказа могут быть использованы в равной мере наработки первых двух видов, если изделия заменяются новыми, а также при полном восстановлении всех рабочих параметров после ремонта. Информация о наработках третьего вида также может быть частично использована.

Для расчета параметров закона распределения до отказа могут быть использованы в равной мере наработки первых двух видов, если изделия заменяются новыми, а также при полном восстановлении всех рабочих параметров после ремонта. Информация о наработках

третьего вида также может быть частично использована.

Порядок сбора информации о надежности объектов, формы учета и накопления данных о неисправностях и отказах определены в ГОСТ 27.502-83 и РД 50-204-87 «Сбор и обработка информации о надежности изделий в эксплуатации».

Сбор данных об отказах силовой передачи производился на основании: «Технического акта о повреждении и неисправности узла или агрегата», «Книги учета технического обслуживания комбайна», кодов неисправностей бортового компьютера.

Под наблюдение была поставлена группа из 37 машин. В процессе эксплуатации вели учет наработки между отказами, фиксировали время возникновения отказа, время восстановления работоспособного состояния, затраты на восстановление работоспособного состояния (прямые и косвенные), причины отказов и др.

Для каждой серии комбайнов был разработан специальный алгоритм фиксирования неисправностей.

Алгоритм состоял из цифрового кода, включающего: узел, где произошел отказ, отказавшую деталь, вид отказа. Сформированный подобным образом цифровой код записывался в базу данных и обрабатывался при помощи ЭВМ.

Результаты исследования

Нарботка зерноуборочных комбайнов представлена на рисунке 1 при этом средняя наработка комбайнов за период уборочной кампании составляет 648 часов.

В процессе наблюдений за работой 37 зерноуборочных комбайнов John Deere 9600 было зафиксировано 214 отказов силовой передачи.

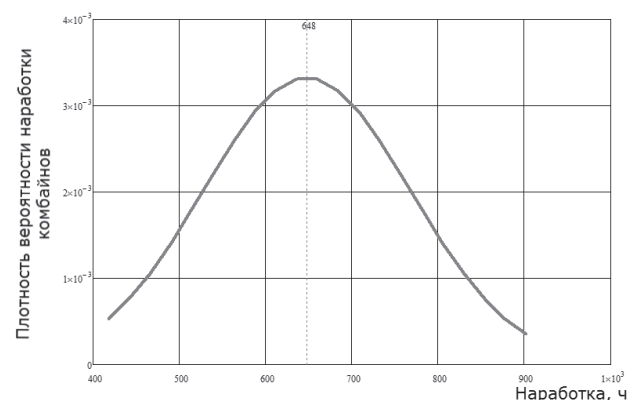


Рис. 1. Распределение наработки за период уборочной кампании

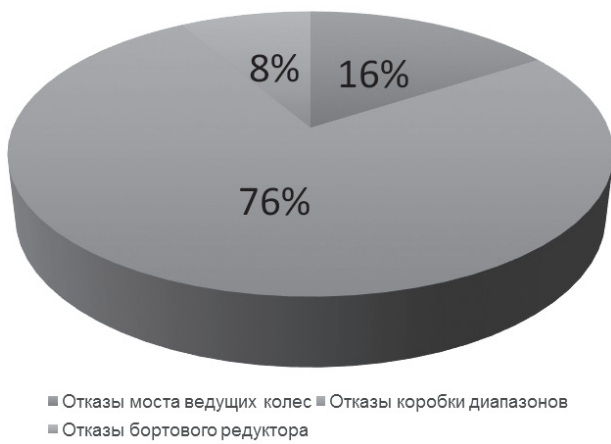


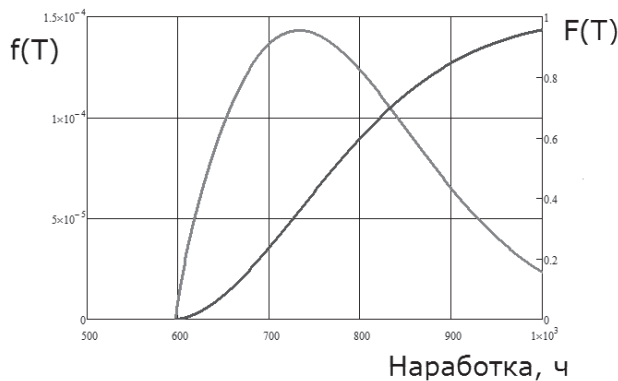
Рис. 2. Распределение отказов по узлам и агрегатам силовой передачи

Анализ распределения отказов силовой передачи комбайна John Deere 9600 (рис. 1) показал, что наибольшее количество отказов приходится на отказы коробки диапазонов, что составляет 76% от всех отказов силовой передачи.

Согласно предложенному плану наблюдений $[N, R, T]$, в качестве показателей приняты: средний ресурс, наработка до отказа, наработка на отказ.

На рисунке 2 показано распределение отказов по узлам и агрегатам силовой передачи.

На рисунках 3–11 представлены графики функции, иллюстрирующие распределение статистических показателей отказов элементов силовой передачи.



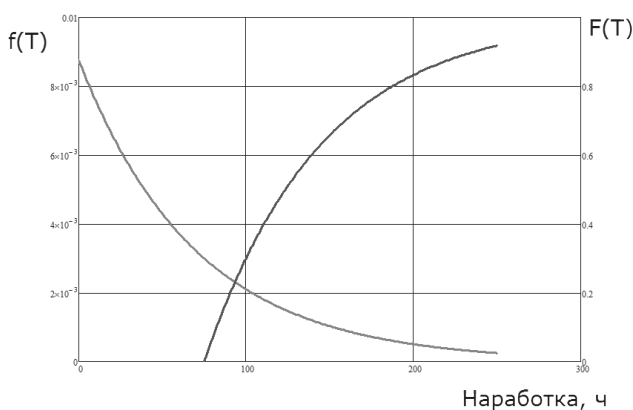
$$\begin{aligned} \bar{T} &= 597 \pm 129 \text{ ч} \\ \sigma &= 214 \text{ ч} \\ V &= 0,358 \end{aligned}$$

T_{cp} – средний ресурс;
 $F(T)$ – кривая накопленных опытных вероятностей ресурса;
 $f(T)$ – функции плотности распределения ресурса

$$f(T) = 0,32 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{T-597}{214}\right)^{0,8} \cdot e^{-\left(\frac{T-597}{214}\right)^{1,8}}$$

$$F(T) = 1 - e^{-\left(\frac{T-597}{214}\right)^{1,8}}$$

Рис. 3. График функции плотности распределения ресурса и кривая накопленных опытных вероятностей ресурса моста ведущих колес зерноуборочного комбайна John Deere 9600



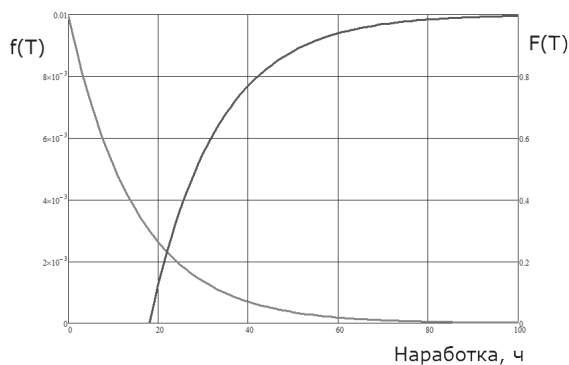
$$\begin{aligned} \bar{T} &= 75 \pm 26 \text{ ч} \\ \sigma &= 70 \text{ ч} \\ V &= 0,956 \end{aligned}$$

T_{cp1} – средняя наработка до отказа;
 $F(T)$ – кривая накопленных опытных вероятностей наработки до отказа;
 $f(T)$ – функции плотности наработки до отказа

$$f(T) = 3,0 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-\left(\frac{T-75}{70}\right)}$$

$$F(T) = 1 - e^{-\left(\frac{T-75}{70}\right)}$$

Рисунок 4 – График функции плотности распределения наработки до отказа и кривая накопленных опытных вероятностей наработки до отказа моста ведущих колес зерноуборочного комбайна John Deere 9600



$$\bar{T} = 18 \pm 12 \text{ ч}$$

$$\sigma = 15 \text{ ч}$$

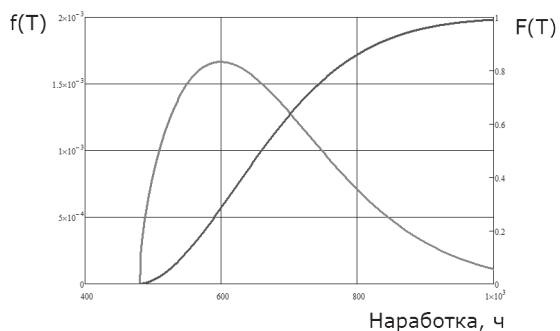
$$V = 0,833$$

T_{cp0} – средняя наработка между отказами;
 $F(T)$ – кривая накопленных опытных вероятностей наработки между отказами;
 $f(T)$ – функции плотности наработки между отказами

$$f(T) = 0,77 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-\left(\frac{T-18}{15}\right)},$$

$$F(T) = 1 - e^{-\left(\frac{T-18}{15}\right)}.$$

Рисунок 5 – График функции плотности распределения наработки между отказами и кривая накопленных опытных вероятностей наработки между отказами моста ведущих колес зерноуборочного комбайна John Deere 9600



$$\bar{T} = 480 \pm 160 \text{ ч}$$

$$\sigma = 220 \text{ ч}$$

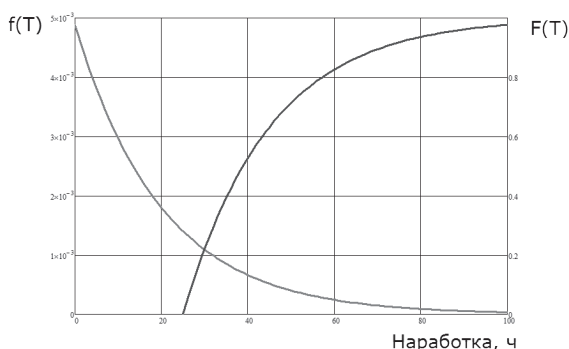
$$V = 0,458$$

T_{cp} – средний ресурс;
 $F(T)$ – кривая накопленных опытных вероятностей ресурса;
 $f(T)$ – функции плотности распределения ресурса

$$f(T) = 3,5 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{T-480}{220}\right)^{0,6} \cdot e^{-\left(\frac{T-480}{220}\right)^{1,6}},$$

$$F(T) = 1 - e^{-\left(\frac{T-480}{220}\right)^{1,6}}.$$

Рисунок 6 – График функции плотности распределения ресурса и кривая накопленных опытных вероятностей ресурса коробки диапазонов зерноуборочного комбайна John Deere 9600



$$\bar{T} = 25 \pm 14 \text{ ч}$$

$$\sigma = 20 \text{ ч}$$

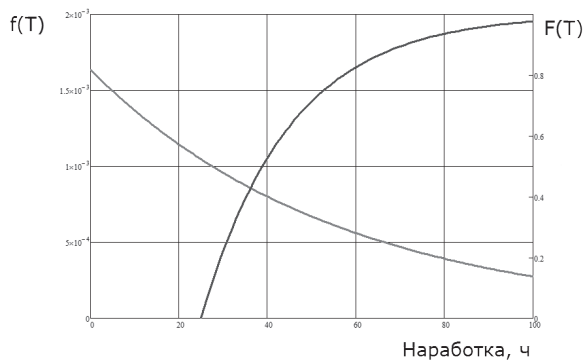
$$V = 0,80$$

T_{cp1} – средняя наработка до отказа;
 $F(T)$ – кривая накопленных опытных вероятностей наработки до отказа;
 $f(T)$ – функции плотности наработки до отказа

$$f(T) = 1,4 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-\left(\frac{T-25}{20}\right)},$$

$$F(T) = 1 - e^{-\left(\frac{T-25}{20}\right)}.$$

Рисунок 7 – График функции плотности распределения наработки до отказа и кривая накопленных опытных вероятностей наработки до отказа коробки диапазонов зерноуборочного комбайна John Deere 9600



T_{cp0} – средняя наработка между отказами;
 $F(T)$ – кривая накопленных опытных вероятностей наработки между отказами;
 $f(T)$ – функции плотности наработки между отказами

$$f(T) = 0,56 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-\left(\frac{T-60}{56}\right)},$$

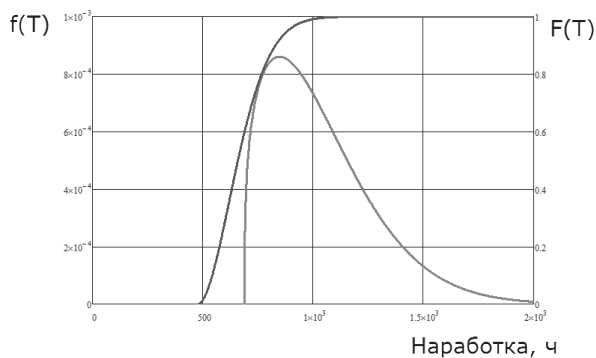
$$F(T) = 1 - e^{-\left(\frac{T-60}{56}\right)}.$$

$$\bar{T} = 60 \pm 19 \text{ ч}$$

$$\sigma = 56 \text{ ч}$$

$$V = 0,933$$

Рисунок 8 – График функции плотности распределения наработки между отказами и кривая накопленных опытных вероятностей наработки между отказами коробки диапазонов зерноуборочного комбайна John Deere 9600



T_{cp} – средний ресурс;
 $F(T)$ – кривая накопленных опытных вероятностей ресурса;
 $f(T)$ – функции плотности распределения ресурса

$$f(T) = 1,42 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{T-690}{450}\right)^{0,3} \cdot e^{-\left(\frac{T-690}{450}\right)^{1,6}},$$

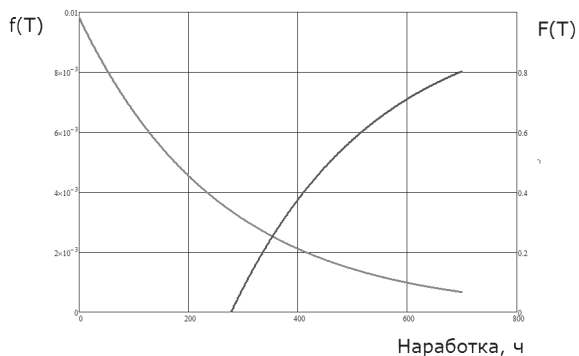
$$F(T) = 1 - e^{-\left(\frac{T-690}{450}\right)^{1,6}}.$$

$$\bar{T} = 690 \pm 120 \text{ ч}$$

$$\sigma = 450 \text{ ч}$$

$$V = 0,652$$

Рисунок 9 – График функции плотности распределения ресурса и кривая накопленных опытных вероятностей бортовых редукторов зерноуборочного комбайна John Deere 9600



T_{cp1} – средняя наработка до отказа;
 $F(T)$ – кривая накопленных опытных вероятностей наработки до отказа;
 $f(T)$ – функции плотности наработки до отказа

$$f(T) = 3,37 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-\left(\frac{T-278}{260}\right)},$$

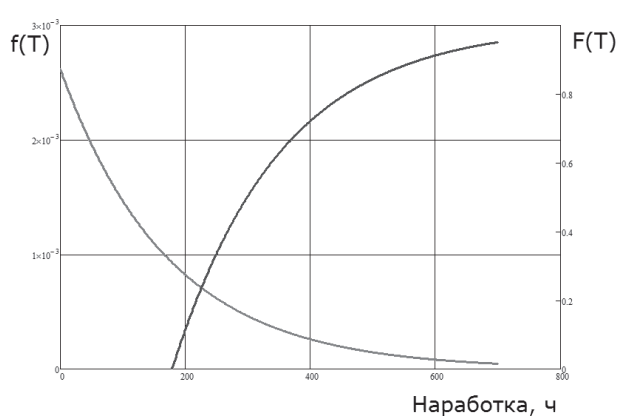
$$F(T) = 1 - e^{-\left(\frac{T-278}{260}\right)}.$$

$$\bar{T} = 278 \pm 168 \text{ ч}$$

$$\sigma = 260 \text{ ч}$$

$$V = 0,935$$

Рисунок 10 – График функции плотности распределения наработки до отказа и кривая накопленных опытных вероятностей наработки до отказа, бортовых редукторов зерноуборочного комбайна John Deere 9600



$$\bar{T} = 179 \pm 60 \text{ ч}$$

$$\sigma = 173 \text{ ч}$$

$$V = 0,96$$

Рисунок 11 – График функции плотности распределения наработки между отказами и кривая накопленных опытных вероятностей наработки между отказами бортовых редукторов зерноуборочного комбайна John Deere 9600

Анализ графиков показывает, что наименьшей долговечностью, в сравнении с другими агрегатами силовой передачи, обладает коробка диапазонов зерноуборочного комбайна John Deere 9600. Ее средний ресурс составляет около 480 часов.

Отказы всех агрегатов силовой передачи обусловлены комбинацией отказов: износа и усталостного разрушения зубчатых колес, подшипников от динамических нагрузок.

Таким образом, при эксплуатации зерноуборочного комбайна John Deere 9600 следует учитывать низкий ресурс коробки диапазонов. В дополнении к основным ремонтным воздействиям необходимо дополнительно планировать проведение текущих и капитальных ремонтов этого узла.

Выводы

1. В работе разработан и предложен алгоритм фиксирования отказов силовой передачи зерноуборочного комбайна John Deere 9600 в виде цифрового кода, позволяющий надежно идентифицировать и классифицировать отказы узлов силовой передачи.

2. В работе получены функции распределения среднего ресурса, наработки между отказами, наработки до отказа узлов и агрегатов силовой передачи зерноуборочного комбайна John Deere 9600.

3. Наименьшей долговечностью, в сравнении с другими агрегатами силовой передачи, обладает коробка диапазонов зерноуборочного

$T_{\text{ср}0}$ – средняя наработка между отказами;
 $F(T)$ – кривая накопленных опытных вероятностей наработки между отказами;
 $f(T)$ – функции плотности наработки между отказами

$$f(T) = 0,93 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-\left(\frac{T-179}{173}\right)},$$

$$F(T) = 1 - e^{-\left(\frac{T-179}{173}\right)}.$$

комбайна John Deere 9600 ее средний ресурс составляет около 480 часов.

4. Отказы всех агрегатов силовой передачи обусловлены комбинацией отказов: износа и усталостного разрушения зубчатых колес, подшипников от динамических нагрузок.

Список литературы

1. John Deere. Техническое руководство. Ремонт комбайнов моделей 9400, 9500, 9600, John Deere Harvester Works, TM1634. 2005. 1108 p.
2. Субочев С. В., Немцев А. Е., Коптева И. В. Влияние основных показателей надежности на эффективность зерноуборочных комбайнов // Вестник НГАУ. 2014. Вып. № 2(31). С. 157–164.
3. Кугель Р. В. Надежность машин массового производства. М. : Машиностроение 1981. 244 с.
4. Кузнецов Е. С. Управление технической эксплуатацией автомобилей. М. : Транспорт, 1982. 272 с.
5. Ушаков И. А. Справочник по расчету надежности. М. : Машиностроение, 1980. 606 с.
6. ГОСТ 27.503-81. Методы оценки показателей надежности. М. : Государственный комитет СССР по Стандартам, 1982. 56 с.
7. Вентцель Е. С. Теория вероятности. М. : Высш. шк., 1966. 576 с.
8. Липман Л. Н. Пособие для определения числа объектов наблюдений (испытаний). М. : Высш. шк., 1966. 200 с.
9. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. М. : Высш. шк., 1988. 488 с.

10. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта Минавтотранса РСФСР. М. : Транспорт, 1986. 73 с.

11. Питухин А. А. Надежность лесозаготовительных машин и оборудования : учеб. пособие. СПб. : Лань, 2010. 288 с.

12. Груничев А. С. Таблицы для расчетов надежности при распределении Вейбулла. М. : Стандарт, 1974. 327 с.

Егоров Анатолий Васильевич, канд. техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: my-disk21@yandex.ru.

Зубова Елена Витальевна, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: my-disk21@yandex.ru.

Вахрушев Владимир Владимирович, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: my-disk21@yandex.ru.

* * *

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ СЛУЖЕБНЫХ СВОЙСТВ РАБОТАЮЩИХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

А. В. Егоров, Е. В. Зубова, В. В. Вахрушев, С. О. Черепяхин, А. М. Попов

Уточнили критерии оценки служебных свойств работающих моторных масел по методу «капельная проба». Провели оценку работоспособности моторного масла по коэффициенту диспергирующей способности K_d и коэффициенту загрязненности моторного масла механическими примесями $K_{МПР}$. Расчеты показали, что работающее моторное масло, имеющее $K_{МПР} \geq 0,65$ и $K_d \geq 1,4$, подлежит замене. Для большей достоверности его оценки K_d и $K_{МПР}$ использовали балльную (колориметрическую шкалу), в основу которой положен принцип градиентного и пиксельного разделения оттенка зоны ядра способом идентификации образов. Шкала разделена на оттенки от 0 до 255 пикселей и позволяет однозначно оценивать уровень служебных свойств работающих моторных масел. Комплексную оценку работоспособности анализируемых масел проводили методом бумажной хроматографии. Для количественной оценки содержания охлаждающей жидкости использовали оптическую компьютеризированную систему с автоматическим подсчетом площади, занятой вскипающим слоем охлаждающей жидкости. С целью повышения достоверности оценки границ каждой из зон предложили использовать метод инфракрасной термографии хроматограмм с последующей регистрацией тепловизором визуальной информации картин распределения температурных полей. Установили, что наличие охлаждающей жидкости отмечено у 53 % проб масел Mobil 5W40, 72 % проб масел Mobil 10W40, 86 % проб масел Mobil 5W30. Диапазон ее концентрации находится в пределах от 0 до 7%. Наиболее вероятны значения от 0 до 1,5%. Среднее значение концентрации топлива в моторном масле составляет 1,65% при предельном значении 0,6%. Нароботка моторного масла регламентируется $K_{МПР}$ и составляет при его предельном значении около 12000 км.

Ключевые слова: хроматограмма, диспергирующе-стабилизирующие свойства, моторное масло, присадки.

Актуальность темы

Долговечность деталей и сопряжений ДВС, при прочих условиях, в значительной степени определяется уровнем изменения качества работающих моторных масел. При работе двигателя введенные в масло присадки подвержены срабатыванию. Скорость этого процесса зависит от типа и теплонпряженности двигателя, его технического состояния, условий эксплуатации, качества используемого топлива и других факторов.

Кроме того, моторное масло контактирует с нагретыми поверхностями деталей двигателя, что приводит к его высокотемпературной де-

струкции с накоплением нерастворимых углеродистых осадков (сажи, нагара и т.п.).

Для двигателей внутреннего сгорания характерно ухудшение качества масел вследствие накопления продуктов неполного сгорания топлива. В результате этого изменяется вязкость моторного масла, что приводит к снижению несущей способности масляной пленки и, как следствие, является причиной аварийного износа деталей и сопряжений ДВС.

Наличие воды в моторном масле обусловлено процессами горения моторного топлива и адсорбции из газов, проникающих в картерную часть двигателя (по данным работ [1, 2],

при сгорании 1 кг качественного необходимого топлива образуется около 1,5 кг водяных паров), а также в результате изменения температурного и нагрузочного режимов работы двигателя. Присутствие охлаждающей жидкости (тосола, антифриза) является следствием неисправностей системы охлаждения или дефектов деталей ДВС. Утрата базовых свойств моторных масел при его загрязнении охлаждающей жидкостью происходит вследствие гидролиза нестабильной части пакета присадок. При передаче механической нагрузки через масляную пленку с одной поверхности на другую в условиях смешанной и граничной смазки на площадках фактического контакта капли воды вскипают и таким образом разрывают масляную пленку на отдельные фрагменты, что является одной из причин значительного снижения несущей способности масляной пленки и повышения коэффициента трения и износа рабочих поверхностей [3].

Цель исследования

Рассматривая работающее моторное масло как сложную коллоидную систему, можно полагать, что она находится в состоянии неустойчивого равновесия, вследствие избытка сил поверхностного натяжения на границе «жидкость-частица».

По энергетической неустойчивости дисперсных систем особенно в тонкой пленке можно прогнозировать работоспособность масла [4]. Диффузия работавшего моторного масла определяется подвижностью, а следовательно, скоростью седиментации частиц, которая пропорциональна движущей силе и обратно пропорционально коэффициенту сопротивления среды. Любые процессы, протекающие в моторном масле, можно охарактеризовать набором близких единичных показателей. На этом основании оказывается возможным выделить единичные показатели, с использованием которых можно объективно судить о работоспособности моторного масла.

Целью работы является уточнение критериев оценки служебных свойств работающих моторных масел по методу «капельная проба».

Материалы и методы

Работоспособность моторного масла определяется главным образом уровнем загрязненности воды (охлаждающей жидкости), топливом, механическими примесями, диспергирующе-стабилизирующей способностью

(концентрацией эффективных несработавшихся присадок).

Для оценки единичных показателей качества моторного масла использован метод капельной пробы, который предназначен для качественной и количественной оценки загрязненности масла нерастворимыми продуктами и способности масел их диспергировать.

В качестве критерия оценки служебных свойств работающих моторных масел выбрана оценка (ДСС) моторных масел [5].

Недостатком оценки диспергирующе-стабилизирующих свойств является его низкая относительная достоверность количественной оценки содержания загрязнений в масле, поскольку отношение пятна и ядра не в полной мере характеризуют диспергирующе-стабилизирующие свойства масла [1]. Способ не учитывает иннервационные и адсорбционные процессы, проходящие в задиффузионной зоне. Границы диффузионной и задиффузионной зон часто являются размытыми, неявными и сложно идентифицируемыми в случае присутствия критического количества загрязнителей в моторном масле.

В рамках настоящей работы предлагается оценивать работоспособность моторного масла по коэффициенту диспергирующей способности:

$$K_{\text{д}} = \frac{d_3}{d_2}, \quad (1)$$

где d_2 – средний диаметр зоны диффузии, мм (рис. 1);

d_3 – средний диаметр задиффузионной зоны, мм;

и коэффициенту загрязненности моторного масла механическими примесями:

$$K_{\text{МПР}} = \frac{d_1}{d_2}, \quad (2)$$

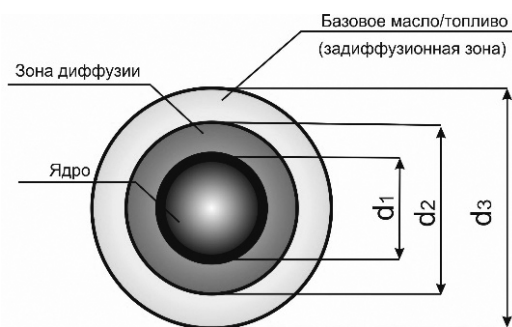


Рис. 1. Метод капельной пробы для оценки коэффициента диспергирующей способности и коэффициента загрязненности моторного масла



где d_1 – средний диаметр центрального пятна (диаметр ядра), мм;

d_2 – средний диаметр зоны диффузии, мм.

По нашему мнению, такой подход обеспечивает комплексную оценку как диспергирующих, так и стабилизирующих свойств работающих масел, поскольку учитывается характеристика (размер) ядра, диффузионной и задиффузионной зон хроматограммы. Размер задиффузионной зоны является показателем адсорбционной активности либо базового масла, либо свидетельствует о наличии высокой концентрации моторного топлива в работающем масле.

Границей зоны ядра работающего масла на хроматограмме является окружность, на которой располагаются частицы, имеющие одинаковые параметры и максимальное смещение r . Радиус границы ядра работающего моторного масла определяется зависимостью:

$$r_{\max} = \frac{8,764\rho^2 r_{\text{ч}}^5}{\gamma\eta} + 0,057 \frac{\gamma\eta r_k^2}{\rho^2 r_{\text{ч}}^5} \left(1 - \left(\frac{8,764 \rho^2 r_{\text{ч}}^5}{\gamma\eta r_k^2} \right)^2 \right), \quad (3)$$

где r_k – радиус капли масла, м;

γ – коэффициент пропорциональности;

η – вязкость масла, сСт;

$r_{\text{ч}}$ – радиус частицы, м;

m – масса капли масла, кг;

ρ – плотность моторного масла, кг/м³.

Зависимость (3) определяет максимальный радиус пятна, образующегося при осаждении частиц на бумаге.

Диаметр зоны диффузии определяется соотношением:

$$D = \sqrt[4]{-Dt \ln \frac{4\delta\pi Dt}{\rho Q}}, \quad (4)$$

где D – коэффициент диффузии;

t – время наблюдения, ч;

δ – коэффициент чувствительности прибора наблюдения при определении радиуса зоны диффузии присадки.

Зона распространения чистого масла или радиус растекания капли определяется как

$$R = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{r^3}{h\psi}}. \quad (5)$$

Расчеты, проведенные на основании зависимостей (3), (4), (5) с целью оценки предельного значения коэффициента загрязненности моторного масла механическими примесями

$K_{\text{МПП}}$ показали, что предельное соотношение диаметров ядра хроматограммы и зоны диффузии присадки составляет 0,65.

Пороговое (предельное) значение коэффициента диспергирующей способности $K_{\text{д}}$, определенное из соотношения диаметров размеров зон, рассчитанных по зависимостям (3), (4) и (5), не должно превышать 1,4.

Таким образом, работающее моторное масло, имеющее $K_{\text{МПП}} \geq 0,65$ и $K_{\text{д}} \geq 1,4$, подлежит замене.

Коэффициент загрязненности моторного масла механическими примесями $K_{\text{МПП}}$ в данном случае характеризующий диспергирующие свойства работающего моторного масла, для большей достоверности его оценки, следует оценивать по балльной шкале в основу, которой может быть положен принцип градиентного и пиксельного разделения оттенка зоны ядра способом индентификации образов.

Частные методики экспериментальных исследований

Исследования состояния моторных масел проводили на маслах под брендом Mobil 5W40, 10W40, 5W30 API SM.

Отбор проб осуществлялся по методике, описанной в работе [5].

Периодичность отбора проб составляла от 500 до 1000 км пробега автомобилей с бензиновыми ДВС при их техническом обслуживании.

Комплексную оценку работоспособности анализируемых масел проводили методом бумажной хроматографии по методике, описанной в работе [6]. Наличие топлива в масле оценивали по номограмме, представленной в работе [5].

При оценке процентного содержания охлаждающей жидкости в моторном масле в тигель, нагретый до температуры 120–140 °С, наливали порцию работавшего моторного масла, после чего производили скоростную цифровую фотосъемку, тигля с находящимся в нем масле. При присутствии охлаждающей жидкости на поверхности масла образовывались характерные вскипающие пузыри охлаждающей жидкости. После проведения экспериментов массив фотографий обрабатывался в программе для распознавания образов дисперсных сред. Программа позволяет, анализируя графический файл фотографии, формировать базу данных по размерам вскипающих пузырьков охлаждающей жидкости и производить обработку результатов. Методом анализа интенсивности цвета программа обнаруживает и выделяет

изображенные на снимке пузырьки охлаждающей жидкости и составляет базу данных размеров. Предусмотрена функция подбора параметров распознавания. Интерфейс программы представлен на рисунке 2.

На рисунке 3 показаны эталонные значения площади выделяемых воздушных пузырей в зависимости от содержания охлаждающей жидкости в моторном масле.

Хроматограммы получали по методике, представленной в работе [13], на титрированной беззольной фильтровальной бумаге типа «синяя лента» (ГОСТ 12026-76). Количественную оценку хроматограммы и постановку диагноза о работоспособности масла производили по зависимостям (1) и (2).

С целью точной (в данном случае достоверной) оценки границ) индентификации каждой из зон использовали метод инфракрасной термографии хроматограмм с последующей регистрацией тепловизором фирмы Aiptek визуальной инфор-

мации картин распределения температурных полей. Применение данной методики основано на разнице температур зон хроматограммы, вследствие неодинаковой теплопроводности компонентов работающего масла каждой из зон, что позволяет однозначно судить о границах этих зон и тем самым повышает точность оценки диспергирующе-стабилизирующих свойств работающих моторных масел.

Пример тепловизионного изображения хроматограммы приведен на рисунке 4 б.

Колориметрическую оценку ядра и зоны диффузии хроматограммы проводили по разработанной шкале цветности. Для этого применяли теорию распознавания образов, заключающуюся в градации оттенков цветов соответствующих полутоновым изображениям с поверхности хроматограммы, которая осуществлялась по 255 уровням серого тона с требуемым разрешением 1024×1024 пикселей.

В полученных изображениях исследуемых хроматограмм на каждый пиксель отводилось 3 байта. Следовательно, при использовании черно-белой матрицы полученная информация является избыточной. В связи с этим на первом этапе было выполнено преобразование исходного изображения хроматограммы с помощью специально разработанной программы в формат 1 пиксель – 1 байт. Таким образом, диапазон изменения видеосигнала по яркости составил 0–255 условных единиц.

Анализ видеосигналов позволяет учитывать влияние состояния цветности зон хроматограмм как на амплитуду видеосигнала, так и на его спектр.

Указанная проблема была решена путем создания компьютерного комплекта анализа изображений, который реализуется посредством программно-аппаратного комплекса, состоящего

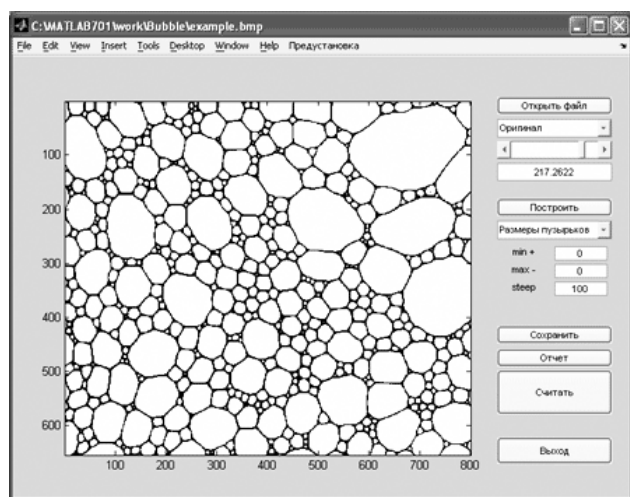


Рис. 2. Интерфейс программы для распознавания неявных образов двухфазных дисперсных сред

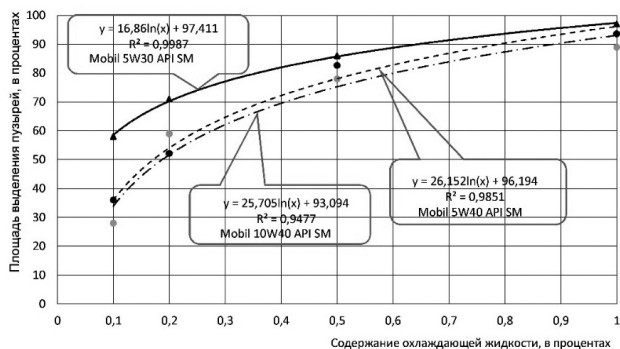


Рис. 3. Эталонные значения площади выделяемых вскипающих пузырьков охлаждающей жидкости для синтетического моторного масла

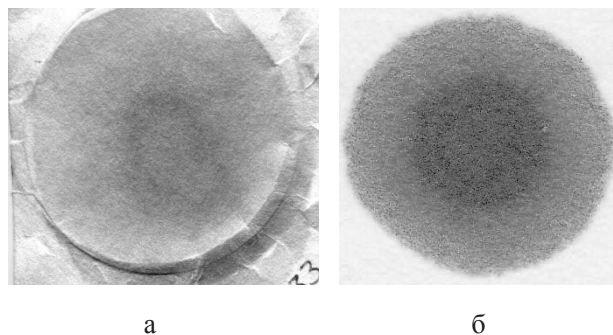


Рис. 4. Распределение зон на хроматограмме: а – общий вид хроматограммы; б – вид хроматограммы, снятый тепловизором

из микроскопа, соединенного через интерфейс-ный блок с персональным компьютером.

Программно-аппаратный комплекс показан на рисунке 5.

Интерфейс программы оценки цветности зон и пример матрицы распознавания хроматограммы приведены на рисунке 6.

Такой подход к оценке цветности оправдан, поскольку позволяет четко оценивать колориметрическую характеристику капельных проб (а она в конечном итоге влияет на постановку диагноза о работоспособности масла) и границы зон хроматограммы.

Колориметрическая шкала капельных проб с учетом их пиксельных особенностей приведена на рисунке 7.

Как показали исследования, следует считать, что если оттенок ядра хроматограммы находится в пределах от 0 до 64 пикселей по колориметрической шкале, то масло является годным к дальнейшей эксплуатации. При значениях свыше 64 и до 160 пикселей масло является относительно пригодным к эксплуатации, но содержание присадок в нем находится на недопустимо низком уровне, что может привести к аварийному отказу ДВС.

В случае, если ядро хроматограммы имеет оттенок 192–255 пикселей, масло считается ис-

черпавшим свои служебные свойства и подлежит немедленной замене. При этом необходим поиск неисправностей систем двигателя.

Результаты и анализ экспериментальных исследований

Характерные виды хроматограмм с постановкой диагноза о работоспособности моторного масла приведены в таблице 1.

Экспериментально установлено, что для достоверного анализа однозначного распознавания характерных зон и окончания диффузионных и адсорбционных процессов в материале беззольного фильтра типа «синяя лента» необходима выдержка хроматограммы в течение 2 часов при комнатной температуре. Данный процесс иллюстрируется рисунками 8 а, 8 б.

Общий вид хроматограммы на рисунке 8 свидетельствует, что если начать оценку хроматограммы сразу же после снятия ее с куветы тигля, то, как видно, отсутствует кольцевая задиффузионная зона, что влияет на достоверность оценки постановки диагноза работоспособности моторного масла. При выдержке хроматограммы в условиях комнатной температуры наблюдается окончание действия диффузионных процессов, что выражается в образовании кольцевой зоны. При выдержке хроматограммы



Рис. 5. Компьютерный комплект анализа изображений

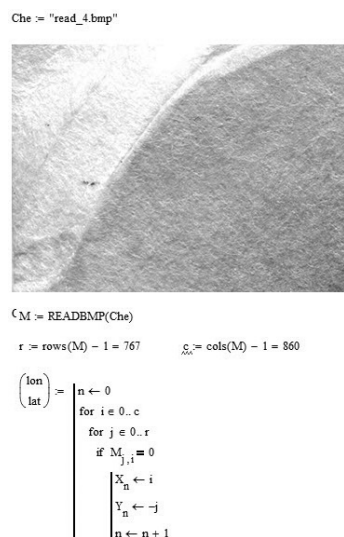


Рис. 6. Фрагмент интерфейса программы оценки цветности зон хроматограммы

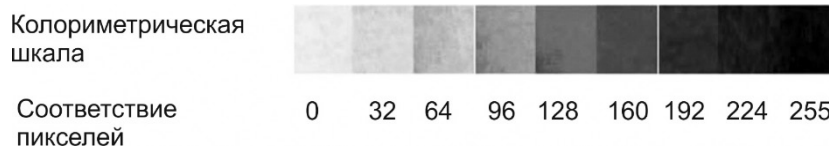


Рис. 7. Фрагмент колориметрическая шкала капельных проб

более 2 часов при комнатной температуре наблюдается растворение и полное исчезновение краевой кольцевой задиффузионной зоны. Таким образом, оптимальное время для анализа хроматограммы и постановки диагноза должно составлять около 2 часов.

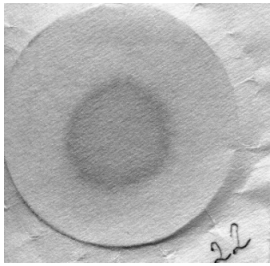
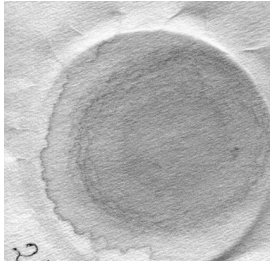
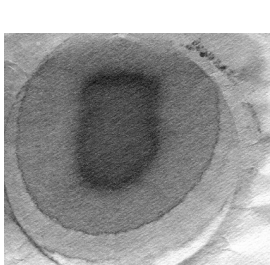
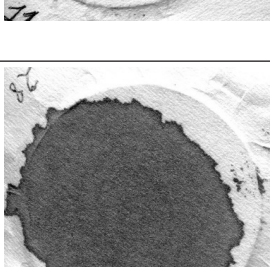
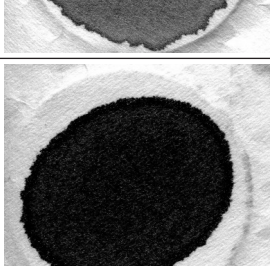
Наличие охлаждающей жидкости отмечено у 53% проб масел Mobil 5W40, 72% проб масел

Mobil 10W40, 86% проб масел Mobil 5W30. Диапазон ее концентрации находился от 0 до 7%. Наиболее вероятны значения от 0 до 1,5%.

Тип охлаждающей жидкости при статистической обработке не учитывался, вследствие отсутствия достоверной информации.

Анализ показал, что средняя концентрация охлаждающей жидкости в пробах моторного

Таблица 1 – Характерные виды хроматограмм синтетических сезонных моторных масел фирмы Mobil API SM

Хроматограмма	Описание зон хроматограмм	Колориметрическая характеристика ядра хроматограммы, в пикселях	Диагноз
	Ровные хорошо различимые границы зон. В пробе масла отсутствует охл. жидкость и моторное топливо	32	Работоспособно. Активность присадок высокая
	Граница зоны диффузии зигзагообразная, размытая. В пробе масла присутствует охлаждающая жидкость (более 0,3%)	41	Работоспособно. Активность диспергирующе-стабилизирующей присадки средняя
	Размытая зона ядра «рваная», четко очерченная зигзагообразная граница зоны диффузии. В пробе масла присутствует небольшое количество охл. жидкости. Широкая задиффузионная зона – наличие моторного топлива (более 5%)	128	Условно работоспособно. Активность диспергирующе-стабилизирующей присадки низкая. Наблюдается срабатывание моющей присадки
	Отсутствие диффузионной и задиффузионной зон. В пробе масла присутствует охл. жидкость (более 3%), моторное топливо (около 7%)	178	Неработоспособно. Исчерпание диспергирующе-стабилизирующей и моющей присадок
	Полное отсутствие границ диффузионной и задиффузионной зон	253	Полная потеря служебных свойств моторного масла. Срочная замена масла. Устранение неисправностей систем ДВС

масла Mobil 5W40 – 0,26%, Mobil 10W40 – 0,37%, Mobil 5W30 – 0,16%, при предельной концентрации, установленной Ю. А. Гурьяновым в работе [13], – 0,2%. Таким образом, наблюдается существенное превышение концентрации охлаждающей жидкости, по-видимому, это обстоятельство связано с тем, что базовые масла имеют различную природу и вязкость,

и более вязкие масла сорбируют большую концентрацию охлаждающей жидкости.

Кроме того, высокая концентрация охлаждающей жидкости объясняется тем, что эксплуатация автомобилей и, соответственно, отбор проб, осуществлялся в экстремальный период осенне-зимней эксплуатации транспортных средств.



Рис. 8. Сравнительный вид хроматограмм: а – вид хроматограммы после выдержки на тигле; б – вид хроматограммы после выдержки при комнатной температуре в течение 2 часов

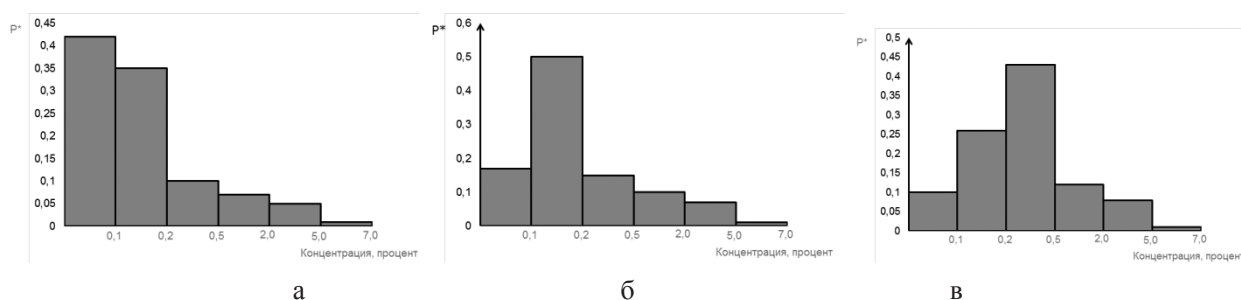


Рис. 9. Вероятность распределения концентрации охлаждающей жидкости: а – концентрация охлаждающей жидкости в моторном масле Mobil 5W40; б – концентрация охлаждающей жидкости в моторном масле Mobil 10W40; в – концентрация охлаждающей жидкости в моторном масле Mobil 5W30

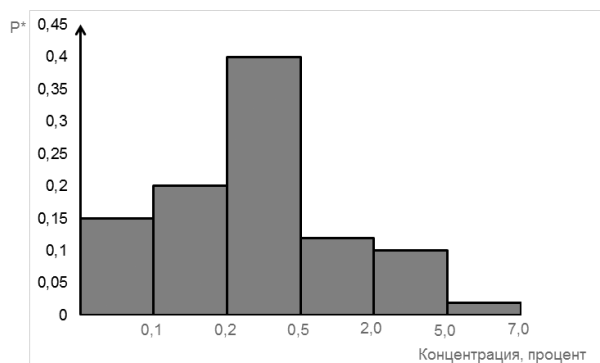


Рис. 10. Вероятность распределения моторного топлива в работающем масле

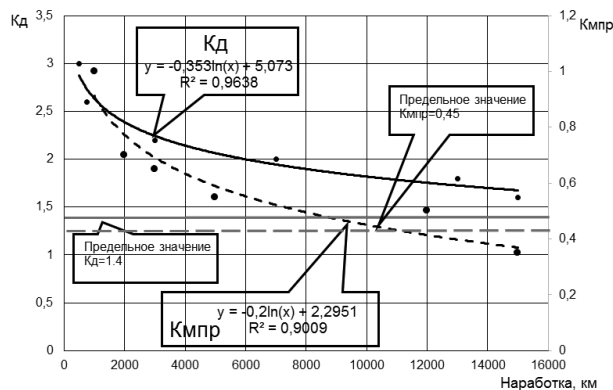


Рис. 11. Оценка работоспособности моторного масла по коэффициенту диспергирующей способности K_d и коэффициенту загрязненности моторного масла механическими примесями $K_{МП}$

Доля проб масел, загрязненных топливом, составила 60%. Диапазон изменения концентрации топлива в масле бензиновых двигателей составляет от 0–5%. Наиболее вероятными являются значения концентрации от 0,5 до 2%.

Данные графика 10 свидетельствуют, что среднее значение концентрации топлива в моторном масле составляет 1,65% при предельном значении 0,6%. Это обстоятельство связано не только с отказами систем двигателя, но и с качеством топлива.

Из данных графика 11 следует, что наработка моторного масла регламентируется коэффициентом загрязненности моторного масла механическими примесями $K_{МПР}$ и составляет, при его предельном значении, около 12 000 км.

При такой наработке дисперсанты, входящие в состав моторного масла, полностью исчерпывают свои служебные свойства. Таким образом, регламентная смена масла должна проводиться при превышении предельных значений одного из коэффициентов.

Выводы

1. Рассмотрены основные причины изменения служебных свойств моторных масел в осенне-зимний период эксплуатации ДВС.

2. Предложен способ оценки работоспособности моторного масла по коэффициенту диспергирующей способности и коэффициенту загрязненности моторного масла механическими примесями.

3. Радиус зоны ядра хроматограммы зависит от вязкости, массы, плотности капли моторного масла и радиуса частиц загрязнителя.

4. Граница видимой зоны диффузии присадки зависит от коэффициента диффузии присадки в растекающейся капле, времени растекания, ее концентрации в работающем моторном масле, а также чувствительности прибора для измерения.

5. Диаметр пятна чистого масла на фильтровальной бумаге, образующийся в результате растекания капли, зависит от радиуса капли, пористости и толщины бумаги.

6. Теоретически обосновано, что работающее моторное масло, имеющее $K_{МПР} \geq 0,45$ и $K_D \geq 1,4$, подлежит замене.

7. Систематизированы виды хроматограмм синтетических сезонных моторных масел фирмы Mobil API SM.

8. Для достоверного анализа хроматограммы и постановки диагноза о работоспособности работающего моторного масла оптималь-

ное время выдержки хроматограммы при температуре 20 °С после ее полимеризации должно составлять не менее 2 часов.

9. Для оценки работоспособности работающих моторных масел предложена колориметрическая шкала капельных проб с учетом их пиксельных особенностей.

10. Наличие охлаждающей жидкости отмечено у 53% проб масел Mobil 5W40, 72% проб масел Mobil 10W40, 86% проб масел Mobil 5W30. Диапазон ее концентрации колебался от 0 до 7%. Наиболее вероятны значения от 0 до 1,5%.

11. Среднее значение концентрации топлива в моторном масле составляет 1,65%, при предельном значении 0,6%.

12. Нарботка моторного масла регламентируется коэффициентом загрязненности моторного масла механическими примесями $K_{МПР}$ и составляет, при его предельном значении, около 12 000 км.

Список литературы

1. Авдеевский В. С., Дроздов Ю. Н. Трибология и надежность машин. М. : Наука, 1990. 144 с.
2. Арабян С. Г. Масла и присадки для тракторных и комбайновых двигателей : справочник. М. : Машиностроение, 1984. 256 с.
3. Базаров И. П. Термодинамика // Химия и технология топлив и масел. 1961. Т. 176. № 4. С. 869–872.
4. Барышев В. И. Повышение надежности и долговечности гидросистем тракторов и дорожно-строительных машин в эксплуатации. Челябинск : Б. и., 1973. 110 с.
5. Большаков Г. Ф. Восстановление и контроль качества нефтепродуктов. 2-е изд., перераб. и доп. Л. : Недра, 1982. 148 с.
6. Большев Л. Н., Смирнов Н. В. Таблицы математической статистики. М. : Наука, 1965. 473 с.
7. Борзенков В. А., Гулимов В. И. Технология оценки качества нефтепродуктов с помощью полевой лаборатории ПЛ-2М. М. : ГОСНИТИ, 1989. 32 с.
8. Бошняк Л. Л. Измерения при теплотехнических исследованиях. Л. : Машиностроение, 1974. 448 с.
9. Бугаев В. Н. Эксплуатация и ремонт форсированных тракторных двигателей. М. : Б. и., 1981. 196 с.
10. Бутов Н. П. Система восстановления и использования отработанных автотракторных



масел в АПК : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Зерноград, 1998. 39 с.

11. Быстрицкая А. П., Петрищев А. Н. Экспресс-оценка качества работающих масел // Тракторы и автомобили. 1995. № 12. С. 21–25.

12. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости / пер. с англ. В. П. Пахомчика, А. С. Попо-

ва ; под ред. Г. Ю. Степанова. М. : Мир, 1973. 760 с.

13. Гурьянов Ю. А. Экспресс-методы и средства диагностирования агрегатов машин по параметрам масла : дис. ... д-ра техн. наук. Челябинск, 2007. 371 с.

Егоров Анатолий Васильевич, канд. техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: my-disk21@yandex.ru.

Зубова Елена Витальевна, канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: my-disk21@yandex.ru

Вахрушев Владимир Владимирович, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: my-disk21@yandex.ru.

Черепяхин Сергей Олегович, инженер, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: my-disk21@yandex.ru.

Попов Александр Михайлович, инженер, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: my-disk21@yandex.ru.

* * *

МЕТОДИКА РАСЧЕТА САЖЕСОДЕРЖАНИЯ В ОТРАБОТАВШИХ ГАЗАХ ПРИ ОТКЛЮЧЕНИИ ЧАСТИ ЦИЛИНДРОВ ДИЗЕЛЯ

В. Н. Кожанов, А. А. Петелин, О. Г. Завьялов

Проведены теоретические и экспериментальные исследования по влиянию отключения части цилиндров дизельного двигателя на его экономические и экологические показатели. Установлено, что отключение части цилиндров дизельного двигателя приводит к снижению расхода топлива в среднем на 25–27%, саже-содержания в отработавших газах – на 30–35%, в зависимости от режима работы двигателя. Исследования показали, что наиболее целесообразно использовать способ отключения части цилиндров для повышения экономичности и снижения токсичности отработавших газов дизельного двигателя на холостом ходу и малых нагрузках до коэффициента загрузки двигателя 0,23 от номинального. В настоящей статье приведены методика и результаты расчетных исследований изменения саже-содержания в отработавших газах дизельного двигателя при отключении части работающих цилиндров. Показан алгоритм расчета саже-содержания в отработавших газах дизельного двигателя на основании его теплового расчета. Расчет эффективных показателей дизельного двигателя и саже-содержание в отработавших газах выполнен в системе компьютерной алгебры, программном пакете Maple. Обоснована формула для расчета саже-содержания в отработавших газах дизельного двигателя при отключении части работающих цилиндров. Проведен анализ данных параметров регрессий, выбор уравнения регрессии. Для оценки параметров регрессий был использован метод наименьших квадратов. Рассмотрены три модели – линейная регрессия, степенная модель и экспоненциальная модель. С учетом коэффициентов детерминации и F -критерия Фишера для расчета выбрана экспоненциальная модель. Представлены результаты расчета саже-содержания в отработавших газах и коэффициента избытка воздуха дизельного двигателя при отключении части цилиндров.

Ключевые слова: саже-содержание, дизельный двигатель, отработавшие газы, коэффициент избытка воздуха, отключение части цилиндров.

Введение

Двигатели внутреннего сгорания, в частности дизели, широко применяются в тракторах, автомобилях, железнодорожном транспорте, судах и др.

Задача повышения экологической безопасности дизелей весьма актуальна, тем более что достигнутый уровень отечественных двигателей уступает аналогичным показателям лучших зарубежных аналогов США, Европы и Японии, особенно остро этот вопрос встает после вступления России в ВТО.

Проводимая в стране программа широкой дизелизации подвижного состава ставит более

остро вопросы защиты атмосферы от загрязнения токсичными ингредиентами в отработавших газах дизелей. В отработавших газах содержатся канцерогенные вещества, отрицательно влияющие на здоровье человека и окружающую среду.

При работе дизеля в атмосферу выбрасывается в среднем около 5 кг сажи на 1 тонну сгоревшего топлива. При этом в зависимости от режима работы двигателя на долю сажи приходится от 30 до 90% токсичного воздействия, обусловленного наличием в ней бенз(а)пирена [1].

Одним из известных путей решения этой проблем является использование метода



отключения части цилиндров дизеля на режимах малых нагрузок и холостого хода.

Этот метод известен в двигателестроении как средство повышения экономичности работы дизелей на режимах малых нагрузок и холостого хода. Однако исследований, связанных со снижением токсичности отработавших газов, проведено недостаточно.

Таким образом, имеется необходимость теоретического исследования изменения содержания токсичных компонентов в отработавших газах дизеля с отключением части цилиндров.

Для достижения цели решалась следующая задача – разработать методику расчета сажесодержания отработавших газов дизеля при отключении части его цилиндров.

Алгоритм расчета сажесодержания в отработавших газах

На основе исходных данных был проведен тепловой расчет двигателя, в результате которого определялись индикаторные показатели двигателя. По результатам теплового расчета производилось построение индикаторной диаграммы, выполнялся расчет механических потерь и эффективных показателей двигателя (рис. 1).

Эффективную мощность двигателя в зависимости от количества работающих цилиндров можно рассчитать по полученной нами формуле:

$$N_e^{Z_p} = N_e^H \cdot k_N, \text{ кВт}, \quad (1)$$

где N_e^H – номинальная эффективная мощность двигателя, кВт;

k_N – коэффициент изменения номинальной мощности двигателя при отключении части цилиндров:

$$k_N = \frac{z_p}{i} - \frac{z_b}{i} \cdot \delta_{мп} \left(\frac{1}{\eta_m^H} - 1 \right), \quad (2)$$

где η_m^H – эффективный КПД при номинальной мощности;

i – количество цилиндров в двигателе;

z_p – количество работающих цилиндров;
 z_b – количество выключенных цилиндров;
 $\delta_{мп}$ – снижение механических потерь:

$$\delta_{мп} = 1 - (\delta_{тн} + \delta_{нх} + \delta_{грм});$$

$\delta_{тн}$ – доля механических потерь на привод топливного насоса;

$\delta_{нх}$ – доля механических потерь на насосные ходы;

$\delta_{грм}$ – доля механических потерь на привод газораспределительного механизма.

В результате преобразований получаем:

$$N_e^{Z_p} = \frac{N_e^H}{i \cdot \eta_m^H} \cdot \left[\frac{z_p}{i} - \frac{z_b}{i} \cdot \delta_{мп} \cdot \left(\frac{1}{\eta_m^H} - 1 \right) \right], \text{ кВт}. \quad (3)$$

Часовой расход топлива в зависимости от количества работающих цилиндров рассчитывался по формуле:

$$G_t^{Z_p} = \frac{3,6}{H_u \cdot \eta_i^{Z_p}} \cdot (N_e^{Z_p} + N_{мп}^{Z_p}), \text{ кг/ч}, \quad (4)$$

где $\eta_i^{Z_p}$ – индикаторный КПД;

$N_{мп}^{Z_p}$ – мощность мех. потерь в зависимости от числа работающих цилиндров, кВт.

Коэффициент избытка воздуха – отношение действительного количества воздуха к теоретически необходимому для полного сгорания топлива:

$$\alpha^{Z_p} = \frac{G_b^{Z_p}}{L_0 \cdot G_t^{Z_p}}, \quad (5)$$

где $G_b^{Z_p}$ – действительный расход воздуха, кг/ч.

Сажесодержание в отработавших газах в г/м³ определялось по уточненной формуле [2]:

$$D = a \cdot e^{-b \cdot \alpha}, \text{ г/м}^3, \quad (6)$$

где a, b – постоянные коэффициенты.

Расчет выполнен в системе компьютерной алгебры, программном пакете - Maple

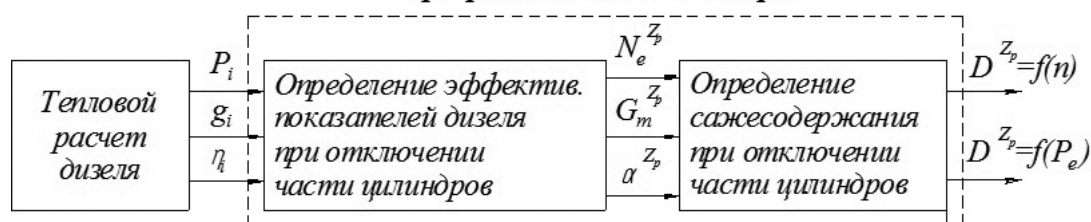


Рис. 1. Алгоритм расчета сажесодержания в отработавших газах дизеля

Таблица 1 – Линейная регрессия

Вывод итогов						
Регрессионная статистика						
Множественный R	0,970672					
R-квадрат	0,942205					
Нормированный R-квадрат	0,930646					
Стандартная ошибка	0,024477					
Наблюдения	7					
Дисперсионный анализ						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>	
Регрессия	1	0,048836	0,048836	81,51256	0,000278476	
Остаток	5	0,002996	0,000599			
Итого	6	0,051832				
	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>
Y-пересечение	0,684592	0,061527	11,12667	0,000102	0,526431636	0,842752683
Переменная X 1	-0,08036	0,0089	-9,02843	0,000278	-0,1032354	-0,057477188
R² = 0,942205 – Связь между переменными весьма высокая.						
Fкрит=6,607891						

Таблица 2 – Степенная модель

Вывод итогов						
Регрессионная статистика						
Множественный R	0,998989218					
R-квадрат	0,997979457					
Нормированный R-квадрат	0,997575349					
Стандартная ошибка	0,041362697					
Наблюдения	7					
Дисперсионный анализ						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>	
Регрессия	1	4,225141906	4,225141906	2469,582806	6,23537E-08	
Остаток	5	0,008554364	0,001710873			
Итого	6	4,23369627				
	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>
Y-пересечение	2,847403586	0,103971885	27,38628405	1,21466E-06	2,580135346	3,114671826
Переменная X 1	-0,74742682	0,015040313	-49,69489718	6,23537E-08	-0,786089176	-0,708764464
R² = 0,997979457 – Связь между переменными весьма высокая.						
Fкрит=6,607891						

Таблица 3 – Экспоненциальная модель

Вывод итогов						
Регрессионная статистика						
Множественный R	0,983450703					
R-квадрат	0,967175285					
Нормированный R-квадрат	0,960610342					
Стандартная ошибка	0,032406241					
Наблюдения	7					
Дисперсионный анализ						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>	
Регрессия	1	0,154714683	0,154714683	147,3242455	6,7072E-05	
Остаток	5	0,005250822	0,001050164			
Итого	6	0,159965505				
	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>
Y-пересечение	2,144438015	0,022837433	93,90013191	2,59684E-09	2,085732524	2,203143507
Переменная X 1	-1,727693021	0,142340821	-12,13771995	6,7072E-05	-2,09359175	1,361794293
R² = 0,967175285 Связь между переменными весьма высокая.						
Fкрит=6,607891						



Расчет эффективных показателей дизеля и сажесодержание в отработавших газах выполнен в системе компьютерной алгебры, программном пакете Maple.

Для уточнения данного выражения (6) нами был проведен анализ данных, выбор уравнения регрессии.

Обоснование формулы сажесодержания. Анализ данных. Нелинейная регрессия. Выбор уравнения регрессии. Построение уравнения регрессии сводится к оценке ее параметров.

Для оценки параметров регрессий был использован **метод наименьших квадратов (МНК)**.

Суть **МНК** заключается в нахождении коэффициентов зависимости, при которых функция двух переменных a и b принимает наименьшее значение:

$$F(a, b) = \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i + b))^2.$$

Для оценки качества подбора функции рассчитывается квадрат линейного коэффициента корреляции, называемый коэффициентом детерминации.

Чем больше доля объясненной вариации ($r_{yx}^2 > 0,7$), тем, соответственно, меньше роль прочих факторов, и, следовательно, модель хорошо аппроксимирует исходные данные, и ею можно воспользоваться для прогноза значений результативного признака.

Т.к. в большинстве случаев уравнение регрессии приходится строить на основе выборочных данных, то возникает вопрос об адекватности построенного уравнения генеральным данным.

Для этого проводится проверка статистической значимости коэффициента детерминации на основе F -критерия Фишера. Выполняется

сравнение фактического $F_{\text{факт}}$ и критического (табличного) $F_{\text{табл}}$ значений F -критерия Фишера.

Если $F_{\text{табл}} < F_{\text{факт}}$, то гипотеза о случайной природе оцениваемых характеристик отклоняется и признается их статистическая значимость и надежность [3].

Нами были рассмотрены три модели: линейная регрессия, степенная модель, экспоненциальная модель (табл. 1, 2 и 3).

По F -критерию Фишера регрессия статически значима и надежна при доверительной вероятности 95%. Расчетное значение F -статистики для линейной модели равно: $F_{\text{лин}} = 81,51256$, оно оказалось значительно больше критического уровня.

По F -критерию Фишера модель статически значима и надежна при доверительной вероятности 95%. Расчетное значение F -статистики для степенной модели равно: $F_{\text{степ}} = 147,3242455$, оно оказалось значительно больше критического уровня.

По F -критерию Фишера модель статически значима и надежна при доверительной вероятности 95%. Расчетное значение F -статистики для экспоненциальной модели равно: $F_{\text{эксп}} = 2469,5828$, оно оказалось значительно больше критического уровня.

Общий вывод

Все модели по F -критерию Фишера значимы при доверительной вероятности 95%. С учетом коэффициентов детерминации и F -критерия Фишера в качестве модели предпочтительно выбрать **экспоненциальную**.

По результатам расчетного исследования были получены зависимости: сажесодержания в отработавших газах от коэффициента избытка воздуха (рис. 2).

Выделение токсичных компонентов (рис. 3) в отработавших газах зависит от коэффициента

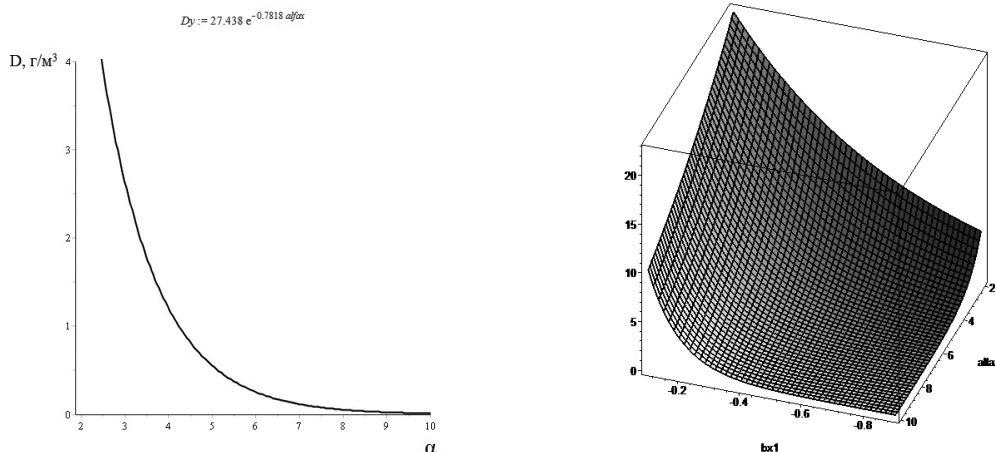


Рис. 2. Зависимость сажесодержания в отработавших газах от коэффициента избытка воздуха

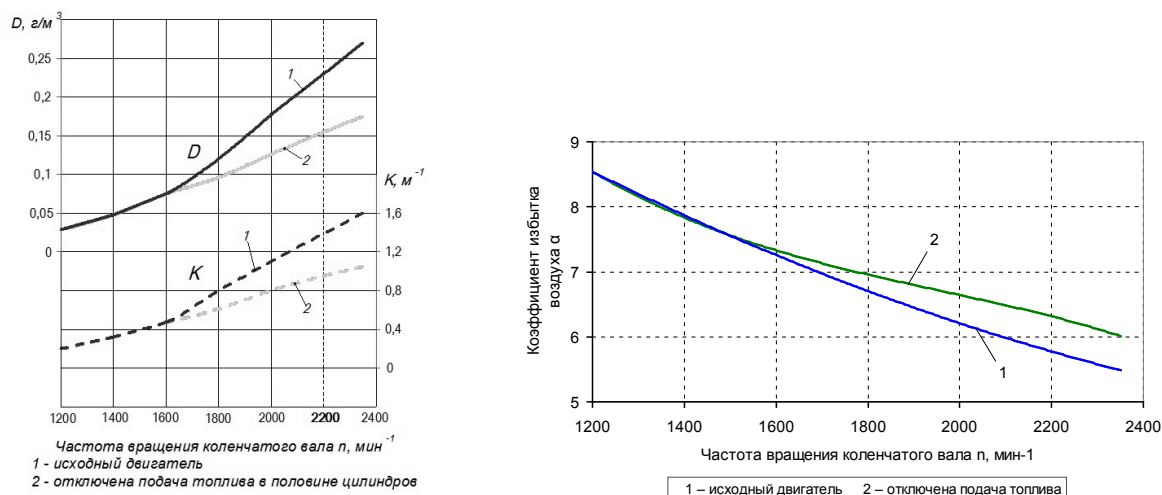


Рис. 3. Результаты расчета сажесодержания в отработавших газах и коэффициента избытка воздуха

избытка воздуха. При отключении подачи топлива по сравнению с исходным двигателем сажесодержание в отработавших газах на различных скоростных режимах уменьшается главным образом за счет увеличения коэффициента избытка воздуха [4, 5].

Выводы

С учетом коэффициентов детерминации и F -критерия Фишера в качестве модели предпочтительно выбрать экспоненциальную.

При отключении топлива в половине цилиндров количество сажи в отработавших газах снижается за счет повышения коэффициента избытка воздуха, на номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя ($n = 2200 \text{ мин}^{-1}$) на 30%.

Список литературы

1. Суркин В. И., Петелин А. А., Федосеев С. Ю. Экспериментальное исследование

дымности отработавших газов дизеля при отключении части его цилиндров // Вестник ЧГАА. 2012. № 61. С. 85–90.

2. Бунова Е. В. Снижение сажесодержания в отработавших газах тракторного дизеля за счет улучшения условий смесеобразования и сгорания : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1996. 18 с.

3. Туганбаев А. А., Крупин В. Г. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие. СПб. : Лань, 2011. 224 с.

4. Анализ характеристик холостого хода дизеля Д-240 при отключении части цилиндров / С. Ю. Федосеев [и др.] // Вестник ЧГАА. 2011. № 58. С. 166–169.

5. Петелин А. А., Федосеев С. Ю. Анализ нагрузочных характеристик дизеля Д-240 при отключении части цилиндров // Вестник ЧГАА. 2011. № 58. С. 148–151.

Кожанов Владимир Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».
E-mail: kozhanoww@mail.ru.

Петелин Андрей Александрович, аспирант кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».
E-mail: petelin_aa@mail.ru.

Завьялов Олег Геннадьевич, канд. физ.-мат. наук, доцент, заведующий кафедрой информационных технологий и прикладной математики, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».
E-mail: zavog@yandex.ru.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДВУХКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С НЕПРЕРЫВНОЙ ЗАГРУЗКОЙ

Л. И. Королькова

Целью работы является исследование параметров функционирования двухканальной системы обслуживания и сравнение результатов расчетов с широко используемыми упрощенными методами. Показатели системы вычисляются с использованием метода условных вероятностей, который не накладывает ограничений на закон распределения времени обслуживания. Метод состоит из трех этапов. Первый этап – описание структуры системы обслуживания и дисциплины обслуживания. На втором этапе проводится схематизация процесса ремонта (обслуживания), которая отличается от подавляющего большинства схем, марковских и полумарковских, односторонностью переходов из предыдущего состояния в последующее. На третьем этапе рассчитываются функции распределения времени пребывания системы в состояниях, приведенных на схеме, а также вероятности переходов, с помощью которых далее вычисляются функции распределения продолжительностей между смежными и несмежными состояниями. Последнее позволяет рассчитать не только функциональные и числовые характеристики длительности обслуживания, но и провести более детальный анализ. Для группы из шести объектов получено, что при среднем времени обслуживания партии в 161 ед. времени для 75 % партий среднее время обслуживания будет больше этой величины или близко к ней и составит 163,2 ед. времени, а для 25 % партий среднее время составит 154,6 ед. времени. Установлено, что аппроксимация времени обслуживания экспоненциальным распределением может существенно занижать оценку среднего времени обслуживания. Из анализа схемы следует, что обслуживание объектов не может быть закончено одновременно на обоих рабочих местах (каналах). Метод позволяет получить функцию распределения времени простоя второго канала, тогда как известные методы даже не указывают на простой одного из рабочих мест и не позволяют оценить среднее время простоя. Метод условных вероятностей, рассматривая функции распределения длительностей различных состояний системы обслуживания (ремонта) и вероятности переходов системы в эти состояния, позволяет оценить временные параметры обслуживания.

Ключевые слова: система обслуживания, метод условных вероятностей, схематизация, длительность обслуживания, простой рабочего места.

Актуальность темы

Эффективная эксплуатация сельскохозяйственной техники невозможна без ее технического обслуживания и ремонта. Актуальность различных видов ремонта обусловлена невысокими темпами пополнения парка сельскохозяйственной техники.

Потребности ремонтных и обслуживающих предприятий и организаций приводят к созданию и исследованию моделей обслуживания. Обслуживание объектов системой, состоящей из нескольких одинаковых рабочих мест (каналов), может быть описано моделью однопоточных параллельных процессов с возобновлением без

задержки возобновлений; под возобновлением процесса понимается обслуживание на рабочем месте нового объекта.

При выполнении однотипной операции на нескольких рабочих местах совокупность этих рабочих мест (технологический этап) представляет собой многолинейную (многоканальную) систему обслуживания. Если с этапа на этап (из цеха в цех) объекты передаются партиями (последовательный способ обработки), то загрузка рабочих мест будет непрерывной. Либо малое предприятие может состоять из участков, каждый из которых занимается полным ремонтом (восстановлением) деталей однотипной

номенклатуры и не связан или слабо связан с другими. Тогда работа участка моделируется многолинейной системой, которая в некоторые календарные периоды загружена непрерывно.

Цель исследований

Целью исследований является расчет и анализ показателей функционирования двухканальной системы обслуживания с непрерывной загрузкой.

Материалы и методы

Показатели систем обслуживания могут быть получены методом условных вероятностей (МУВ) [1–3].

Метод состоит из трех этапов. Первый этап – описание структуры системы обслуживания и дисциплины обслуживания. Структура системы обслуживания определяется заданием потока требований, количеством каналов, временем обслуживания, числом мест ожидания. Важным является то, что в разработанном методе формулы не накладывают ограничений на распределение времени обслуживания каналом.

Вторым этапом метода является схематизация общего процесса функционирования системы. Схема включает в себя состояния системы и переходы между ними. Состояния представляются составом длительностей одновременно протекающих процессов обслуживания. Переход в следующее состояние обусловлен завершением обслуживания одного объекта, т.е. принимается, что одновременное завершение обслуживания нескольких объектов невозможно. Принципиальным отличием от схем, предложенных, например, в работах [4–7], является *односторонность* переходов. Схематизация процесса отражает разделение реального множества однотипных систем на подмножества в процессе обслуживания объектов.

Третьим этапом метода является расчет функций распределения времени пребывания системы в состояниях, приведенных на схеме, а также вероятностей переходов из предыдущего в последующее состояние, с помощью которых вычисляются функции распределения продолжительностей между смежными и несмежными состояниями.

Результаты исследований

Рассмотрим двухканальную систему, обслуживающую партию из четырех или шести объектов. Примем, что время обслуживания одним каналом подчиняется распределению

Вейбулла $E(t) = 1 - \exp(-\lambda \cdot t^\alpha)$. Схема обслуживания четырех объектов ($z = 4$) составляется для случая однотипных рабочих мест одинаковой производительности, так что время обслуживания на обоих рабочих местах имеет одно и то же распределение. При этом на исходной схеме получаются две однотипные ветви (одна обусловлена окончанием обслуживания объекта на первом рабочем месте, другая – на втором рабочем месте), что позволяет их совместить. Таким образом, количество состояний общего процесса уменьшается в два раза (рис. 1).

На схеме в обозначении продолжительностей число обозначает номер обслуживаемого объекта, а индекс указывает на номер состояния и на остаток времени обслуживания.

Функция распределения времени обслуживания i -го объекта вычисляется по формуле $S_i(t) = \sum_k s_{0,k} S_{0,k}(t)$, где $s_{0,k}$ – вероятность перехода из исходного состояния в состояние k , $S_{0,k}(t)$ – функция распределения длительности $V_{0,k}$ от исходного до несмежных с ним состояний [8]. Соответственно, средняя длительность обслуживания составит $\bar{v} = \sum_k s_{0,k} \bar{v}_{0,k}$.

Результаты расчетов длительности обслуживания приведены в таблице 1. Расчеты проводились для продолжительностей обслуживания, подчиняющихся произвольному закону распределения. В силу простоты моделирования и получения разных по форме и масштабу распределений был выбран закон Вейбулла с функцией распределения $E_i(t) = 1 - \exp(-\lambda_i \cdot t^{\alpha_i})$ со следующими параметрами масштаба и формы: $\lambda_1 = 0,073$, $\alpha_1 = 1,05$ (распределение близко к экспоненциальному); $\lambda_2 = 9,2 \cdot 10^{-4}$, $\alpha_2 = 2$; $\lambda_3 = 1,2 \cdot 10^{-7}$, $\alpha_3 = 4$ (распределение близко к нормальному); $\lambda_4 = 9,2 \cdot 10^{-10}$, $\alpha_4 = 5$. Во всех случаях время обслуживания изменяется от нуля до 100 единиц времени.

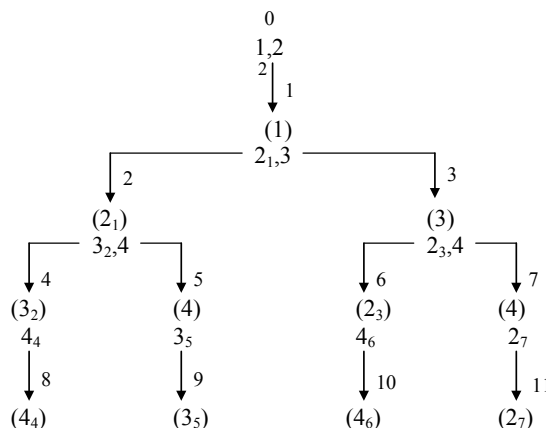


Рис. 1. Схема обслуживания четырех объектов



Как было ранее упомянуто, схематизация процесса показывает разделение реального множества систем ремонта и обслуживания на подмножества в процессе их функционирования. Из рисунка 1 следует, что в процессе обслуживания четырех объектов все множество систем разделится на четыре подмножества, различающиеся порядком обслуживания объектов. При этом каждое подмножество будет характеризоваться своим временем обслуживания. Средние времена $\bar{v}_{0,k}$ обслуживания четырех объектов в каждом подмножестве и их вероятности приведены в таблице 2, из которой, в частности, следует, что если время обслуживания распределено по закону $E_4(t) = 1 - \exp(-9,2 \cdot 10^{-10} \cdot t^5)$, то для 72,6% однотипных систем среднее время обслуживания составит 131,5 ед. времени и для 26% систем – 125,9 ед. времени (табл. 2). В целом же среднее время обслуживания четырех объектов $\bar{v} = 130$ ед. времени (табл. 1).

Рассмотрим множество одинаковых партий из шести объектов ($z = 6$), время обслуживания которых подчиняется, например, распределению $E_3(t)$. В процессе обслуживания исходное множество партий разделится на 16 подмножеств, отличающихся порядком обслуживания объектов каналами. Из расчетов следует, что при среднем времени обслуживания партии в 161 ед. времени для 75% партий среднее время обслуживания будет больше этой величины или близко к ней и составит 163,2 ед. времени, а для 25% партий среднее время составит 154,6 ед. времени.

Подчеркнем, что метод условных вероятностей в случае функционирования m параллельных процессов с возобновлениями без задержки возобновлений позволяет получить функцию распределения времени обслуживания объектов (рис. 2).

В подавляющем большинстве работ время ремонта считается детерминированной вели-

Таблица 1 – Средние длительности \bar{v}_i обслуживания i объектов, $z = 4$

Количество обслуженных объектов, i	$E_i(t) = E_1(t)$ $\bar{t}_1 = 12,4$	$E_i(t) = E_2(t)$ $\bar{t}_2 = 29,7$	$E_i(t) = E_3(t)$ $\bar{t}_3 = 49,2$	$E_i(t) = E_4(t)$ $\bar{t}_4 = 59,4$
1	6,6	21,2	41,4	51,8
2	12,8	35,0	56,6	66,9
3	18,7	49,5	86,8	106,9
4	31,1	70,4	109,7	130,0

Таблица 2 – Значения $s_{0,k}$, $\bar{v}_{0,k}$ при обслуживании четырех объектов

Номер состояния k	$E_i(t) = E_1(t)$		$E_i(t) = E_2(t)$		$E_i(t) = E_3(t)$		$E_i(t) = E_4(t)$	
	$s_{0,k}$	$\bar{v}_{0,k}$	$s_{0,k}$	$\bar{v}_{0,k}$	$s_{0,k}$	$\bar{v}_{0,k}$	$s_{0,k}$	$\bar{v}_{0,k}$
8	0,2580	32,7	0,4755	73,4	0,6985	111,4	0,7262	131,5
9	0,2501	30,1	0,2537	67,3	0,2590	105,6	0,2600	125,9
10	0,2526	31,8	0,2209	70,9	0,0421	108,3	0,0137	128,8
11	0,2394	29,6	0,0500	56,9	0,0003	73,7	$1 \cdot 10^{-5}$	83,0

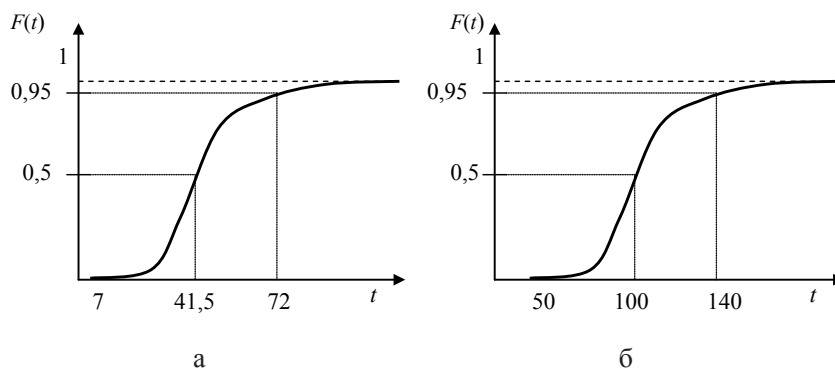


Рис. 2. Функции распределения времени обслуживания шести объектов:
а – $E_1(t) = 1 - \exp(-0,073 \cdot t^{1,05})$; б – $E_3(t) = 1 - \exp(-1,2 \cdot 10^{-7} \cdot t^4)$

чиной, например [9]. В этом случае, если взять среднее время ремонта равным \bar{t} , то время ремонта z объектов на m рабочих местах составит

$$\bar{t} \cdot z/m. \quad (1)$$

Однако такое упрощение на практике ведет к большим погрешностям расчетов (табл. 3).

На схеме (рис. 1) наглядно представлен тот факт, что обслуживание объектов не может быть закончено одновременно на обоих рабочих местах. Функция распределения времени простоя второго рабочего места в соответствии со схемой вычисляется по формуле:

$$F(t) = s_{0,8}S_{4,8}(t) + s_{0,9}S_{5,9}(t) + s_{0,10}S_{6,10}(t) + s_{0,11}S_{7,11}(t),$$

где $s_{0,8}, s_{0,9}, s_{0,10}, s_{0,11}$ – вероятности переходов из исходного состояния 0 соответственно в состояния 8, 9, 10, 11, в которых завершается обслуживание последнего, объекта из партии;

$S_{4,8}(t)$ – функция распределения времени обслуживания четвертого по счету объекта (на схеме обозначено 4₄);

$S_{5,9}(t)$ – функция распределения времени обслуживания третьего по счету объекта (обозначено 3₅) при том, что к этому моменту четвертый по счету объект уже был обслужен на втором рабочем месте и оно, соответственно, простаивает.

Аналогичный смысл имеют функции распределения $S_{6,10}(t)$ и $S_{7,11}(t)$. Графики функций распределения времени простоя приведены на рисунке 3.

На рисунке 3, в частности, показан размах времени простоя второго рабочего места; он соизмерим со средним временем обслуживания.

В подавляющем числе исследований систем массового обслуживания распределение времени обслуживания принимается экспоненциальным, что не соответствует практическим ситуациям [10–20]. Поэтому для сравнения были получены вероятностные и числовые характеристики длительности обслуживания

Таблица 3 – Среднее время обслуживания z объектов

z	$E_i(t) = E_1(t)$	$E_i(t) = E_2(t)$	$E_i(t) = E_3(t)$	$E_i(t) = E_4(t)$
	МУВ по (1)	МУВ по (1)	МУВ по (1)	МУВ по (1)
4	31,1 24,8	70,4 59,4	109,7 98,4	130,0 118,8
5	37,6 31,0	85,9 74,3	138,3 123,0	167,4 148,5
6	44,2 37,2	101,4 89,1	161,0 147,6	191,9 178,2

Таблица 4 – Среднее время обслуживания шести объектов

Среднее время обслуживания одним каналом	$\bar{t}_i = \bar{t}_2 = 29,8$		$\bar{t}_i = \bar{t}_3 = 49,7$		$\bar{t}_i = \bar{t}_4 = 59,5$	
	$\alpha = 2$	$\alpha = 1$	$\alpha = 4$	$\alpha = 1$	$\alpha = 5$	$\alpha = 1$
\bar{t}	101,4	18,9	161,0	17,0	191,9	211,4
σ	105,5	38,9	176,7	65,2	16,8	78,0

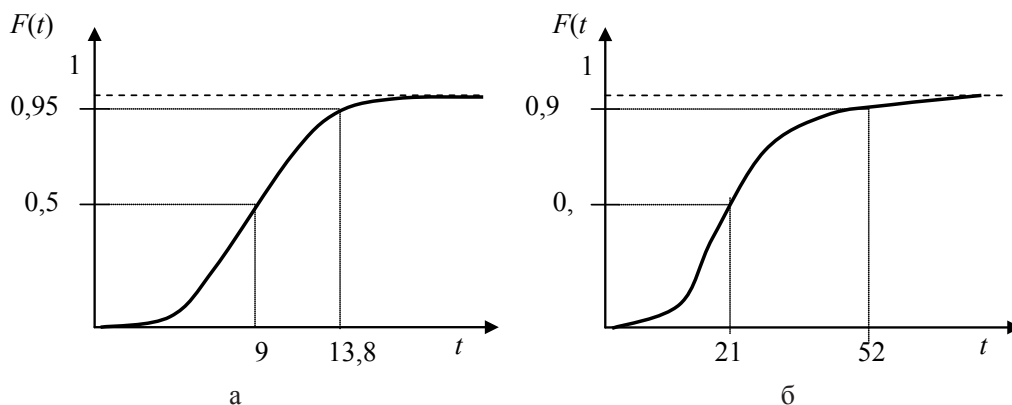


Рис. 3. Функции распределения времени простоя второго канала при обслуживании четырех объектов: а – $E(t) = 1 - \exp(-0,073 \cdot t^{1,05})$; б – $E(t) = 1 - \exp(-1,2 \cdot 10^{-7} \cdot t^4)$



группы объектов в предположении, что время обслуживания одним каналом подчинено распределению Вейбулла ($\alpha > 1$) и экспоненциальному распределению ($\alpha = 1$) с тем же средним. Средние \bar{t} и среднеквадратические σ значения длительности обслуживания шести объектов приведены в таблице 4.

Выводы

Метод условных вероятностей позволяет подробно исследовать функционирование многолинейных систем обслуживания с непрерывной загрузкой. В частности, получено, что аппроксимация времени обслуживания экспоненциальным распределением может существенно занижать оценку среднего времени обслуживания. Известные методы не указывают на простой одного из рабочих мест и, соответственно, не позволяют оценить среднее время простоя. Метод условных вероятностей, рассчитывая функции распределения параметров системы массового обслуживания, позволяет оценить числовые характеристики этих параметров.

Список литературы

1. Королькова Л. И., Переверзев П. П. Оптимизация процессов предприятия на основе новой методики расчета характеристик многофазной системы массового обслуживания с непрерывной загрузкой без промежуточных накопителей // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 3. Режим доступа : <http://www.science-education.ru/103-6424>.
2. Королькова Л. И. Трехстадийные повторяющиеся процессы // *Международный технико-экономический журнал*. 2012. № 2. С. 49–53.
3. Королькова Л. И., Игнатъев Г. С., Машрабов Н. Безотказность группы комбайнов с ненагруженным резервом // *Тракторы и сельхозмашины*. 2014. № 8. С. 46–48.
4. Gopalan M. N., Ramesh T. K. Probabilistic analysis of queues in tandem // *International Journal of Management System*. 1988. V. 4. № 1. P. 50–66.
5. Srinivasan S. K., Subramanian R. Reliability analysis of a three unit warm standby redundant system with repair // *Journal Annals of Operations Research*. 2006. V. 143. № 1. P. 227–235.
6. Wu J., Liu Z., Yang G. Analysis of the finite source MAP/PH/N retrial G-queue operating in a random environment // *Appl. Math. Model.* 2011. V. 35. № 3. P. 1184–1193.
7. Гуров С. В. Анализ надежности технических систем с произвольными законами распределений отказов и восстановлений // *Качество и надежность изделий*. М. : Знание 1992. С. 3–37.
8. Королькова Л. И. Расчет длительности действия однотипных параллельных процессов с возобновлением // *Обозрение прикладной и промышленной математики*. 2001. Т. 8. Вып. 2. С. 615–616.
9. Конкин Ю. А. Технический сервис в АПК: проблемы и пути их решения // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 1999. № 4. С. 2–6.
10. Головкин Н. И., Каретник В. О., Пелешок О. В. СМО с бесконечным накопителем и скачкообразной интенсивностью входного потока // *Автоматика и телемеханика*. 2009. № 10. С. 75–96.
11. Жидкова Л. А., Моисеева С. П. Исследование системы параллельного обслуживания кратных заявок простейшего потока // *Вестник Томского государственного университета*. 2011. № 4. С. 49–54.
12. Зарядов И. С. Система массового обслуживания GI/M/n с обобщенным обновлением // *Автоматика и телемеханика*. 2010. № 4. С. 130–139.
13. Ивановская И. А., Моисеева С. П. Математическая модель параллельного обслуживания заявок в распределенных вычислительных системах // *Сборник научных статей*. Минск, 2010. Вып. 3. С. 123–128.
14. Ким Ч. С., Клименок В. И., Орловский Д. С. Многолинейная система обслуживания с групповым марковским потоком и отрицательными заявками // *Автоматика и телемеханика*. 2006. № 12. С. 106–122.
15. Разумчик Р. В. Многолинейная экспоненциальная система массового обслуживания с отрицательными заявками и дополнительной очередью для вытесненных заявок // *Телекоммуникации и Транспорт*. 2011. № 7. С. 129–133.
16. Чаплыгин В. В. Многолинейная система массового обслуживания с конечным накопителем, блокировкой полумарковского потока заявок и выбиванием всех заявок из системы // *Информационные процессы*. 2010. Т. 10. № 3. С. 224–236.
17. Chakravarthy S. R. A disaster queue with Markovian arrivals and impatient customers // *Applied Mathematics and Computation*. 2009. V. 214. P. 48–59.
18. Kamlesh K., Madhu J. Threshold F-policy and N-policy for multi-component machining system with warm standbys // *Journal of Industrial Engineering International*. 2013. V. 9. P. 15–23.

19. Jongyoon K., Stanley B. G. Integrated quality and quantity modeling of a production line // Journal OR spectrum. 2005. V. 27. № 2–3. P. 287–314.

20. Wang K. H., Kuo C. C., Pearn W. L. (2008) A recursive method for the F-policy G/M/1/K queueing system with an exponential startup time // Applied Mathematical Modelling. 2008. V. 32. № 6. P. 958–970.

Королькова Любовь Ивановна, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Теоретическая механика и теория механизмов и машин», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: korolkovali@rambler.ru.

* * *

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ НАПЛАВКЕ, ТЕРМИЧЕСКОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Н. Машрабов, А. В. Геренштейн, Е. А. Геренштейн

Представлены результаты анализа и обоснования метода расчета температурного поля при наплавке, термической и механической обработке для деталей типа тел вращения. Определение температуры на поверхности и в глубине от действия наружного источника теплоты является ответственным этапом при разработке и установлении технологических параметров процессов сварки, наплавки, механической и термообработки, которые должны способствовать повышению долговечности деталей при их изготовлении и восстановлении, а также при проектировании и изготовлении оборудования. При анализе рассмотрены следующие методы решения поставленной теплофизической задачи: аналитический; аналитически-экспериментальный; экспериментальный; численный. Нами оценены характеристики поставленной задачи технологической теплофизики в баллах. Полученная сумма баллов 49 приводит к выбору метода конечных разностей. Для определения температурного поля в цилиндре при действии поверхностных тепловых источников впервые разработана дифференциально-разностная схема, полученная на основе комбинации явной и неявной схем. При использовании дифференциально-разностной схемы явная схема становится абсолютно устойчивой. С использованием разработанной схемы решена задача, далее разработана блок-схема расчета температурного поля при электродуговой наплавке и термической обработке деталей типа тел вращения при действии поверхностных тепловых источников. На основе блок-схемы разработано программное обеспечение «Тепло 6.0».

Ключевые слова: восстановление, температура, источник теплоты, устойчивость, метод конечных разностей, явная и неявная схемы.

Восстановление деталей машин является технически обоснованным (ресурс деталей после восстановления составляет 60...80% ресурса новых деталей) и экономически оправданным, прежде всего в связи возможностью повторного и неоднократного использования 60...75% изношенных деталей. Себестоимость восстановления ремонтпригодных деталей не превышает 30...50% цены новых, а расход материалов в 25...45 раз ниже, чем на их изготовление [1...4].

При этом большинство деталей автотракторной и сельскохозяйственной техники являются телами вращения, их доля составляет

64%; до 60% цилиндрических деталей изготавливаются из сталей марок 45, 45Х; длина их достигает 2000 мм, а основная доля (до 50%) в пределах 350...400 мм, диаметры находятся в интервале 30...70 мм и достигают до 170 мм. Длина шеек, подвергающихся износу и термообработке, – 20...60 мм, твердость поверхности – от 30 до 60 HRC [4, 5]. Для восстановления изношенных деталей с учетом их особенностей и требований широко применяется наплавка, а также разработаны способы и средства для их последующей обработки.

Однако не все вопросы, связанные с особенностями наплавки, можно считать достаточно

решенными, и в первую очередь это относится к расчетным методам проектирования технологического процесса наплавки и обработки конкретных деталей, которые неразрывно связаны с определением температурных полей.

Плазменная наплавка, напыление, напыление с последующим оплавлением, сварочные процессы, высокоскоростная аргоно-дуговая наплавка, поверхностная закалка, механическая обработка труднообрабатываемых деталей машин и другие технологические процессы требуют предварительного подогрева поверхности [6, 7, 8]. Предварительный подогрев – один из наиболее распространенных технологических приемов для регулирования температурных режимов рассматриваемых процессов. Поэтому необходимо установить время подогрева (10...15 с) [8, 9, 10, 11] до требуемой температуры при заданных параметрах процесса, теплофизических свойствах и геометрических размерах детали, а также при заданной мощности теплового источника. Недостаток или отсутствие информации о температурных полях приводит к неоправданным расходам времени и средств [3, 4, 5]. Из этого следует, что применение расчетных методов для выбора рациональных параметров подогрева и процесса в целом представляет как научный, так и практический интерес.

Определение температуры на поверхности и в глубине от действия наружного источника теплоты является ответственным этапом при разработке и установлении технологических параметров процессов сварки, наплавки, механической и термообработки, которые должны способствовать повышению долговечности деталей при их изготовлении и восстановлении, а также при проектировании и изготовлении оборудования [3, 10, 11].

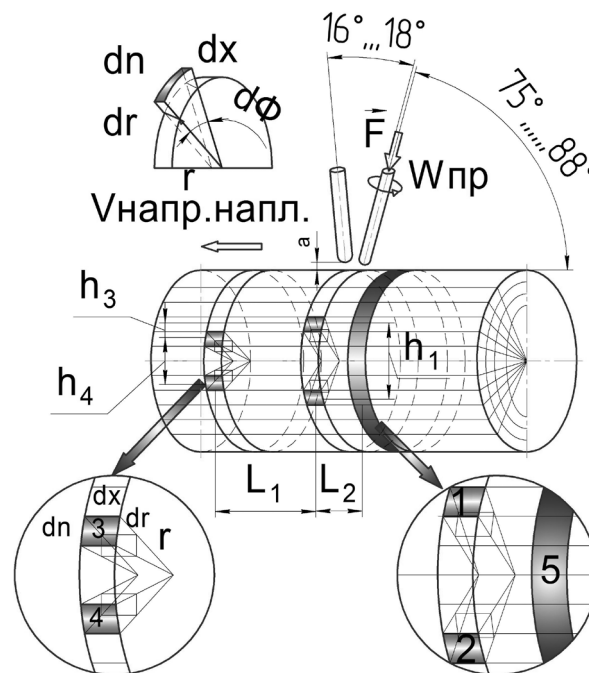
Задача: разработать термодинамическую модель расчета температуры в детали в процессе наплавки, упрочнения, учитывающую нелинейный характер тепловых потерь (во внешнюю среду) в деталях с радиусом R и длиной L является актуальной. Необходимое условие: начальная температура равна температуре окружающей среды; начиная с момента $t = 0$, боковая поверхность нагревается тепловым источником; количество теплоисточников n по радиусу и вдоль образующей равно или больше единицы; поверхность теплоизолирована или отдает тепло в окружающую среду в соответствии с законом Ньютона; допускается принудительное охлаждение нагреваемой поверхности.

На основе поставленной теплофизической задачи разработана схема расчета процесса обработки, которая приведена на рисунке 1.

При решении поставленной задачи основными факторами являются: теплофизические свойства материала детали, геометрические размеры детали, теплоотдача на границе в зависимости от температуры, угловая скорость детали, скорость движения источника тепла относительно оси детали, мощность источника тепла и др. [3, 4, 5, 8, 9].

Решение поставленной задачи по определению температурных полей в цилиндре при действии поверхностных тепловых источников имеет практическую значимость и в условиях реального производства позволит:

- сократить затраты времени инженеров-технологов и проектировщиков на этапе технологической и организационной подготовки производства;
- сократить затраты времени на обоснование технических параметров оборудования;
- уменьшить себестоимость выпускаемой продукции за счет сокращения времени



1–4 – источники теплоты; 5 – охладитель;
 L_1 – расстояние между источниками теплоты;
 L_2 – расстояние между источниками теплоты и охладителя; h_1, h_2, h_3 – расстояние между источниками теплоты вдоль окружности;
 d_n, d_x, d_r – размеры бесконечно малого объема цилиндра

Рис. 1. Расчетная схема нагрева и охлаждения



подготовительных операций, сокращения расхода электрической энергии.

Общеизвестное дифференциальное уравнение теплопроводности [2, 3, 8, 9] в цилиндрической системе координат имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} &= a \cdot \left[\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right] = \\ &= a \cdot \left[\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right], \end{aligned} \quad (1)$$

где $a = \frac{\kappa}{c\rho}$ – коэффициент температуропроводности, см²/сек;

$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ – оператор Лапласа, характеризующий отклонение температуры данной точки от средней температуры окрестных точек (положительный знак характеризует подвод тепла, отрицательный – отвод от заданной точки).

Однако во многих случаях, в частности, в нашей задаче теплопроводности, приходится рассматривать вращающуюся с угловой скоростью ω деталь типа тела вращения в неподвижной цилиндрической системе координат [12, 13]. Связывая угловую координату с местоположением теплоисточника, получим:

$$\varphi = \omega \cdot t + \psi, \quad (2)$$

где ψ – угловая координата отсчитываемого от местоположения теплоисточника.

Обозначая ψ , снова через φ получим дифференциальное уравнение теплопроводности для расчетной схемы (рис. 1), которое имеет следующий вид в цилиндрической системе координат, вращающейся со скоростью (ω):

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a \cdot \left[\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \omega \cdot \frac{\partial u}{\partial \varphi} \right], \quad (3)$$

где $\omega \cdot \frac{\partial u}{\partial \varphi}$ характеризует смещение источника от детали (угол поворота детали или пятна нагрева относительно источника).

Задача построения температурного поля (в нашем случае), как и любая задача прикладного характера, сопровождающаяся процессами нагрева и охлаждения и может быть решена следующими способами: 1 – аналитическим расчетом; 2 – аналитически-экспериментальным; 3 – экспериментальным; 4 – численным [8, 9, 14, 15].

Наиболее распространен в теории сварочных процессов и теплофизике металлообработки метод источников тепла. Он представляет собою гибкий, удобный в инженерных приложениях математический аппарат, позволяющий описывать тепловые явления в различных отраслях техники и технологии [8, 9].

Метод источников, начиная с работ акад. Н.Н. Рыкалина [8], рассматривается в отечественной литературе [2, 3, 5]. Главные положения метода источников состоят в следующем: 1) теплоисточник любой формы, движущийся или неподвижный, действующий временно или непрерывно, представляется как система точечных мгновенных источников тепла; 2) процесс распространения теплоты рассматривается в неограниченном теле. В основе математического аппарата метода источников лежит описание температурного поля, возникающего в неограниченном теле под действием теплоты, внесенной импульсом в виде мгновенного точечного источника. Это температурное поле описывается выражением [5, 8, 9]:

$$u(x, y, z, t) = \frac{Q}{c\rho(4\pi at)^{3/2}} \exp \frac{-R^2}{4at}, \quad (4)$$

где $u(x, y, z, t)$ – температура точки тела с координатами x, y, z , возникающая через t с после того, как в точке с координатами x_u, y_u, z_u имел место тепловой импульс;

$R^2 = (x_u - x)^2 + (y_u - y)^2 + (z_u - z)^2$ – квадрат расстояния от точки до источника;

Q – количество тепла.

Выражение (4), впервые полученное Кельвином, является так называемым фундаментальным решением уравнений (2), (3). Пользуясь этим решением, многие авторы описывали температурные поля, возникающие под действием различных источников теплоты.

Аналитические, аналитически-экспериментальные методы решения дифференциальных уравнений с заданными краевыми условиями позволяют эффективно решать сравнительно узкий круг задач теории теплопроводности. При рассмотрении уравнений с более общими краевыми условиями точные методы решения наталкиваются на большие трудности, которые становятся непреодолимыми при рассмотрении нелинейных задач, а также учитывая выводы, приведенные в [8], «учет зависимости коэффициентов теплофизических свойств металла и теплоотдачи от температуры приводит к линейным дифференциальным уравнениям процесса и к нелинейным граничным условиям,

и ведет к невозможности получения расчетных уравнений процесса аналитическими методами». Учитывая вышесказанное и рекомендации по решению подобных задач [8, 9, 14, 15], поставленная теплофизическая задача решается численным методом. В зависимости от характеристики решаемых задач используют множество видов численных методов. В литературе [14, 15, 16] описаны эти методы и приведены соответствующие рекомендации по их использованию с учетом особенностей, ограничений и граничных условий решаемых задач.

При выборе того или иного численного метода необходимо учитывать их возможности, характеристики и рекомендации. Сравнительные характеристики методов конечных разностей и конечных элементов приведены в таблице 1 [15].

В работе [17] приведена методика выбора метода решения теплофизических задач. Согласно методике оцениваются в баллах характеристики задачи технологической теплофизики, приведенные в таблице 2. После чего по данным таблицы 3 выбирают метод решения.

Согласно поставленной задаче требуется получить формулы для расчета температуры в детали при наплавке при неустановившемся и установившемся теплообмене, причем такие задачи в условиях данного производства и исследования приходится решать систематически. Оцениваем баллы: 10 (описание температурных полей); 5 (трехмерная задача); 2 (несложная си-

стема тел); 2 (простая конфигурация тел); 8 (теплофизические характеристики, т.е. теплоотдача зависит от температуры); 5 (в системе имеются движущиеся источники тепла); 5 (нестационарное и квазистационарное); 7 (задача решается систематически). Сумма баллов 49 приводит к выбору метода конечных разностей.

Метод конечных разностей основан на замене производных их приближенным значением, выраженным через разности значений функции в отдельных дискретных точках – узлах сетки. Дифференциальное уравнение в результате таких преобразований заменяется эквивалентным соотношением в конечных разностях, решение которого сводится к выполнению несложных алгебраических операций.

Рассматриваемая теплофизическая задача относится к дифференциальным уравнениям в частных производных (параболического типа). При ее решении с целью определения температуры в узлах сетки применяют различные конечно-разностные схемы [16, 17]. Под разностной схемой понимается совокупность разностных уравнений, аппроксимирующих основное дифференциальное уравнение во всех внутренних узлах сетки и дополнительные (начальные и граничные) условия – в граничных узлах сетки. При использовании этих схем необходимо учесть их устойчивость. Схема называется устойчивой, если малые погрешности, допущенные в процессе решения, затухают или, во всяком случае, остаются малыми, при

Таблица 1 – Сравнение характеристик методов конечных разностей и конечных элементов

Метод конечных элементов	Метод конечных разностей
Приближенный метод решения задач, описываемых дифференциальными уравнениями	Приближенный метод решения задач, описываемых дифференциальными уравнениями
Включает решение больших «разреженных» систем уравнений	Включает решение больших «разреженных» систем уравнений
Постановка может быть достаточно сложной, с многочисленными вводами и выдачами	Постановка довольно проста, содержит мало вводов и выдач
Весьма велик выбор типов, форм и размеров элементов	Обычно требуются правильные сетки. Трудно выбрать экономичную сетку
Позволяет решать задачи с неоднородными и анизотропными распределениями параметров	Плохо приспособлен для решения задач с неоднородными и анизотропными распределениями параметров
Позволяет создать универсальные программы, которых довольно много	Для решения каждой задачи составляется своя программа
Требует достаточно высокой квалификации и опыта	Чтобы получить решение, достаточно описать задачу дифференциальным уравнением
Каждое решение применимо лишь для конкретной задачи – решения не допускают обобщения	Каждое решение применимо лишь для конкретной задачи – решения не допускают обобщения
Представление граничных условий не вызывает затруднений	Представление граничных условий связано с трудностями



неограниченном увеличении номера текущего временного слоя, в противном случае схема называется неустойчивой [14, 16, 17]. Например, при переходе от слоя к слою погрешности округлений могут создать большие отклонения от точного решения краевой задачи и привести к результатам, не имеющим ничего общего с действительностью. В литературе [16, 17] выделяют явные и неявные конечно-разностные схемы. Их характеристики и условия применения приведены в литературе [14...17]. Явную схему можно применять при определенных соотношениях пространственно (h)-временной (τ) сетки, то есть при условии $\tau \leq 0,5 h^2$, это приводит к тому, что при малом шаге h вынуждены выбирать слишком мелкий шаг по времени τ . Это в свою очередь приводит к значительному увеличению затрат времени счета на ЭВМ и не может быть оправдано требованиями точности [14, с. 516]. Поэтому явная схема называется условно устойчивой, в то время как неявная схема

при любых соотношениях (h) и (τ) устойчива [12, 14, 16, 17]. При использовании неявной схемы во время перехода от слоя к слою требуется каждый раз решать систему уравнений с так называемой 3-диагональной матрицей. Такая схема для одномерной задачи предпочтительна. Для многомерных задач (в нашем случае трехмерная задача) возникают проблемы составления и решения уравнений.

Учитывая вышесказанное, в настоящей работе поставленная физическая задача (рис. 1) решена численным методом.

Граничные условия на цилиндрической части детали:

$$U_r = \begin{cases} Q & \text{при } r = 1, 0 < \varphi < a, \\ z_0 + vt < z < z_0 + b + vt, \\ l \cdot (T - U) & \text{при } r = 1 \text{ на охлаждающей} \\ & \text{поверхности (закон Ньютона)}. \end{cases}$$

Таблица 2 – Оценка характеристик задач технологической теплофизики

Характеристики	Вариант задачи	Балл
Цель расчета	Ориентировочный анализ	1
	Определение температуры на контактных поверхностях	3...5
	Описание температурных полей	8...10
Мерность задачи	Одномерная	1
	Двумерная	3
	Трехмерная	5
Число компонентов (твердых тел)	Одно тело	1
	Система тел	3...5
Конфигурация тел	Простая	1...2
	Сложная	3...6
Теплофизические характеристики тел	Постоянные	1
	Зависящие от температуры	10
Движение компонентов системы или источников	Неподвижные	2
	Движущиеся	3...5
Вид процесса теплообмена	Стационарный	1
	Нестационарный	7
Требуемый результат	Аналитические закономерности	1
	Численные значения температур	5
Потребность в решении однотипных задач	Один раз	1
	Периодически	5
	Систематически	7

Таблица 3 – Оценка методов решения теплофизических задач

Метод решения	Суммарный балл
Непосредственное интегрирование дифференциального уравнения теплопроводности	10...12
Метод источников	12...30
Моделирование на электропроводной бумаге	30...33
Моделирование на RC-сетях	30...40
Метод конечных элементов	41...45
Метод конечных разностей	41...60

На торцах детали охлаждение также происходит по закону Ньютона:

$$U_z = -l(T - U) \text{ при } z = 0;$$

$$U_z = l(T - U) \text{ при } z = L.$$

В начальный момент времени температура известна.

Если на границе имеется движущийся тепловой источник, то удобно рассматривать вращающуюся систему координат с постоянной угловой скоростью ω . Тогда уравнение теплопроводности (1) примет вид (коэффициенты и переменные безразмерные):

$$\frac{\partial u}{\partial t} - \omega \frac{\partial u}{\partial \varphi} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2}. \quad (1)$$

В этом случае для устойчивости явной численной схемы уравнения (1) приходим к линейному уравнению в частных производных первого порядка [18]:

$$\frac{\partial}{\partial t} \bar{u}_{ik} - \omega \frac{\partial}{\partial \varphi} \bar{u}_{ik} + \mu \bar{u}_{ik} = f_{ik}, \quad (2)$$

где $f_{ik} = \left(\frac{2r_i + h}{2r_i} u_{i+1,k} + \frac{2r_i - h}{2r_i} u_{i-1,k} \right) \frac{1}{h^2} + \frac{u_{i,k-1} + u_{i,k+1}}{(r_i \alpha)^2}$;

$$\mu = \frac{2}{h^2} + \frac{2}{(r_i \alpha)^2}.$$

Предполагается, что для каждого значения r правая часть f_{ik} является функцией (разумеется, известной) аргумента φ . Индекс i означает номер узла сетки по радиусу, индекс k – номер узла сетки по углу. В выражении (2) черта над функцией u означает ее значение на следующем временном слое. Отсутствие черты означает вычисленное значение той же функции на предыдущем временном слое.

Решение уравнения (2) (явная схема) имеет вид [19]:

$$\bar{u}_{ik} = u(\varphi + \omega \tau) e^{-\mu \tau} + \int_0^\tau e^{-\mu \varphi} f(\varphi + \omega s) d\varphi. \quad (3)$$

Здесь $u(\varphi + \omega \tau)$ означает узлы (i, k) сетки, при которых $u_{i,k} = u(\varphi + \omega \tau)$, т.е. значение $\varphi + \omega \tau$ попадает в узел (i, k) . Аналогичный смысл имеет выражение $f(\varphi + \omega s)$.

Таким образом, выражение (3) задает явную устойчивую схему для уравнения теплопроводности во вращающейся с угловой скоростью ω полярной системе координат. Интеграл в правой части (3) предполагает численное интегрирование в заданных узлах сетки функции.

Разработана блок-схема расчета температурного поля при электродуговой наплавке и термической обработке деталей типа тел вращения при действии поверхностных тепловых источников. На основе блок-схемы разработано программное обеспечение «Тепло 6.0» [20].

Полученные результаты использованы при разработке и установлении технологических параметров высокоскоростная аргоно-дуговая наплавки, поверхностной закалки деталей машин.

Список литературы

1. Черноиванов В. И., Лялякин В. П. Организация и технология восстановления деталей машин. М. : ГОСНИТИ, 2003. 488 с.
2. Сидоров А. И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. М. : Машиностроение, 1987.
3. Нефедов Б. Б. Тепловая эффективность плазменно-порошковой наплавки при восстановлении деталей сельскохозяйственной техники : автореф. дис. ... докт. техн. наук. М., 2002. 35 с.
4. Способы и средства повышения эффективности восстановления деталей с.х.т. Технологические рекомендации / Н. Машрабов [и др.]. М. ; Челябинск, 2009. 35 с.
5. Махненко В. И., Кравцов Т. Г. Тепловые процессы при механизированной наплавке деталей типа круговых цилиндров. Киев : Наукова думка, 1976.
6. Машрабов Н., Игнатъев А. Г., Сучилин В. И. Свойства и характеристики поверхностного слоя при восстановлении деталей высокоскоростной аргоно-дуговой наплавкой // Вестник ЧГАА. 2010. Т. 57. С. 115–122.
7. Машрабов Н. Установка для высокоскоростной наплавки // Вестник ЧГАУ. 2000. Т. 29. С. 69–70.
8. Рыкалин Н. Н. Расчеты тепловых процессов при сварке. М. : Машгиз, 1951.
9. Петров Г. Л., Тумарев А. С. Теория сварочных процессов. М. : Высш. шк., 1977. 392 с.
10. Wear Resistance of Plasma-Hardened Materials // Journal of Friction and Wear, 2011. Vol. 32. No. 1. pp. 17–22.
11. Korotkov V. A. Experience of Application of Plasma Hardening Unit UDГZ-200 at Enterprises of the Urals Region. // The Paton Welding Journal. 2012. № 5. pp. 46–48.
12. Машрабов Н., Геренштейн А. В., Геренштейн Е. А. Устойчивые явные схемы уравнения теплопроводности для одномерной задачи // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 67/1. С. 50–55.



13. Геренштейн А. В., Машрабов Н. Нагревание круга движущимся теплоисточником (тезисы) // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2008. Т. 15. Вып. 5. С. 870–871.
14. Вержбицкий В. М. Основы численных методов. М. : Высш. шк., 2002. 847 с.
15. Шуп Т. Решение инженерных задач на ЭВМ. М. : Мир, 1982. 235 с.
16. Самарский А. А. Теория разностных схем. М. : Наука, 1989. 614 с.
17. Годунов С. К., Рябенский В. С. Разностные схемы. М. : Наука, 1977. 439 с.
18. Геренштейн А. В., Геренштейн Е. А., Машрабов Н. Устойчивые явные схемы для уравнения теплопроводности для осесимметричной задачи // Вестник ЮУрГУ. Сер. : Математика. Механика. Физика. 2010. Вып. 2. № 9(185). С. 4–9.
19. Геренштейн А. В., Машрабов Н., Геренштейн Е. А. Устойчивые явные схемы для уравнения теплопроводности // Вестник ЮУрГУ. Сер. : Математическое моделирование и программирование. 2008. Вып. 1. № 15(115). С. 9–11.
20. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 19347. Расчет температурных полей в полых валах от действия поверхностных тепловых источников «Тепло 6.0» (программа) / заявитель ФГБОУ ЧГАА. 03.07.2013 г. М. : ФГНУ ИНИПИ, 2013.

Машрабов Нематулла, д-р техн. наук, профессор кафедры «Технология и организация технического сервиса», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: nmashrabov@yandex.ru.

Геренштейн Аркадий Васильевич, канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент кафедры прикладной математики, механико-математического факультета, ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет».

E-mail: Ark239@yandex.ru.

Геренштейн Евгения Аркадьевна, канд. техн. наук, старший преподаватель, кафедры прикладной математики, механико-математического факультета, ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет».

E-mail: H-Jane@rambler.ru.

* * *

УДК 63+633.1 : 631.559

ЧУЖИМ ХЛЕБОМ СЫТ НЕ БУДЕШЬ

В. В. Бледных

В работе рассмотрены основные составляющие повышения урожайности зерновых культур. Получен ответ на вопрос, почему нельзя сравнивать урожайность зерновых культур в России и Америке. Установлено влияние продолжительности солнечного света, тепла, влаги и питательных веществ в вегетационный период на урожайность.

Ключевые слова: земля, собственность, товаропроизводитель, урожайность, влагообеспеченность, климатический ресурс, техническая оснащенность, кадры.

Основной лозунг перестройки села, начатой более 20 лет назад, заключался в простой на первый взгляд идее: сельское хозяйство СССР имеет «неудовлетворительные» показатели по производительности труда, по продуктивности пашни и животных потому, что крестьянин работает на ничьей земле, он батрак у советской власти, которая эксплуатирует его через своих директоров и председателей колхозов. Поэтому, чтобы село хорошо работало, нужно отдать крестьянам в собственность землю и средства производства. Чувство хозяина позволит выращивать хорошие урожаи и иметь высокую продуктивность животных. Странно, но люди поверили в этот миф. Ого-

воримся сразу: городские жители. Село молчало. Оно молча смотрело на словесные фокусы исполнительной и законодательной власти и потихоньку умирало. Село не понимало, что его смерти ждут те, кому нужна земля, причем после гибели села ее можно будет взять бесплатно. Земельные кодексы успешно откладывались и волокитились до удобного момента. И он настал. Сейчас сельский товаропроизводитель в основной своей части безропотно отдаст землю любому, потому что земля перестала кормить крестьянина. Плодами крестьянского труда пользуются все, кроме самого крестьянина, а у него нет средств, чтобы купить горючее, технику и кормить себя.



Почему так происходит? Исторический опыт говорит о том, что в России так было всегда. При всех царях и при советской власти, хотя в меньшей степени. Крепостное право расцвело в России махровым цветом с легкой руки Петра I. Отношение к крестьянам как крепостным людям второго сорта сохраняется, к сожалению, в нашем обществе до сих пор. Общество хочет брать от крестьянина все, не давая взамен ему ничего, оставляя крестьянина жить в невероятно трудных условиях, один на один с его бедами и заботами.

До тех пор, пока общество не изменит к крестьянину своего отношения, не будет видеть в нем равноправного партнера, говорить о развитии и расцвете сельскохозяйственного производства в России бессмысленно.

Посмотрим реально, без лозунгов и подтасовок на проблемы сельского хозяйства через призму зернового производства, потому что главное звено сельского хозяйства в мире – производство зерна.

Урожай

Наукой и практикой давно установлено, что страна, где производится на душу населения около 1 т зерна в год, может обеспечить достойное питание своему населению и будет практически независимой в продовольственном отношении. России, чтобы вернуть продовольственную независимость, необходимо производить в среднем около 130–140 млн т зерна в год. Несмотря на значительное сокращение в последние годы, площадь пашни у нас в стране достаточно большая – около 125 млн гектар. По показателю пашнеобеспеченности Россия занимает одно из первых мест в мире, уступая Австралии и Канаде (0,88 га/чел).

Если бы было возможно засеять всю пашню зерновыми, то задача обеспечения продовольственной безопасности России была бы несложной – нужно иметь урожайность с 1 гектара около 11–12 центнеров с гектара.

Но кроме зерна, страна нуждается в технических культурах (сахарная свекла, лен и т.д.), масличных культурах (подсолнечник, рапс и т.д.), кормовых культурах для скота, картофеле и овощах. Чтобы поддерживать культуру земледелия на достаточно высоком уровне, необходимо иметь в наших условиях до 20–25% паров. Поэтому на долю зерновых культур остается около 60 млн гектар. Задача становится намного сложнее – с каждого гектара в среднем нужно получать уже около 24 центнеров.

Что имеем мы в мире? Канада в 1989–1999 годах имела урожайность пшеницы 21–24 центнера с гектара, США – 24–25 ц/га, Аргентина – 19–23 ц/га, Германия – 62–73 ц/га, Франция – 65–71 ц/га, Россия – 12–14 ц/га.

Не будем делать скоропалительных выводов и вспомним, от чего зависит урожайность сельскохозяйственных культур.

Растение, как любое живое существо, нуждается в определенных климатических условиях в процессе развития, чтобы оно созрело и дало какой-то урожай.

Среди главных факторов, определяющих развитие растений, выделим только три:

- солнечный свет;
- тепло;
- влага и питательные вещества.

На полях России солнечного света обычно достаточно, и он не является лимитирующим.

Сложнее с теплом. Потребность растений в тепле определяется как сумма средних суточных температур непосредственно в период их роста. Причем суммированию подлежат только среднесуточные температуры выше 10 градусов Цельсия. Холодные (среднесуточные температуры < 10 °С) и жаркие (среднесуточные > 10 °С) дни тормозят развитие растений и исключаются из суммирования. Для большинства зерновых культур, возделываемых в России, эта сумма температур составляет 1400–2200 градусов Цельсия. Даже средние показатели по теплообеспеченности позволяют выращивать в условиях России только небольшую группу растений. Например, для озимой ржи, серых хлебов вероятность требуемого обеспечения теплом за вегетационный период близка к 100%. Правда вероятность успешной перезимовки озимой ржи в большинстве зон около 50%.

Вероятность обеспечения теплом пшеницы в большинстве зон меньше 100%. Причем на показатель теплообеспеченности очень сильное влияние оказывает рельеф местности. Поэтому, если в среднем регион по теплообеспеченности благополучный, многие поля, расположенные в долинах и на северных склонах, испытывают дефицит тепла. Для большинства растений и зерновых культур в частности очень важным моментом является наличие комфортных температур в различные периоды фаз развития растений. Например, жара или холод в период налива приведут к резкому сокращению урожая.

Влагообеспеченность растений в большинстве зерносеящих районов России ниже

50–70% от оптимального уровня. Причем примерно 1 год из трех засушливый.

Что еще очень важно: все перечисленные факторы взаимосвязаны. И результат определяется худшим фактором. Например: достаточно света, влаги, питательных веществ, но тепла было мало. И урожай будет определяться только теплом. Это принцип последовательно соединенных водопроводных труб разного размера: пропускная способность такого водопровода определяется трубой самого маленького диаметра.

Расчеты показывают, что существует теоретическая вероятность получения урожая в среднем около 20–24 центнеров с гектара для большинства зерновых культур в Челябинской области. Климат многих зерносеющих районов Поволжья, Урала и Сибири аналогичен.

Чтобы получать в среднем по региону 20–24 центнеров с гектара нужно очень многое:

- иметь хорошую техническую оснащенность зернового производства;
- иметь серьезную селекционную и семеноводческую базу и сеять только высококачественными семенами;
- вносить в почву достаточное количество удобрений, несмотря на то, что эффективно они будут использоваться только в благоприятные по влаго- и теплообеспеченности годы и т.д.

По данным проф. П. И. Кузнецова, средняя многолетняя урожайность зерновых культур на госсортоучастках Курганской области составляет около 25,5 центнеров зерна с гектара, т.е. практически такая же, как в США и Канаде. Фактическая средняя урожайность зерновых по Курганской области за эти годы составила примерно 15,5 центнера с гектара. Почему возникает такая большая разница? Причина здесь одна – соблюдение технологии возделывания зерновых культур. На сортоучастках она соблюдается, а в хозяйствах нет. И дело не в том, что в хозяйствах работают бездарные и неумелые люди, а в том, что крестьянин вкладывает мало капитала в землю, ему это невыгодно из-за низких цен на зерно и высоких цен на технику, удобрения, горючее, ядохимикаты. А в сегодняшней ситуации вложить какие-то деньги в пашню крестьянин вообще не может по этой же причине.

Тот факт, что на богатейших русских черноземах мы получаем низкие урожаи, а другие страны, имея худшие земли, получают более высокие урожаи зависит не от крестьянина, а от

русского общества, никогда не желавшего заниматься проблемами села. Отношение к людям, работающим на земле, как к крепостным, смердам, к сожалению, сохраняется в нашем обществе до сих пор. Отношение к крестьянам как второсортным людям не позволяет обществу прислушиваться к селу во время постоянных реформ села. Почему село реформирует город? Почему получение сельскохозяйственного образования не престижно?

Обратимся к истории. В XIX веке урожайность зерновых культур во всех странах мира была очень схожей по абсолютным показателям с учетом климатических ресурсов. В том, что в течение XX столетия урожайность зерновых во многих странах выросла в 2–4 раза, видимо, виноваты США. Это они открыли университеты, где стали готовить специалистов для села, где сельскохозяйственная наука стояла на первом месте, это они наводнили Европу дешевым зерном и мукой, заставив европейцев серьезно заниматься сельским хозяйством и резко поднять урожайность зерновых культур. Сейчас США, Канада, высокоразвитые страны Европы имеют техническую вооруженность крестьянина примерно в 10 раз выше, чем у нас. Общественность России не поняла и не понимает этих изменений уже на протяжении более ста лет, она по-прежнему считает крестьянина своим быдлом, беспощадно эксплуатирует его, уничтожая тем самым государство и его экономику.

Завершая тезисный обзор проблем урожайности зерновых культур отметим еще один очень важный момент: по теплообеспеченности и продолжительности вегетационного периода климат русской пашни не позволяет выращивать такую высокоурожайную зерновую культуру, как кукуруза (в Америке и Европе ее урожайность свыше 100 центнеров с гектара), и такую высокобелковую культуру, как соя. На этих двух культурах во всем мире держится животноводство.

Техническая оснащенность сельскохозяйственного производства

Землю распахать можно и в тундре, в очень суровых климатических условиях, где вероятность получения какого-либо урожая очень мала или нужны огромные капитальные и энергетические затраты, чтобы получить стабильные урожаи, например теплицы. Основная пашня России расположена в худших по притоку энергии условиях (табл. 1).



С учетом количества энергии, поступающего на единицу площади пашни, Россия по пашнеобеспеченности выглядит уже весьма скромно, более чем в два раза уступая США. Находясь на последнем месте по количеству поступающего тепла, пашня России требует к себе и другого отношения. В чем основная разница в проведении сельскохозяйственных работ в России и, скажем, США, Германии?

Начнем с примера. В агроклиматической зоне Челябинска средняя дата перехода среднесуточной температуры выше 10 °С наступает 13 мая. Сельхозпредприятие возделывает мягкую пшеницу с вегетационным периодом 110–120 дней. Средняя дата перехода среднесуточной температуры ниже 10 °С наступает 15 сентября. Период с температурой больше 10 °С составляет 125 дней. Пшеницу теоретически можно выращивать без риска ее созревания. Но на самом деле все обстоит гораздо сложнее. По агротехническим нормам семена должны быть высеяны в почву, прогретую до температуры 10 °С и выше. Эта дата наступает на 4–5 дней позже, чем среднесуточная температура воздуха. Если в хозяйстве мало посевной техники или она ненадежна, то сев может длиться 15–20 дней. Итого из вегетационного периода изымается 20–25 дней. На развитие пшеницы остается около 100 дней, из которых еще нужно исключить холодные и жаркие дни и есть высокая вероятность, что она не созреет. Выход: нужно посевную компанию сократить до 3–4 дней. Но для этого нужно большое количество посевных и заправочных агрегатов, серьезная механизация всех вспомогательных работ.

В США или Западной Европе период с температурой выше 10 °С, как правило, в 1,5–2 раза превосходит потребности пшеницы в такой температуре и напряжении в период сева отсутствует. Сев может продолжаться спокойно 2–3 недели, растягивая затем период уборки урожая.

В России объективно необходимо сев проводить в очень короткие сроки. Это в свою очередь обуславливает то, что весь хлеб созреет почти одновременно и его нужно быстро убрать, иначе будут высокие потери урожая. Кроме того, на период уборки урожая в основных зерносеящих районах России приходится ненастная погода, которая делает невозможной уборку имеющимися средствами. Поэтому, как правило, во всех восточных районах России на уборку должно планироваться не более 10 дней.

Это снова приводит к большой потребности в уборочной технике. По нашим подсчетам нагрузка на комбайны в России должна быть в 2–2,5 раза меньше, чем в США и Западной Европе. Что мы имеем на самом деле? Наш крестьянин вооружен техникой не только выше, а в 5–10 раз ниже, чем в США (на 2000 г.). Какой же урожай от него ждать?

Из-за плохой технической оснащенности даже при благоприятных погодных условиях хлеб или не созреет, или потери урожая при уборке составят 40–50%.

Схожие рассуждения можно провести по любой культуре, возделываемой в наших условиях. Но для многих культур очень важен еще и безморозный период. Он у нас в зерносеящих районах составляет в среднем около 100 дней,

Таблица 1 – Земельный фонд некоторых государств (по Комову Н. В. Почвоведение. 1994. № 10)

Государство	Земельный фонд, млн га	Землеобеспеченность, га/чел.	Пашнеобеспеченность, га/чел.	Энергетический коэффициент	Приведен. пашнеобеспеченность, га/чел.
Россия	1709,6	11,6 (3)	0,89 (3)	0,19 (10)	0,17 (7)
Канада	997,6	37,4 (2)	1,72 (2)	0,16 (11)	0,28 (5)
Китай	959,7	0,8 (9)	0,08 (10)	0,43 (5)	0,03 (9)
США	937,3	3,8 (6)	0,75 (5)	0,42 (6)	0,31 (3)
Бразилия	851,2	5,6 (5)	0,34 (7)	0,85 (1)	0,29 (4)
Австралия	771,3	45,1 (1)	2,85 (1)	0,58 (3)	1,65 (1)
Аргентина	276,7	8,6 (4)	0,77 (4)	0,8 (2)	0,46 (2)
Франция	55,1	1,0 (8)	0,32 (8)	0,32 (8)	0,1 (8)
Испания	50,5	1,3 (7)	0,4 (6)	0,36 (7)	0,22 (6)
Япония	37,8	0,31 (11)	0,03 (11)	0,55 (4)	0,02 (11)
Великобритания	24,4	0,42 (10)	0,11 (9)	0,23 (9)	0,03 (10)

Примечание. В скобках указано место, которое занимает страна по приведенным показателям.

что выдвигает более жесткие требования к технической оснащенности сельского хозяйства России.

Итак, если крестьянину нечем сеять и убирать, то высокий урожай он вырастить и собрать не может, какие бы черноземы у него ни были на полях.

Цены на технику и зерно

Крестьянин не дурак и знает, что сельскохозяйственные работы в условиях России нужно проводить в очень сжатые сроки. Знает, но не может заплатить за необходимую технику и людей, которые на ней должны работать и содержать ее в исправном состоянии.

Возможности крестьянина в техническом оснащении зависят от соотношения цен на зерно и технику. Как и любой человек, крестьянин приобретает технику тогда, когда это выгодно.

Фактические сборы зерна (а они резко отличаются от того, что выросло на самом деле) зависят от технической оснащенности земледелия.

При низкой технической оснащенности земледелия получить среднюю урожайность зерна выше 10–12 центнеров с гектара невозможно. Высокая техническая оснащенность позволяет приблизиться к той урожайности, которую получают на госсортоучастках (25–26 центнеров с гектара).

Чтобы поднять урожайность с 10 ц/га до 24 ц/га, необходимо увеличить вложение капитала на 1 га в 8 раз, тогда как выход продукции с 1 гектара в денежном выражении возрастет в зависимости от цены реализации зерна в 2–2,5 раза. Более высокая цена, которую получит крестьянин за зерно, позволит ему иметь более высокую урожайность (17–19 центнеров с гектара, вместо 11–12 центнеров).

Такие рассуждения приводят к очень простому выводу: для устойчивого производства зерна необходимо увеличить техническую оснащенность земледелия минимум в 6–8 раз. Однако сам факт наличия техники еще не означает ее успешную работу. Нужны профессионально подготовленные кадры. Чтобы кадры подготовить и, главное, удержать их на селе, необходимо затратить много средств на создание человеческих условий жизни на селе: больницы, школы, жилье, дороги и т.д. Тогда будем получать урожай 24 центнера с гектара. И это тоже не все. Например, семеноводство в России находится на нулевом уровне (не в научном, а производственном плане). Здесь тоже нужны кадры. Другого выхода у нас нет.

Кадры. Стратегия управления

Скажите, как нужно хорошо работать, чтобы сносно жить, работая максимум 4 месяца в году? Что делать зимой, когда практически нет дорог, неэффективная связь и перебои с электроэнергией?

Обратимся к российскому опыту. Скажем, на Урале в досоветские времена большую долю сельскохозяйственной продукции производили горнозаводские люди, прекращавшие работу на заводах и фабриках в период сельскохозяйственных работ. На всей территории России крестьяне зимой валяли валенки, шили обувь, вязали платки, шорничали, бондарили и т.д., обеспечивая себя дополнительным заработком. В советское время тоже сформировался определенный симбиоз между городом и деревней. Город производил малонадежную, но дешевую технику, которая постоянно нуждалась в ремонте. Этим самым часть квалифицированного труда переносилась из города в деревню, занимая (не всегда эффективно) долгую зиму работой. Животноводство в принципе никогда не может поглотить всю массу рабочей силы, освобождающуюся осенью. Это одна из главных причин низкой производительности труда в сельском хозяйстве.

Что осталось от прошлого опыта, накопленного страной разочарованием и ошибками? Ничего. Село было объявлено псевдопатриотами «черной дырой», вместо того, чтобы понять и помочь ему перестроиться для работы в новых условиях. Первое, что нужно было сделать, – дать людям профессии, которые помогут людям зарабатывать на достойную жизнь. Это кузнецы, печники, шорники, столяры, краснодеревщики, плотники, горшечники и т.д. В каждом селении есть своя изюминка, свои природные ресурсы, которые можно заставить работать в долгую русскую зиму. Общество остается глухим. Школа реформируется, все более удаляясь от профессионализма, ослепленная западными пустышками. России сейчас, как никогда, нужно свое образование, а не подражания неизвестно чему. Нужна помощь государства в организации сбыта продукции. Сейчас крестьянин не может честно продать и исконно сельскую продукцию – зерно, мясо, молоко. На нем наживаются все. От безысходности кто-то ворует, а кто-то уходит из села навсегда. О чем мы говорим, если родители сельских детей готовы на любые жертвы, только чтобы дети никогда не вернулись в деревню? Разве можно при таком настрое общества говорить о возрождении села?



В России, с ее суровым климатом, в одиночку вести производство на селе могут очень немногие. Как будут называться их предприятия – дело самих крестьян. Не секрет, что там, где сохранились старые директора, председатели колхозов, эти предприятия, несмотря на все трудности, сохранили производство, они в основном сейчас кормят Россию. Зачем же отказываться от собственного положительного опыта в угоду чьим-то амбициям и интересам? Почему очередную реформу села – фермеризацию – снова провели, не спросив крестьян, неся стране огромный убыток?

Успех дела решают люди. Если российское общество желает иметь хорошее сельское хозяйство, необходимо, чтобы любой член общества воспринимал сельское занятие как одно из престижных, достойных человека самых высоких нравственных и интеллектуальных качеств. Тогда кадровая ситуация на селе способна рез-

ко измениться, творческие люди способны будут на местах решать все поднимаемые здесь вопросы, а законодательная и исполнительная власть будут внимательно учитывать нужды сельской общины как матери-кормилицы.

Список литературы

1. Бледных В. В., Свечников П. Г. Горькая судьба сельского хозяйства России. М. : Колос, 2007. 52 с.
2. Бледных В. В., Свечников П. Г. Может ли Россия себя прокормить? Челябинск : ООО «Абрис-принт», 2010. 72 с.
3. Бледных В. В., Синявский И. В., Свечников П. Г. Проектирование технологических процессов в растениеводстве // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 70. С. 219–223.
4. Бледных В. В. Математическая модель климатических условий (на примере Челябинска) // Вестник ЧГАА. 2015. Т. 71. С. 15–17.

Бледных Василий Васильевич, академик РАН, докт. техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».
E-mail: mail@csaa.ru.

* * *

ОПТИМИЗАЦИЯ ОБЪЕМОВ ПАРТИЙ ПОСТАВОК ГРУЗОВ И ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ ТРАНЗИТНЫХ ТЕРМИНАЛОВ В МЕЖТЕРМИНАЛЬНЫХ СООБЩЕНИЯХ

К. В. Глемба, З. В. Альметова

Целью работы является повышение эффективности функционирования транспортной системы регионов Российской Федерации на примере межтерминальных сообщений по маршруту г. Москва – г. Челябинск. Для достижения указанной цели были поставлены задачи исследований: разработка методических положений по оптимизации объемов партий поставок в межтерминальных сообщениях по маршруту г. Москва – г. Челябинск; разработка методов оптимизации параметров погрузочно-разгрузочных комплексов транзитных терминалов; разработка рекомендаций по повышению эффективности транзитных грузовых перевозок в транспортной системе региона. Основное направление настоящих исследований связано с развитием межтерминальных сообщений регионов. При решении поставленных задач в данной области рассматриваются вопросы: оптимизации технологических параметров работы складских комплексов; минимизации мощностей терминалов; сокращения времени простоя транспортных средств под погрузкой-разгрузкой; оптимизации параметров работы перевозчиков и транспортно-логистических центров. С использованием разработанных методических положений оптимизации объемов партий поставок в межтерминальных сообщениях определен оптимальный объем поставок товаров по маршруту г. Москва – г. Челябинск в терминал, который обслуживает розничные торговые сети. Эффект в виде снижения совокупных затрат на транспортировку и хранение в запасе товаров превысил 2,4 млн руб. в год. При использовании разработанной методики оптимизации параметров погрузочно-разгрузочных комплексов транзитных терминалов, которая включает методы расчета оптимального количества погрузочно-разгрузочных средств и погрузочно-разгрузочных постов, был предложен и рассчитан оптимальный вариант организации погрузочно-разгрузочных работ на транзитном терминальном комплексе региона в границах Челябинской области. Полученный эффект превышает 9 млн руб. в год. На основе проведенных исследований были разработаны модели формирования затрат на перевозку грузов и на хранение запасов с целью оптимизации объемов партий поставок транзитных грузов в межтерминальных сообщениях. Предложен затратный критерий для определения оптимального количества погрузочно-разгрузочных средств и количества постов в транзитных терминалах.

Ключевые слова: транспортная система, транзитные сообщения и терминалы, транспортировка и хранение грузов, погрузочно-разгрузочные операции, комплексы, средства и посты, модели формирования затрат, затратный критерий.

Актуальность темы

В Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года в качестве одной из главных целей развития отечественной транспортной системы определена необходимость ее интеграции в мировое транспортное пространство и реализация транзитного потенциала страны за счет повышения эффективности транзитных сообщений, а также развития транспортно-логистических центров на территории страны и регионов.

По данным Евразийского банка развития, транзитный потенциал стран Евро-Азиатского экономического сообщества (ЕврАзЭС) должен

вырасти более чем в два раза и к 2020 году достичь 400 млн тонн. Россия обладает высоким транзитным потенциалом, который пока недостаточно полно используется. Резервы транспортной системы регионов связаны с повышением эффективности межрегиональных транзитных сообщений, эффективность которых также пока остается низкой [1–5].

По данным Министерства транспорта РФ, доля транспортных затрат в себестоимости продукции в России почти в два раза превышает аналогичные показатели в странах с развитой рыночной экономикой. Данная проблема является комплексной и требует не только



экономической поддержки, но и научно-методического обеспечения.

Теоретические исследования

Вопросы повышения эффективности функционирования транспортной системы регионов РФ и развития межтерминальных сообщений рассмотрены в работах ученых: В.М. Сильянова, С.М. Резера, А.А. Чеботаева, Л.Б. Миротина, В.В. Багиновой, О.Н. Ларина, А.Н. Рахмангулова, В.М. Беляева, С.В. Милославской, А.П. Буслева, В.М. Сая, С.В. Трофимова и многих других. Вопросы оптимизации параметров работы перевозчиков и транспортно-логистических центров рассмотрены в работах ученых: В.А. Гудкова, В.М. Курганова, А.В. Колика, В.С. Лукинского, С.О. Франка и многих других.

Выполненный анализ современных научных исследований [6–11] показывает, что используемые методы обоснования параметров транзитных терминалов не в полной мере учитывают особенности формирования транзитных потоков с учетом особенностей и расположения объектов транспортно-логистической инфраструктуры. В связи с этим возникает необходимость разработки рекомендаций по повышению эффективности транзитных грузовых перевозок в транспортной системе региона.

Анализ источников [12–14] показывает, что существующие методы расчета оптимального объема поставок грузов в межтерминальных сообщениях, в частности формула Уилсона, не в полной мере учитывают особенности формирования затрат на транспортировку грузов и их хранение в запасе. Данные о тарифах на перевозку грузов экспедиторских компаний всех видов транспорта говорят о том, что в современных условиях поставка крупных партий товаров осуществляется по более низким тарифам. Результаты исследований говорят о том, что для процесса формирования затрат на хранение грузов в терминалах характерны дискретные изменения. Это связано с периодическим накоплением и расходом объемов запасов. Их величина напрямую зависит от соотношения интенсивностей поставок и отгрузки грузов.

Материалы и методы

Для отображения дискретного характера процесса накопления и расходования запасов в моделях расчета затрат на транспортировку и хранение запасов предложено использовать в качестве переменной величины категорию «грузовой модуль», под которым понимается

конструктивно или технологически обособленная партия груза, размещенная в транспортном средстве, прицепе, вагоне, контейнере, на поддоне и пр. [15].

Объем перевозимого груза $q_{тр}$ одним транспортным средством зависит от количества размещенных на нем грузовых модулей m_q и фактического объема загрузки грузового модуля $q_{ф}$. Он определяется с учетом его номинальной грузоподъемности q_n и коэффициента ее использования γ :

$$q_{тр} = q_{ф} \cdot m_q = (q_n \cdot m_q) / \gamma, \text{ т.} \quad (1)$$

Для разных видов транспорта и классов грузов тариф на перевозку S_l имеет обратную зависимость от общего объема перевозимой партии груза $q_{тр}$, который при постоянном значении фактического объема груза $q_{ф}$ в одном модуле зависит от количества грузовых модулей m_q в партии. Конкретная величина тарифа S_l определяется рыночными условиями и устанавливается транспортными компаниями в диапазоне от максимального значения S_{lmax} при $m_q = 1$ до минимального значения S_{lmin} при $m_q = m_Q$:

$$m_Q = Q_p / q_{ф} = Q_r / q_{ф}, \text{ ед.} \quad (2)$$

где m_Q – общее количество грузовых модулей m_q (ед.) с фактической грузоподъемностью $q_{ф}$, перевозка которого необходима для перевозки всего объема поставки Q_p товаров в транзитный терминал, т;

Q_r – общий объем отгрузки товаров из терминала получателям, т.

Предлагается следующая модель расчета тарифа S_l в зависимости от количества грузовых модулей m_q :

$$\begin{aligned} f(S_h) &= S_l - (a_q \cdot S_l \cdot (m_q - 1)) \cdot m_Q = \\ &= S_l - (a_q \cdot S_l \cdot (m_q - 1) \cdot q_{ф}) / Q_r, \end{aligned} \quad (3)$$

где a_q – параметр модели, отражающий уровень снижения тарифа в зависимости от объема перевозимого груза (от количества перевозимых модулей).

Анализ тарифов транспортных и экспедиторских компаний показывает, что значение параметра a_q находится в пределах от 0,1 до 0,7.

Показатель a_q может быть определен и расчетным путем:

$$a_q = (S_{lmax} - S_{lmin}) / S_{lmax}. \quad (4)$$

Затраты на транспортировку Z_c с учетом функциональной зависимости тарифа на транспортировку от количества грузовых модулей m_q определяются по формуле:

$$Z_c = \left(S_l - (a_q \cdot S_l \cdot (m_q - 1) \cdot q_\phi) / Q_r \right) \times q_{тр} \cdot n_p \cdot l, \text{ руб.}, \quad (5)$$

где l – расстояние межтерминальной транспортировки поставляемой партии товара в объеме $q_{тр}$, км;

n_p – количество поставок в объеме $q_{тр}$, необходимых для завоза всего объема поставки Q_p :

$$n_p = Q_p / q_{тр} = Q_p / (q_\phi \cdot m_q), \text{ ед.} \quad (6)$$

Затраты на хранение товаров на терминале Z_s зависят от соотношения объема поставляемых $q_{тр}$ и отгружаемых товаров Q_{rn} , величины интервалов движения I и периодичности отгрузок товаров получателям T_m и, в конечном счете, от количества грузовых модулей m_q :

$$Z_s = \frac{S_s}{2} \cdot \left(\frac{Q_{rn} \cdot I}{T_m} + Q_{rn} \right) \cdot n_p \cdot I + \frac{S_s}{2} \cdot (\Delta Q_s \cdot n_p + \Delta Q_s) \cdot n_p \cdot I + \frac{S_s}{2} \cdot (\Delta Q_s \cdot n_p + Q_{rn}) \cdot (T_r - n_p \cdot I), \text{ руб.}, \quad (7)$$

где S_s – издержки на хранение единицы товара на транзитном терминале, руб./т·день;

Q_{rn} – объем разовой отгрузки товаров из транзитного терминала, т;

I – интервалы поставок грузов в транзитный терминал в объеме $q_{тр}$, дни;

T_m – периодичность отгрузки товаров в объеме Q_{rn} из транзитного терминала, дни;

T_r – плановый период отгрузки товаров из транзитного терминала, дни;

ΔQ_s – избыточный объем накопления запаса за каждый интервал I поставки:

$$\Delta Q_s = q_{тр} - (Q_{rn} \cdot I) / T_m, \text{ т.} \quad (8)$$

Так как затраты на перевозку грузов Z_c и хранение запасов Z_s определяются количеством перевозимых грузовых модулей m_q , то математическая модель оптимизации объемов поставок $q_{тр}^*$ товаров в межтерминальных сообщениях формулируется следующим образом. Необходимо найти такое количество грузовых

модулей m_q^* , при котором величина совокупных затрат Z_{cs}^* на транспортировку и хранение в запасе будет меньше, чем совокупные затраты Z_{cs} для любого другого m_q :

$$Z_{cs}^* = F(m_q^*, Z_{cs}(m_q^*)) \rightarrow \min, \quad (9)$$

$$Z_{cs} = Z_c + Z_s. \quad (10)$$

Определение оптимального значения m_q^* с учетом функций затрат Z_c и Z_s осуществляется известными методами поиска минимального значения целевой функции. При решении задачи (9) следует учитывать ограничение на выполнение требований к условиям отгрузки товаров:

$$m_{q\min} \leq m_q^* \leq m_{q\max}, \quad (11)$$

где $m_{q\min}$ – минимально допустимое количество грузовых моделей, при котором обеспечивается возможность осуществлять отгрузку товаров из терминала в объеме Q_{rn} :

$$m_{q\min} = (Q_{rn} \cdot I) / (q_\phi \cdot T_m), \text{ ед.} \quad (12)$$

С учетом ограничений рациональное количество грузовых модулей m_q^* составит:

$$m_q^* = \begin{cases} m_{q\min} & \text{при } m_q^* \leq m_{q\min} \\ m_q^* & \text{при } m_{q\min} < m_q^* < m_{q\max} \\ m_{q\max} & \text{при } m_q^* \geq m_{q\max} \end{cases}, \text{ ед.} \quad (13)$$

Оптимальный объем поставок $q_{тр}^*$ грузов в транзитный терминал, при котором совокупные затраты Z_{cs} будут минимальными, составит:

$$q_{тр}^* = q_\phi \cdot m_q^*, \text{ т.} \quad (14)$$

Если полученное значение m_q^* превышает ограничение по максимальному количеству грузовых модулей $m_{q\max}$, допустимых к перевозке одним транспортным средством (определяется нормативными требованиями), то следует использовать несколько транспортных средств, количество которых определяется по формуле:

$$A = m_q^* / m_{q\max}, \text{ ед.} \quad (15)$$

Результаты исследований

Установлены зависимости совокупных затрат на выполнение погрузочно-разгрузочных операций в терминалах и потерь перевозчиков в связи с простоем подвижного состава под

соответствующими операциями от параметров работы погрузочно-разгрузочных комплексов транзитных терминалов.

Методика оптимизации параметров погрузочно-разгрузочных комплексов транзитных терминалов включает методы расчета оптимального количества погрузочно-разгрузочных средств (ПРС) $n_{кр}^{\circ}$ и погрузочно-разгрузочных постов (ПРП) $n_{п}^{\circ}$, при которых обеспечиваются минимальные совокупные затраты на работу и непроизводительные простои погрузочно-разгрузочных комплексов и потери перевозчиков в связи с простоем подвижного состава под соответствующими операциями Z_{cvzd} :

$$Z_{cvzd}^{\circ} = F(n_{кр}^{\circ}, n_{п}^{\circ}, Z_{cvzd}(n_{кр}^{\circ}, n_{п}^{\circ})) \rightarrow \min, \quad (16)$$

$$Z_{cvzd} = Z_c + Z_v + Z_z + Z_d, \quad (17)$$

где Z_v – затраты на эксплуатацию одного ПРС (руб.) за весь период работы t_v (ч) с учетом нормы затрат S_v (руб./ч);

Z_z – затраты в связи с вынужденным простоем каждого ПРС в период отсутствия транспортных средств (руб.), за весь период простоя t_z (ч), с учетом нормы затрат S_z (руб./ч);

Z_c – затраты в связи с простоем транспортного средства под разгрузкой (погрузкой) в пределах планового (нормативного) $t_{пл}$ срока выполнения погрузочно-разгрузочных работ (руб.) за весь период простоя t_c одного транспортного средства под разгрузкой с учетом нормы потерь S_c (руб./ч);

Z_d – затраты за сверхнормативный простой каждого транспортного средства под разгрузкой (погрузкой) (руб.) свыше планового времени выполнения работ $t_{пл}$ за весь период сверхнормативного простоя t_d (ч) с учетом нормы потерь S_d (руб./ч).

В зависимости от соотношения интервалов движения транспортных средств I_c и планового времени их разгрузки $t_{пл}$ предложены три способа нахождения оптимального количества ПРС: сбалансированная ситуация – когда плановая продолжительность $t_{пл}$ разгрузки транспортных средств равна интервалам их движения: $t_{пл} = I_c$; ситуация с резервом времени разгрузки – когда плановая продолжительность $t_{пл}$ разгрузки транспортных средств меньше интервалов их движения: $t_{пл} < I_c$; ситуация с очередью транспортных средств на разгрузку – когда плановая продолжительность $t_{пл}$ разгрузки транспортных средств больше интервалов их движения: $t_{пл} > I_c$.

На рисунках 1–3 приведены графики затрат в зависимости от количества погрузочно-разгрузочных средств $n_{кр}$.

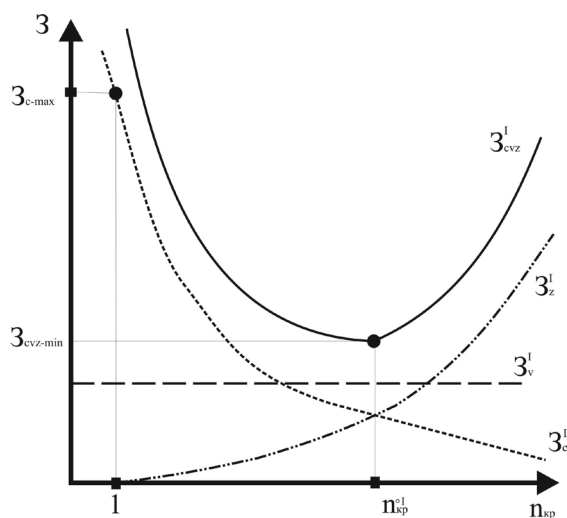


Рис. 1. График изменения затрат при $t_{пл} = I_c$

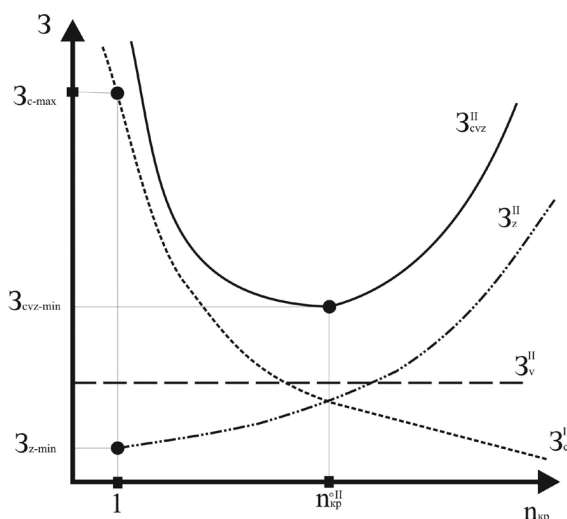


Рис. 2. График изменения затрат при $t_{пл} < I_c$

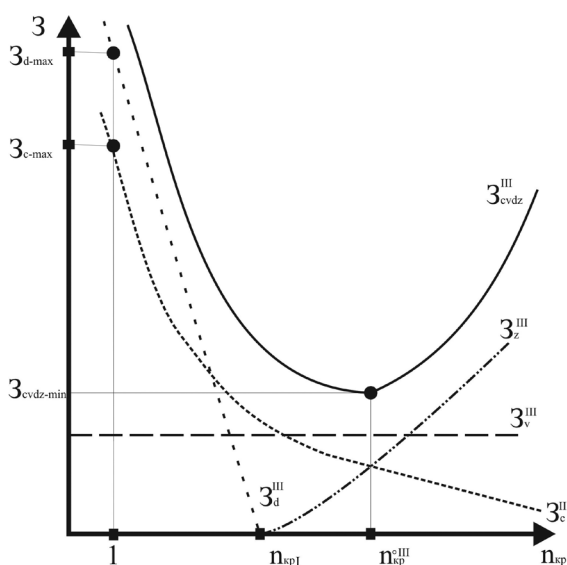


Рис. 3. График изменения затрат при $t_{пл} > I_c$

На основе теоретических исследований разработаны функции суммарных затрат для трех указанных выше случаев, из которых определены оптимальные количества ПРС $n_{кр}^{\circ}$ [15]:

– для первого случая (условие $t_{пл} = I_c$):

$$n_{кр}^{\circ I} = \sqrt{S_c / S_z}, \text{ ед.}; \quad (18)$$

– для второго случая:

$$n_{кр}^{\circ II} = \sqrt{(S_c \cdot t_{пл}) / (S_z \cdot I_c)}, \text{ ед.}; \quad (19)$$

– для третьего случая:

$$n_{кр}^{\circ III} = n_{кр}^{\circ} + n_{крI}, \text{ ед.}, \quad (20)$$

$$n_{кр}^{\circ} = -\left(2 \cdot n_{крI}\right) + \sqrt{\left(2 \cdot n_{крI}\right)^2 - 4 \cdot \left(n_{крI}^2 - \left(S_c n_{крI}\right) / S_z\right)} \cdot \frac{1}{2}, \text{ ед.}; \quad (21)$$

$$n_{крI} = t_{пл} / I_c, \text{ ед.} \quad (22)$$

С учетом возможного ограничения $n'_{кр}$ максимального количества ПРС на одном ПРП рациональное количество ПРС для всех случаев $n_{кр}^{*I-III}$ составит:

$$n_{кр}^{*I-III} = \begin{cases} n'_{кр}, & \text{при } n_{кр}^{\circ I-III} > n'_{кр}; \\ n_{кр}^{\circ I-III}, & \text{при } n_{кр}^{\circ I-III} \leq n'_{кр}. \end{cases} \quad (23)$$

Оптимальное количество ПРП $n_{п}^{\circ}$ определяется по формуле:

$$n_{п}^{\circ} = n_{крI} / n'_{кр}. \quad (24)$$

С учетом возможного ограничения $n'_{п}$ максимального количества ПРП на терминале рациональное количество ПРП $n_{п}^{*}$ составит:

$$n_{п}^{*} = \begin{cases} n'_{п}, & \text{при } n_{п}^{\circ} > n'_{п}; \\ n_{п}^{\circ}, & \text{при } n_{п}^{\circ} \leq n'_{п}. \end{cases} \quad (25)$$

Примеры использования методик на практике и их результаты

Пример 1. Рассмотрим использование методики оптимизации объемов партий транзитных грузов на примере поставок товаров народного потребления по маршруту г. Москва – г. Челябинск, выполняемых ООО «ЮУТЭП». Цепь поставок характеризуется следующими параметрами. В качестве единицы грузового модуля может рассматриваться укрупненное

грузовое место (транспортный пакет) в составе упакованного товара с размещением на стандартном европоддоне размером 1200×800×145 (Европейский стандарт UIC 435–2, Российский стандарт по ГОСТ 9078–84 «Поддоны плоские. Общие технические условия»), устанавливаемые в один ярус в кузове транспортного средства, вагоне, контейнере и пр.

Средний объем одного укрупненного грузового места для данного вида грузов составляет $q_{\phi} = 0,6$ т. Максимальное количество транспортных пакетов, допустимое для размещения на одном транспортном средстве MERCEDES–2535 с грузоподъемностью 10 т, составляет $m_{\max} = 20$ ед. Плановые параметры отгрузки товаров из терминала установлены получателями: общая продолжительность отгрузки товаров из терминала $T_r = 1$ год = 365 дней; текущая периодичность отгрузок партий товаров $T_m = 1$ день (то есть отгрузка ведется каждый день); общее количество отгрузок партий товаров из терминала за весь период поставок $n_r = T_r / T_m = 365$ ед. Интервалы поставок товаров на терминал составляют $I = 7$ дней. Плановый объем разовой отгрузки партии товаров из терминала составляет $Q_m = 3$ т, что равно 5 транспортным пакетам (поддонам).

Общие объемы плановых поставок на терминал и отгрузок товаров из терминала равны между собой и составляют: $Q_p = Q_r = Q_m \times n_r = 3 \cdot 365 = 1095$ т. Показатель уровня снижения тарифа в зависимости от объема перевозимого груза составляет $a_q = 0,3$. Применяются средние тарифы: на перевозку грузов $S_l = 3,5$ руб./т·км; на хранение запасов в терминале g_r , размещенных на европоддонах, $S_s = 25$ руб./ед.·день. Среднее расстояние перевозки грузов в межтерминальном сообщении составляет $l = 2000$ км.

Определим минимально допустимое количество грузовых модулей: $m_{q\min} = (3 \cdot 7) / (0,6 \cdot 1) = 35$ ед.

Определим максимально допустимое (предельное) количество грузовых модулей m_Q , необходимое для выполнения всего объема поставки Q_p : $m_Q = 1095 / 0,6 = 1825$ ед.

На сегодняшний день поставки осуществляются в объеме разовой отгрузки $Q_m = 42$ т, что соответствует $m_q = 70$ ед. Для транспортировки используется четыре автомобиля MERCEDES–2535, вместимостью до 20 паллето-мест каждый. Совокупные затраты при $m_q = 70$ составят: $3_{cs}(m_q = 70) = 3_c(70) + 3_s(70) = 7\,578\,060 + 2\,607\,468,75 = 10\,185\,528,75$ руб.



Определим оптимальное количество грузовых модулей m_q^* для поставки в терминал, при котором суммарные затраты Z_{cs} будут минимальными: $m_q^* = 35$ ед., что удовлетворяет полученным ограничениям. Оптимальный объем разовой поставки товаров на терминал соответствует минимально необходимому объему отгрузки Q_{rmin} за период I и составит: $Q_{pn}^* = 35 \cdot 0,6 = 3 \cdot 7 = 21$ т. Совокупные затраты при $m_q = 35$ составят: $Z_{cs}(m_q = 35) = Z_c(35) + Z_s(35) = 7\,622\,160 + 109\,500 = 7\,731\,660$ руб.

Эффект от снижения совокупных затрат при поставках товаров в объеме $m_q^* = 35$ ($q_{tr} = 21$ т) составит: $\Delta Z_{cs} = 10\,185\,528,75 - 7\,731\,660 = 2\,453\,868,75$ руб. в год. Тогда количество транспортных средств A составит: $A = 35 / 20 = 1,75 \approx 2$ ед. Так как значение $A > 1$, то следует рассмотреть вопрос оптимизации параметров погрузочно-разгрузочных комплексов транзитного терминала.

Результат по примеру 1. Таким образом, с использованием разработанных методических положений оптимизации объемов партий поставок в межтерминальных сообщениях определен оптимальный объем поставок товаров по маршруту г. Москва – г. Челябинск в терминал, который обслуживает розничные торговые сети. Эффект в виде снижения совокупных затрат на транспортировку и хранение в запасе товаров превысил 2,4 млн руб. в год.

Пример 2. Использование разработанных методов оптимизации параметров погрузочно-разгрузочных комплексов транзитных терминалов рассмотрим на примере терминала, расположенного в границах Челябинской области и осуществляющего распределительные функции на территории нескольких регионов Урала и Сибири.

Работа терминала ведется в круглосуточном режиме. Параметры выполнения разгрузочных работ: средняя интенсивность прибытия транспортных средств на разгрузку составляет $v = 50$ ед./ч; средняя вместимость одного транспортного средства $q_{tr} = 10$ т; среднее количество грузовых модулей в одном транспортном средстве $m_q = 20$ ед.; среднее время разгрузки одного грузового модуля (европоддона) механизированным способом одним разгрузочным средством (погрузчиком) $t_{кон} = 2$ мин; количество разгрузочных средств на одном разгрузочном посту для одновременной разгрузки одного транспортного средства $n'_{кр} = 2$ ед.; норма затрат на эксплуатацию одного разгрузочного средства $S_v = 2000$ руб./ч; норма затрат на вынужденный

простой разгрузочного средства $S_z = 800$ руб./ч; норма потерь в связи с простоем транспортного средства под разгрузкой $S_c = 1500$ руб./ч; штраф за сверхнормативный простой транспортного средства под разгрузкой $S_d = 2500$ руб./ч.

Плановое время разгрузки равно $t_{пл} = 2 \cdot 20 = 40$ мин = 0,67 ч. Общее количество транспортных средств, прибывающих на терминал в течение одного года, составляет: $Q_c = 50 \cdot 24 \cdot 365 = 18\,250$ ед. Интервал прибытия транспортных средств на терминал составляет: $I = 1/50 = 0,48$ ч.

На сегодняшний день на терминале для разгрузки одного транспортного средства используется один погрузчик: $n_{кр} = 1$ ед. Поэтому среднее время разгрузки одного транспортного средства t_c равно плановому значению $t_{пл} = 0,67$ ч.

Так как $t_{пл} > I$, то при таких параметрах работы один разгрузочный пост не будет справляться со своевременной разгрузкой всех прибывающих транспортных средств. Для ликвидации очереди на терминале используется дополнительный разгрузочный пост также с одним погрузчиком: $n_{кр2} = 1$ ед.

Соответственно, входящий поток транспортных средств разделяется между двумя разгрузочными постами поровну: $v_1 = 25$ ед./ч; $v_2 = 25$ ед./ч. Следовательно, интервалы прибытия транспортных средств на два разгрузочных поста составят: $I_1 = 0,96$ ч; $I_2 = 0,96$ ч. При двух разгрузочных постах очередь на разгрузку отсутствует, так как $I_1 > t_{пл}$; $I_2 > t_{пл}$.

Определим совокупные затраты (включая потери с вынужденным простоем) перевозчиков и терминала, связанные с обслуживанием (разгрузкой) одного транспортного средства на одном разгрузочном посту: $Z_{cvzII} = 1500 \cdot 0,67/1 + 2000 \cdot 0,67 + 800 \cdot 1 \cdot 0,96 - 800 \cdot 0,67 = 2577$ руб.

Для второго разгрузочного поста затраты будут аналогичными: $Z_{cvz2} = 2577$ руб. Тогда совокупные затраты перевозчиков и терминала на обслуживание всех транспортных средств в течение года составят: $Z_{QcvzII} = 2577 \cdot 18\,250 = 47\,030\,250$ руб.

Теперь определим оптимальное количество транспортных средств на одном разгрузочном посту, при котором аналогичным образом не допускается образование очередей, но и не требуется использование дополнительного второго разгрузочного поста. Так как для одного разгрузочного средства на одном разгрузочном посту $t_{пл} > I$, то сначала требуется определить такое количество разгрузочных средств $n_{крP}$ при котором будет отсутствовать очередь

ожидающих разгрузки транспортных средств: $n_{крI} = 0,67/0,48 = 1,4$ ед.

Определим величину $n_{кр}^{\circ} = 0,22$ ед. Определим оптимальное количество разгрузочных средств $n_{кр}^{\text{III}}$ на одном посту: $n_{кр}^{\text{III}} = n_{кр}^{\circ} + n_{крI} = 0,2 + 1,4 = 1,6$ ед.

Полученное значение $n_{кр}^{\text{III}}$ удовлетворяет полученному ограничению, но является целой величиной, поэтому определим рациональное количество разгрузочных средств с учетом минимальных затрат для ближайшего допустимого целого значения. Так как при $n_{кр} = 1$ ед. будет очередь из транспортных средств, то следует рассмотреть затраты для одного значения $n_{кр}^{\text{III}} = 2$ ед., а также для сравнения результатов и для оптимального значения $n_{кр}^{\text{III}} : Z_{cvz}(1,6) = 1500 \cdot 0,67/1,6 + 2000 \cdot 0,67 + 800 \cdot 1,6 \cdot 0,48 - 800 \cdot 0,67 = 2046,5$ руб.; $Z_{cvz}(2) = 1500 \cdot 0,67/2 + 2000 \cdot 0,67 + 800 \cdot 2 \cdot 0,48 - 800 \cdot 0,67 = 2074,5$ руб.

Так как $n_{кр}^{\text{III}} = 2$ удовлетворяет ограничению, то рациональное количество разгрузочных средств для работы на одном разгрузочном посту составит: $n_{кр}^{\text{III}} = 2$ ед. Тогда совокупные затраты перевозчиков и терминала на обслуживание всех транспортных средств в течение года при количестве разгрузочных средств $n_{кр} = n_{кр}^{\text{III}}$ равны: $Z_{Qcvz} = 2074,5 \cdot 18 \cdot 250 = 37 \, 859 \, 625$ руб.

Экономия совокупных затрат и потерь перевозчиков и терминала при организации разгрузки транспортных средств двумя погрузчиками на одном разгрузочном посту по сравнению с разгрузкой на двух разгрузочных постах составит: $DZ_{Qcvz} = Z_{QcvzII} - Z_{QcvzI} = 47 \, 030 \, 250 - 37 \, 859 \, 625 = 9 \, 170 \, 625$ руб. Данный эффект обусловлен прежде всего сокращением вынужденного простоя разгрузочных средств в ожидании прихода транзитного транспорта.

Результат по примеру 2. Таким образом, с использованием разработанной методики оптимизации параметров погрузочно-разгрузочных комплексов транзитных терминалов, которая включает методы расчета оптимального количества погрузочно-разгрузочных средств и погрузочно-разгрузочных постов, был предложен и рассчитан оптимальный вариант организации погрузочно-разгрузочных работ на транзитном терминальном комплексе в регионе. Полученный эффект превышает 9 млн руб. в год.

Выводы

Таким образом, для оптимизации объемов партий поставок транзитных грузов в межтерминальных сообщениях, обеспечивающих сокращение затрат на их транспортировку

и хранение, разработаны модели формирования затрат на перевозку грузов и на хранение запасов в зависимости от количества перевозимых укрупненных дискретных партий транзитных грузов фиксированного объема (грузовых модулей). Это позволяет отобразить дискретный характер процесса накопления и расходования запаса с учетом интенсивности поставки и отгрузки грузов в межтерминальных сообщениях.

Для определения оптимального количества погрузочно-разгрузочных средств и количества постов в транзитных терминалах предложен затратный критерий в виде минимальных совокупных затрат терминалов на выполнение погрузочно-разгрузочных работ и потерь перевозчиков в связи с простоем подвижного состава под соответствующими операциями. При расчетах оптимального количества погрузочно-разгрузочных средств и постов учитывается соотношение интервалов прихода транспортных средств под разгрузку (погрузку) и продолжительности времени их обслуживания одним разгрузочным средством.

Список литературы

1. Альметова З. В., Ларин О. Н. Вопросы сокращения порожних пробегов автомобилей при транзитных грузовых перевозках // Транспорт Урала. 2012. № 4. С. 54–58.
2. Альметова З. В., Ларин О. Н. Использование транзитных терминалов для повышения эффективности транзитных перевозок // Авто-транспортное предприятие. 2014. № 4. С. 25–27.
3. Michael D. Benson, Robert B. Noland, and Alan. M. Voorhees. Friday Exception Scheduling in Transit Systems: An Exploratory Analysis When Data Are Limited. Journal of Public Transportation. Vol. 17. No. 4 (2014), pp. 35–49.
4. Jeffrey M. Casello, Geoffrey McD. Lewis, Kevin Yeung, and Deborah Santiago-Rodríguez. A Transit Technology Selection Model. Journal of Public Transportation. Vol. 17. No. 4 (2014), pp 50–75.
5. Joshua K. Anderson and Josh Ellis. Integrating Livability Principles into Transit Planning: Screening Chicago Bus Rapid Transit Opportunities. Journal of Public Transportation Vol. 17. No. 3 (2014).
6. Научные основы организации транзитных терминалов : монография / О. Н. Ларин, Л. Б. Миротин, Н. К. Горяев, З. В. Альметова. Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2014. 147 с.
7. Миротин Л. Б., Бульба А. В., Демин В. А. Логистика, технология, проектирование складов,



транспортных узлов и терминалов. Ростов н/Д : Феникс, 2009. 408 с.

8. G. Malindretos, I. Christodoulou-Varotsi, M. Ya. Postan, I. M. Moskvichenko, A. O. Balobanov. Logistics: Freight Transport, Shipping, Intermodal Systems. – Geneva – Athens – Odessa – Ilyichevsk «Astroprint». 2004. 67 p.

9. Глемба К. В., Аверьянов Ю. И. Выявление и совершенствование проблемных взаимосвязей структурных элементов системы безопасности движения мобильных машин // Вестник ЧГАА. 2013. Т. 66. С. 25–34.

10. Глемба К. В., Аверьянов Ю. И., Глемба В. К. Методы оценки информационной перегрузки оператора в процессе управления машиной // Вестник ЧГАА. 2010. Т. 56. С. 5–10.

11. Альметова З. В., Глемба К. В. Принципы оптимизации параметров работы погрузочно-разгрузочных комплексов // Материалы LIV междунар. науч.-техн. конф. «Достижения

науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2015.

12. Альметова З. В. Интеграция грузопотоков в транзитных транспортных узлах // Вестник ЮУрГУ. Сер. : Экономика и менеджмент. 2012. № 44(303). С. 180–183.

13. Альметова З. В., Ларин О. Н. Вопросы размещения транзитных терминалов в регионах // Транспорт: наука, техника, управление. 2012. № 11. С. 45–46.

14. Альметова З. В. Оптимизация параметров транзитных терминалов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. Режим доступа : www.science-education.ru/115-12160 (дата обращения: 21.02.2014).

15. Альметова З. В. Повышение эффективности транзитных перевозок в межтерминальных сообщениях (на примере Челябинской области) : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск : ЮУрГУ, 2014. 185 с.

Глемба Константин Вячеславович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автотранспорта и производственное обучение», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ).

E-mail: glemba77@mail.ru.

Альметова Злата Викторовна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ).

E-mail: zlata.almetova@yandex.ru.

* * *

СИСТЕМА СМАЗКИ ТУРБОКОМПРЕССОРА С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

А. М. Плаксин, А. Ю. Бурцев, А. В. Гриценко

В настоящее время с целью обеспечения высоких мощностных и экологических показателей оснащенность автотракторных двигателей системой газотурбинного наддува составляет более 70% от общего количества вновь производимых мобильных машин. Однако напряженный режим работы турбокомпрессоров при частоте вращения ротора 40 000–170 000 мин⁻¹ и температуре выхлопных газов 650–700 °С вызывает заметный рост числа отказов. Снижение потока отказов достижимо за счет обеспечения эффективной смазки подшипников ротора турбокомпрессора. Разработанная конструкция системы позволяет регулировать температуру воздуха для дополнительного охлаждения турбины турбокомпрессора в зависимости от температуры наружного воздуха после остановки двигателя внутреннего сгорания и работе турбокомпрессора в режиме выбега ротора, а также изменять температуру масла, поступающего на смазку и охлаждение подшипника турбокомпрессора, что позволяет избежать теплового удара и поломки деталей турбины турбокомпрессора. Предлагаемая система смазки турбокомпрессора ДВС проявляет свой результат в виде исключения возникновения закоксовывания остатков смазочного масла в каналах системы смазки турбокомпрессора при внезапной (аварийной под нагрузкой) остановке двигателя внутреннего сгорания в режиме выбега ротора турбокомпрессора и заключается в регулируемой подаче (по объему, времени и температуре) масла в подшипник турбокомпрессора, а также регулируемую (по температуре) подачу на вход турбинного колеса турбокомпрессора сжатого насосным колесом турбокомпрессора воздуха, что приводит к снижению температуры деталей турбины, имеющих температуру 600–700 °С, при этом повышается эксплуатационная надежность подшипников, ротора, корпуса и турбокомпрессора в целом.

Ключевые слова: система смазки, турбонаддув, турбокомпрессор, диагностирование, выбег турбокомпрессора, тормозное устройство, надежность, долговечность.

Актуальность темы

В настоящее время оснащенность автотракторных двигателей системой газотурбинного наддува воздуха в цилиндры составляет более 70% от общего количества вновь производимых мобильных машин. Применение турбокомпрессоров является одним из основных способов повышения единичной мощности ДВС, технико-экономических и экологических свойств при эксплуатации тракторов, самоходных комбайнов и автомобилей [1, 2, 3, 4, 5, 19, 20]. Однако напряженный режим работы турбокомпрессоров при частоте вращения ротора 40 000–170 000 мин⁻¹ и температуре выхлоп-

ных газов 650–700 °С требует обеспечения эффективной смазки подшипников ротора турбокомпрессора. Реализация эффективной смазки исключает интенсивный износ вала ротора и способствует отводу тепла от нагретых деталей. Ухудшение режима смазки при резком сокращении частоты вращения коленчатого вала двигателя, его остановке при перегрузках, а также при запуске является основной причиной ухудшения работоспособности турбокомпрессоров, снижения их безотказности [6, 7, 8, 9, 10, 11].

Совершенствование конструкции элементов системы смазки турбокомпрессоров с целью



обеспечения требуемого режима их смазки, исключения заклинивания ротора и коробления лопаток турбин стало одним из основных направлений научных исследований по повышению эксплуатационной надежности турбокомпрессоров и двигателей в целом. Особенно актуальны эти исследования для обеспечения работоспособности и безотказности тракторов в сельском хозяйстве, где стохастичность момента сопротивления на крюке очень высока. Это предопределяет не только высокую изменчивость сопротивления почвы, но и использование широкозахватных, комбинированных агрегатов на повышенных рабочих скоростях [1, 2, 3].

Цель исследования

Повышение работоспособности и безотказности турбокомпрессора дизелей применением автономного смазочно-тормозного устройства.

Задачи исследования: 1. Провести краткий анализ способов обеспечения работоспособности и безотказности турбокомпрессоров дизелей; 2. Разработать конструкцию рабочей установки для исследования процесса смазки подшипника ТКР и выбега его ротора.

Анализ способов обеспечения работоспособности и безотказности турбокомпрессоров дизелей

Известно устройство для решения этой проблемы (патент РФ на полезную модель № 69159 МПК F01M1/08), содержащее турбокомпрессор, гидроаккумулятор масла, подключенный входным каналом через обратный клапан к главной масляной магистрали двигателя внутреннего сгорания (ДВС), а выходным через жиклер к подшипнику турбокомпрессора, электрический питаемый от замка зажигания блок управления, подключенный к датчикам температуры и давления масла в масляной магистрали и к возвратно-подвижному соленоиду, воздействующему на последовательный жиклеру сливной клапан, а в масляном гидроаккумуляторе установлен поршень, подпружиненно воздействующий на масло в гидроаккумуляторе.

Недостаток этого устройства заключается в невозможности регулирования температуры смазочного масла в зависимости от нагрузки ДВС перед его остановкой и, как следствие, недостаточное охлаждение деталей турбокомпрессора (ТКР), что приводит к коксованию остатков смазочного масла. Так как режим работы турбокомпрессоров автотракторных двигателей внутреннего сгорания отличается высокой на-

пряженностью, при работе двигателя турбокомпрессор подвергается значительному тепловому воздействию: температура деталей газовой турбины достигает 700 °С, а температура деталей воздушного компрессора имеет температуру порядка 100 °С, наряду с этим турбокомпрессор подвергается значительному динамическому воздействию, так как ротор имеет рабочую частоту вращения порядка 170 000 мин⁻¹ и выше.

При остановке двигателя прекращается работа штатного насоса смазочной системы, давление в главной масляной магистрали и, соответственно, в подключенном к ней турбокомпрессору практически мгновенно становится равной нулю, в то же время ротор турбокомпрессора продолжает вращаться с высокой частотой, при этом емкость гидроаккумулятора ограничена и возможен режим работы турбокомпрессора без смазки и охлаждения, что вызывает его ускоренный износ в режиме сухого трения, локальный перегрев деталей турбокомпрессора, их коробление, растрескивание, а также закоксовывание остатков смазочного масла.

Известна система смазки турбокомпрессора ДВС (патент на изобретение № 2518309), содержащая главную масляную магистраль, напорный трубопровод, связывающий магистраль с подшипником турбокомпрессора, гидроаккумулятор с подпружиненным поршнем, подключенный входным патрубком через тройники и обратный трубопровод к главной масляной магистрали, а через тройник выходным патрубком с напорным трубопроводом, между турбокомпрессором и двигателем внутреннего сгорания в воздушном патрубке, соединяющем турбокомпрессор и всасывающий патрубок двигателя внутреннего сгорания, установлено тормозное устройство с поворотной заслонкой, привод которого осуществляется от главной масляной магистрали с помощью гидроцилиндра и подпружиненного рычага.

Недостаток известной системы заключается в том, что работа турбокомпрессора отличается большой теплонапряженностью и при долгой работе двигателя под нагрузкой температура деталей турбокомпрессора существенно повышается, и объема масел, находящегося в гидроаккумуляторе при остановке двигателя, может не хватить для снижения температуры деталей до безопасных пределов. Все вышеперечисленные факторы могут привести к закоксовыванию остатков смазочного масла в масляных каналах турбокомпрессора и за короткое время вызвать отказ турбокомпрессора.

Теоретические исследования

Время поступления масла к узлам двигателя зависит от технического состояния двигателя, конструктивных особенностей системы смазки, вязкостно-температурных характеристик масла и производительности масляного насоса [9].

Время поступления масла можно определить из выражения:

$$\tau_{зАП} = \frac{V_{СМ} - V_{ОСТ}}{Q_{д} - Q_{УТ}}, \quad (1)$$

где $V_{СМ}$ – объем смазочной системы, л;

$V_{ОСТ}$ – объем масла, который остается в смазочной системе (масло не стекает из фильтров, частично остается в маслопроводах, в основном ГАК и ПГАК), л;

$Q_{д}$ – действительная производительность масляного насоса, л/мин;

$Q_{УТ}$ – величина утечек из системы смазки в картер за единицу времени, л/мин.

Величина утечек масла в картер состоит из следующих составляющих:

$$Q_{УТ} = Q_{ДИФ} + Q_{РЕД} + Q_{ЧФ} + Q_{УЗ}, \quad (2)$$

где $Q_{ДИФ}$ – расход масла через дифференциальный клапан (перепуск масла во всасывающую магистраль насоса), л/мин;

$Q_{РЕД}$ – расход масла через редукционный клапан, л/мин;

$Q_{ЧФ}$ – расход масла через фильтр, л/мин;

$Q_{УЗ}$ – утечка масла через узлы и сопряжения двигателя, л/мин.

Если рассматривать низкую скорость фильтрации в качестве основного фактора увеличения времени поступления масла к деталям при холодном пуске, то время задержки будет определяться следующим выражением:

$$\tau_{зАП} = \frac{V_{СМ} - V_{ОСТ} - V_{ОГА} - V_{ОПГА}}{Q_{ПФ} + \alpha_{КФ} Q_{КФ}}, \quad (3)$$

где $V_{СМ}$ – объем смазочной системы, л;

$V_{ОСТ}$ – объем масла, который остается в смазочной системе от предыдущей работы, л;

$V_{ОГАК}$ – объем масла, который остается в основном гидроаккумуляторе, л;

$V_{ОПГАК}$ – объем масла, который остается в пнемогидроаккумуляторе, л;

$\alpha_{КФ}$ – коэффициент, учитывающий колебательный процесс клапана;

$Q_{ПФ}$ – расход масла через полнопоточный фильтр, л/мин;

$Q_{КФ}$ – расход масла через перепускной клапан фильтра, л/мин.

Расход масла через поры фильтра можно записать:

$$Q_{ПФ} = Z_{ПФ} \frac{\Delta P}{\delta_{\phi} \cdot \eta}, \quad (4)$$

где ΔP – перепад давления на фильтре, Па;

η – динамическая вязкость масла, Па·с;

$Z_{ПФ}$ – проницаемость пористого материала фильтра;

δ_{ϕ} – толщина фильтрующей перегородки, м.

Согласно [10] пропускная способность клапана определяется выражением:

$$Q_{КФ} = \mu_{КФ} f_{Щ} \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}, \quad (5)$$

где $\mu_{КФ}$ – экспериментальный коэффициент расхода клапана;

$f_{Щ} \approx \pi \cdot d_{КФ} \cdot h \cdot \sin \beta_{КФ}$ – площадь щели клапана, м²;

$d_{КФ}$ – диаметр отверстия клапана, м;

h – высота поднятия клапана, м;

$\beta_{КФ}$ – угол конуса клапана;

ΔP – перепад давления в клапане, Па.

Экспериментальный коэффициент $\mu_{КФ}$ зависит от числа Рейнольдса $Re = \frac{2h}{\nu} \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$, где ν – кинематическая вязкость масла. При малых значениях Re данная зависимость приближается к линейной:

$$\mu_{КФ} = k \frac{2h}{\nu} \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}, \quad (6)$$

где k – коэффициент пропорциональности (определяется экспериментально).

Окончательное выражение для расхода масла через клапан:

$$Q_{КФ} = 4k\pi d_{КФ} h^2 \sin \beta_{КФ} \frac{\Delta P}{\eta}. \quad (7)$$

Время запаздывания поступления масла к узлам двигателя:

$$\tau_{зАП} = \frac{\eta}{\Delta P} \left(\frac{V_{СМ} - V_{ОСТ} - V_{ОГА} - V_{ОПГА}}{\frac{Z_{ПФ}}{\delta_{\phi}} + 4\alpha_{КФ} k \pi d_{КФ} h^2 \sin \beta_{КФ}} \right), \quad (8)$$

где $\alpha_{КФ}$ – экспериментальный коэффициент, характеризующий зависимость расхода клапана от числа Re ;

$d_{КФ}$ – диаметр отверстия клапана, м;

h – высота поднятия клапана, м;

$\beta_{КФ}$ – угол конуса клапана.

Таким образом, время запаздывания прямо пропорционально вязкости масла и обратно пропорционально перепаду давления на фильтре. Перепад давления сначала растет до определенной величины, а затем, по мере заполнения системы маслом, начинает снижаться. Вязкость масла также является переменной. Она снижается по мере прогрева масла.

Разработка системы смазки турбокомпрессора двигателя внутреннего сгорания

Данная система (рис. 1) содержит главную масляную магистраль 1, напорный трубопровод 2, связывающий магистраль с подшипником 3 турбокомпрессора, гидроаккумулятор 4 с подпружиненным при помощи пружины 5 поршнем 6, подключенный входным трубопроводом 7 через тройник 8, обратный клапан 9 и первичный трубопровод 10 к главной масляной магистрали 1. Между турбокомпрессором 11 и двигателем внутреннего сгорания 12 в воздушном патрубке 13, соединяющем турбокомпрессор 11 и всасывающий патрубок 14 двигателя внутреннего сгорания 12, установлено тормозное устройство 15 с поворотными заслонками 16, привод которого осуществляется от главной масляной магистрали с помощью гидроцилиндров 17 и подпружиненных рычагов 18.

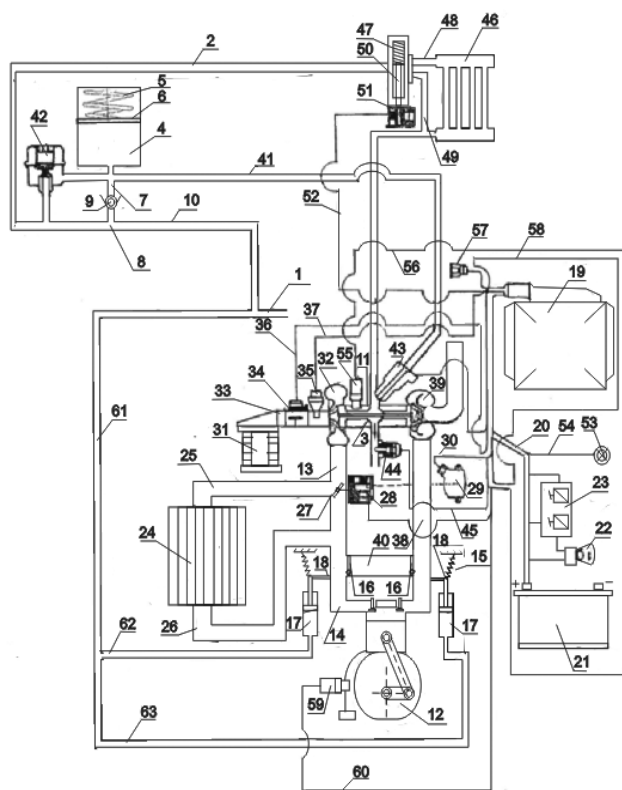


Рис. 1. Схема системы смазки турбокомпрессора двигателя внутреннего сгорания

Для управления системой смазки используется электронный блок управления 19, соединенный при помощи проводки 20 с аккумулятором 21 через замок зажигания 22 с реле управления 23, расположенные в кабине автотракторного средства [12, 13, 14].

Между воздушным патрубком 13 и всасывающим патрубком 14 установлен интеркулер 24 для промежуточного охлаждения воздуха, подсоединенный входным патрубком 25 к воздушному патрубку 13 и выходным патрубком 26 к всасывающему патрубку 14. В воздушном патрубке 13 расположена заслонка 27, поворот которой осуществляет шаговый двигатель 28, а угол поворота заслонки 27 отслеживается датчиком 29 поворота заслонки, которые посредством проводки 30 соединены с электронным блоком управления 19.

Между воздухоочистителем 31 и насосным колесом 32 турбокомпрессора 11 в соединительном патрубке 33 установлены датчик 34 расхода воздуха и датчик 35 температуры воздуха, соединенные проводкой 36 и 37 с электронным блоком управления 19.

Между воздушным патрубком 13 и выпускным патрубком 38 по пути следования к турбинному колесу 39 турбокомпрессора 11 установлен обходной патрубок 40, предназначенный для подачи охлажденного воздуха в режиме выбега к турбинному колесу 39 турбокомпрессора 11.

На корпусе турбокомпрессора 11 установлена электромагнитная форсунка 43, соединенная посредством трубопровода 41 с гидроаккумулятором 4 и служащая для подвода масла к подшипнику 3 турбокомпрессора 11 в режиме выбега турбокомпрессора 11 при остановке двигателя внутреннего сгорания 12.

Между первичным трубопроводом 10 и трубопроводом 41 электромагнитной форсунки 43 установлен регулятор давления 42, служащий для регулирования давления в гидроаккумуляторе 4.

На выходе из подшипника 3 турбокомпрессора 11 установлен выходной датчик 44 температуры масла, соединенный посредством проводки 45 с электронным блоком управления 19 [15, 16, 17, 18].

Между напорным трубопроводом 2 и масляным радиатором 46 установлено золотниковое устройство 47, соединенное с масляным радиатором 46 посредством входного трубопровода 48 и обходного трубопровода 49. Золотниковое устройство 47 состоит из золотника 50

и шагового двигателя 51, соединенного проводкой 52 с электронным блоком управления 19.

В кабине автотракторного средства установлена контрольная лампа 53 неисправностей, подсоединенная при помощи проводки 54 к электронному блоку управления 19.

На корпусе турбокомпрессора 11 установлен датчик 55 оборотов турбокомпрессора, который посредством проводки 56 связан с электронным блоком управления 19.

В кабине автотракторного средства или под его капотом установлен диагностический разъем 57, соединенный проводкой 58 с электронным блоком управления 19 и предназначенный для диагностирования турбокомпрессора 11 и его элементов.

На картере двигателя внутреннего сгорания 12 установлен датчик 59 положения коленчатого вала, соединенный проводкой 60 с электронным блоком управления 19 для определения значения частоты вращения коленчатого вала.

Тормозное устройство 15 в своей конструкции имеет две поворотные заслонки 16, расположенные одна во всасывающем 14, а вторая в выхлопном патрубках, привод которых осуществляется от главной масляной магистрали через напорную магистраль 61 тормозного устройства и первичную магистраль 62, и вторичную магистраль 63 с помощью двух гидроцилиндров 17 и двух подпружиненных рычагов 18.

Система работает следующим образом. При запуске двигателя внутреннего сгорания 12 и штатной его работе (рис. 2) масло под давлением из главной масляной магистрали 1 поступает через первичный трубопровод 10, тройник 8, обратный клапан 9, входной трубопровод 7 в масляный гидроаккумулятор 4, воздействуя на поршень 6 и сжимая пружину 5 до достижения величины рабочего давления.

Одновременно масло из первичного трубопровода 10 поступает в напорный трубопровод 2 к золотниковому устройству 47, золотник 50 которого в штатном режиме работы двигателя внутреннего сгорания 12 находится в таком положении, в котором масло подается в обходной трубопровод 49, минуя масляный радиатор 46, к подшипнику 3 турбокомпрессора 11. Золотник 50 перемещается при помощи шагового двигателя 51, соединенного проводкой 52 с электронным блоком управления 19. Масло в гидроаккумуляторе 4 при работе двигателя внутреннего сгорания 12 находится под избыточным давлением, регулируемым с помощью регулятора давления 42, который при повышении давления масла в гидроаккумуляторе 4 при

его нагреве перепускает часть масла в первичный трубопровод 10, тем самым предотвращая повреждение гидроаккумулятора 4.

Одновременно с этим масло из главной масляной магистрали 1 поступает в напорную магистраль 61 тормозного устройства и далее в первичную магистраль 62 и вторичную магистраль 63 и поступает в гидроцилиндры 17, перемещая их поршни, которые, воздействуя на рычаги 18, поворачивают заслонки 16 и тем самым открывают всасывающий патрубок 14 для подачи воздуха.

При запуске и штатной работе двигателя внутреннего сгорания 12 его отработавшими газами, поступающими по выпускному патрубку 38, приводится во вращение турбинное колесо 39 турбокомпрессора 11. При этом совместно с турбинным колесом 39 турбокомпрессора 11 вращается и насосное колесо 32 турбокомпрессора 11. Воздух, нагнетаемый насосным колесом 32 турбокомпрессора 11, поступает в воздухоочиститель 31, соединительный патрубок 33, проходит последовательно датчик 34 расхода воздуха и датчик 35 температуры воздуха. Параметры расхода воздуха и его температура измеряются датчиком 34 расхода воздуха и датчиком 35 температуры воздуха и посредством проводки 36 и 37 пере-

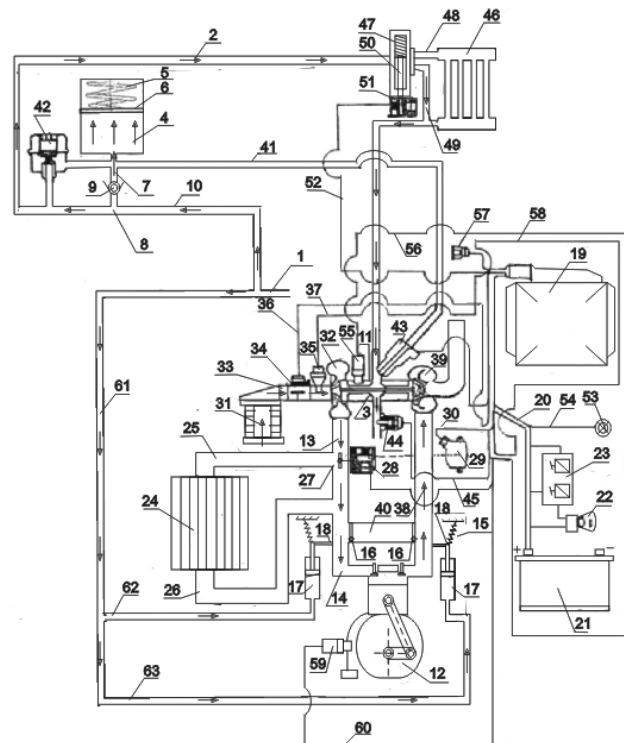


Рис. 2. Схема системы смазки турбокомпрессора двигателя внутреннего сгорания при запуске или штатной работе

даются электронному блоку управления 19. Далее воздух попадает в воздушный патрубок 13, в котором располагается заслонка 27. При запуске двигателя внутреннего сгорания 12 и его штатной работе заслонка 27 открыта и сжатый воздух, нагнетаемый насосным колесом 32 турбокомпрессора 11, поступает во всасывающий патрубок 14 и в цилиндры двигателя внутреннего сгорания 12.

Привод заслонки 27 осуществляется шаговым электродвигателем 28 по сигналу электронного блока управления 19, а ее положение отслеживается датчиком 29 поворота заслонки и также корректируется электронным блоком управления 19. От датчика 34 расхода воздуха и датчика 35 температуры воздуха сигналы поступают по проводке 36 и 37 к электронному блоку управления 19. После обработки этих сигналов (по заданному алгоритму) в соответствии с режимом работы двигателя внутреннего сгорания 12 электронный блок управления 19 выдает управляющие импульсы необходимой длительности для работы шагового двигателя 28. Поворот заслонки 27 корректируется электронным блоком управления 19 в зависимости от ее положения на основании сигналов датчика 29 поворота заслонки, а также датчика 35 температуры воздуха.

Масло, проходящее через подшипник 3 турбокомпрессора 11, попадает на выходной датчик 44, температуры масла, установленный в сливной масляной магистрали, и сигнал от него по проводке 45 поступает в электронный блок управления 19, который выдает управляющие импульсы для перемещения золотника 50 золотникового устройства 47.

При работе двигателя внутреннего сгорания 12 в диапазоне больших нагрузок (рис. 3) выходной датчик 44 температуры масла фиксирует значительное повышение его температуры в сливной масляной магистрали. При этом сигнал от него по проводке 45 поступает в электронный блок управления 19, который выдает управляющие импульсы для перемещения золотника 50 золотникового устройства 47, тем самым направляя поток смазочного масла через масляный радиатор 46, где масло охлаждается и охлажденное поступает к подшипнику 3 турбокомпрессора 11.

Воздух, нагнетаемый насосным колесом 32 турбокомпрессора 11, поступает в воздухоочиститель 31, соединительный патрубок 33, проходит последовательно датчик 34 расхода воздуха и датчик 35 температуры воздуха. Да-

лее воздух попадает в воздушный патрубок 13, в котором заслонка 27 закрывается и обеспечивает подачу воздуха во входной патрубок 25, интеркулер 24 где охлаждается и далее поступает через выходной патрубок 26, во всасывающий патрубок 14 и в цилиндры двигателя внутреннего сгорания 12.

При внезапной или аварийной остановке двигателя внутреннего сгорания 12 (рис. 4) давление масла, подаваемого в главную масляную магистраль 1, снижается до нуля.

Одновременно с этим давление исчезает в напорной магистрали 61 тормозного устройства, в первичной магистрали 62 и вторичной магистрали 63. Гидроцилиндры 17 при отсутствии давления под воздействием внутренних пружин через рычаги 18 поворачивают заслонки 16, перекрывая всасывающий патрубок 14 и выхлопной патрубок двигателя внутреннего сгорания 12, направляя сжатый воздух из насосного колеса 32 турбокомпрессора 11 через входной патрубок 25 в интеркулер 24, в котором воздух охлаждается и через выходной патрубок 26 по обходному патрубку 40 и выпускному патрубку 38 поступает на охлаждение турбинного колеса 39 турбокомпрессора 11. Интенсивность и длительность охлаждения и смазки турбокомпрессора 11 во время выбега его ротора

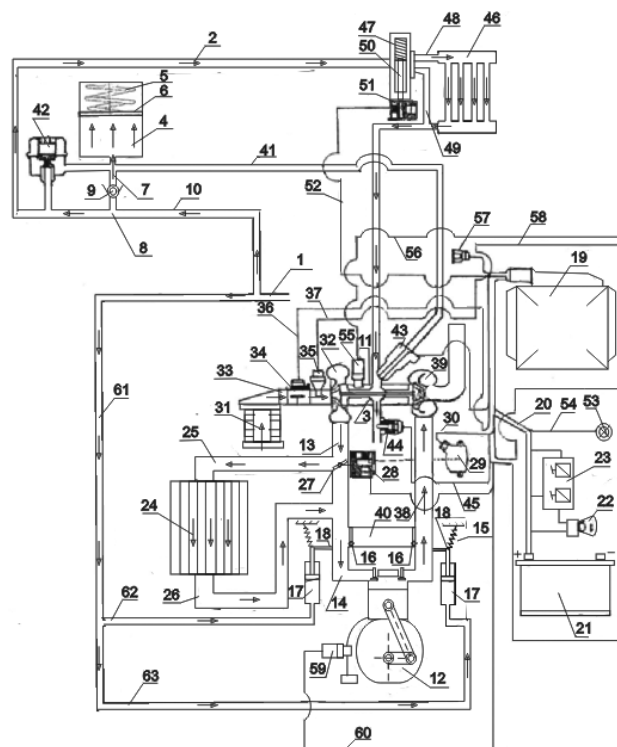


Рис. 3. Схема системы смазки турбокомпрессора двигателя внутреннего сгорания при работе на повышенных нагрузках

задается электронным блоком управления 19 по сигналам датчика 34 расхода воздуха, датчика 35 температуры воздуха, датчика 29 поворота заслонки, выходного датчика 44 температуры масла, датчика 59 положения коленчатого вала, датчика 55 оборотов турбокомпрессора 11.

При остановке двигателя внутреннего сгорания 12 по сигналу датчиков 59 и 55 положения коленчатого вала и оборотов турбокомпрессора 11 электромагнитная форсунка 43 открывается и продолжает смазывать и охлаждать подшипник 3 турбокомпрессора 11. Фиксируя температуру масла, выходящего из подшипника 3 турбокомпрессора 11, положение заслонки 27 и других датчиков, электронный блок управления 19 посылает управляющие сигналы на исполнительные элементы (шаговый электродвигатель 28, шаговый электродвигатель 51, электромагнитную форсунку 43). Анализ качества охлаждения подшипника 3 турбокомпрессора 11 электронный блок управления 19 производит по сигналу обратной связи – от выходного датчика 44 температуры масла. Для контроля работы системы управления имеется контрольная лампа 53 неисправностей и диагностический разъем 57, соединенные посредством проводки 54 и 58 с электронным блоком управления 19. Питание

всех электронных устройств осуществляется от аккумулятора 21 через замок зажигания 22 с реле управления 23.

Результаты экспериментальных исследований и их анализ

Для подтверждения теоретических предположений были проведены экспериментальные исследования по оценке времени выбега турбокомпрессоров ТКР-11 [4–8].

Проведем сравнение экспериментальных результатов, полученных при четырех различных вариантах выбега.

На рисунке 5 представлена экспериментально полученная зависимость частоты вращения ротора турбокомпрессора марки ТКР-11 от времени выбега.

При совместном использовании гидроаккумулятора и тормозного устройства величина времени выбега ротора уменьшилась в среднем на 30–35% по сравнению с величиной времени при свободном выбега (линия 4 на рисунке 5).

Выводы

Разработанная конструкция системы смазки турбокомпрессора ДВС проявляет свой

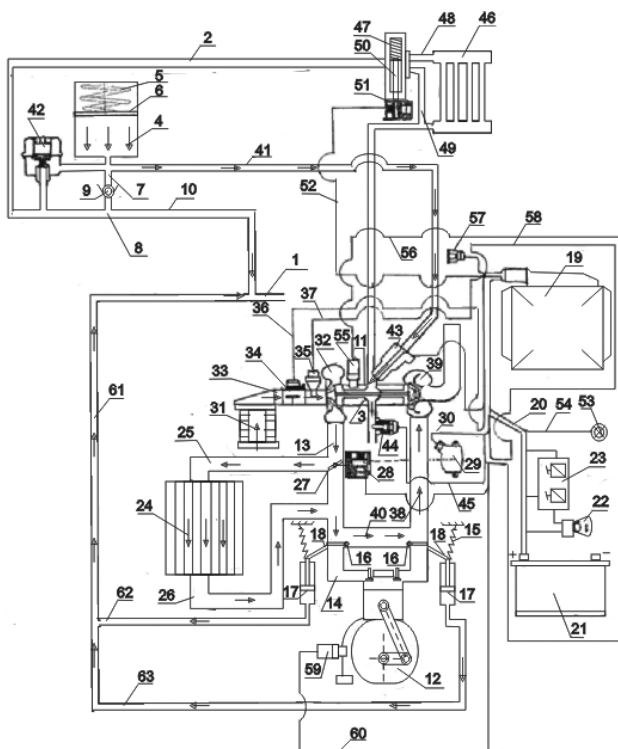
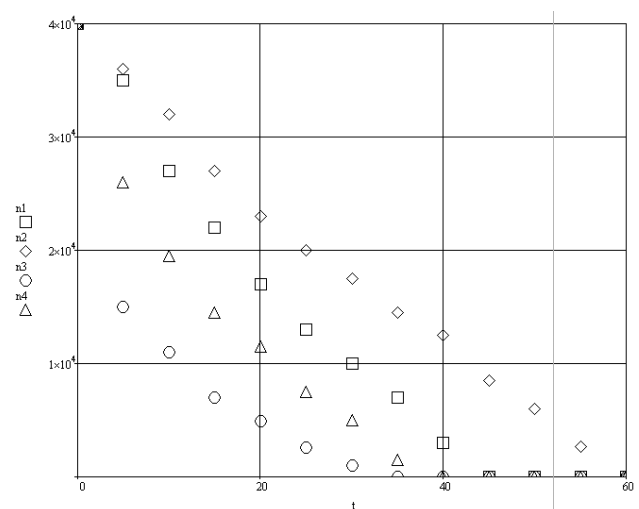


Рис. 4. Схема системы смазки турбокомпрессора двигателя внутреннего сгорания при внезапной или аварийной остановке



1 – выбег ротора в штатном режиме; 2 – выбег ротора с включенным гидроаккумулятором; 3 – выбег ротора с тормозным устройством; 4 – выбег ротора с включенным гидроаккумулятором и тормозным устройством

Рис. 5. Зависимость частоты вращения n_1, n_2, n_3, n_4 рад/с от времени выбега t, c



результат в виде исключения возникновения закоксовывания остатков смазочного масла в каналах системы смазки турбокомпрессора при внезапной (аварийной под нагрузкой) остановке двигателя внутреннего сгорания в режиме выбега ротора турбокомпрессора, и заключается в регулируемой подаче (по объему, времени и температуре) масла в подшипник турбокомпрессора, а также регулируемую (по температуре) подачу на вход турбинного колеса турбокомпрессора сжатого насосным колесом турбокомпрессора воздуха, что приводит к снижению температуры деталей турбины, имеющих температуру 600–700 °С, при этом повышается эксплуатационная надежность подшипников, ротора, корпуса и турбокомпрессора в целом.

Список литературы

1. Зырянов А. П. Перспектива развития машинно-тракторного парка в растениеводстве // Вестник ЧГАА. 2013. Т. 63. С. 47–50.
2. Плаксин А. М. Технический уровень машин в растениеводстве: состояние и перспективы // Вестник ЧГАА. 2011. Т. 58. С. 67–73.
3. Кузнецов Н. А., Ворокосов И. В. Оценка вариантов агрегатирования почвообрабатывающего и посевного комплекса для возделывания зерновых культур // Вестник ЧГАА. 2011. Т. 58. С. 43–46.
4. Окунев Г. А., Рахимов И. Р., Кузнецов Н. А. Современные тенденции технического переоснащения производственных формирований различного типа // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 69. С. 55–58.
5. Окунев Г. А., Рахимов И. Р., Кузнецов Н. А. Тенденции развития механизированных процессов в земледелии // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 68. С. 53–59.
6. Малаховецкий А. Ф. Повышение надежности турбокомпрессоров автотракторных двигателей путем снижения их теплонапряженности : дис. канд. ... техн. наук. Саратов, 2005. 141 с.
7. Патрахальцев Н. Н., Савастенко А. А. Форсирование двигателей внутреннего сгорания наддувом. М. : Легион-Автодата, 2007. 176 с.
8. Потапов С. В. Повышение долговечности капитально отремонтированных тракторных дизелей применением гидроаккумулятора в смазочной системе : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1999. 181 с.
9. Денисов А. С., Кулаков А. Т. Обеспечение надежности автотракторных двигателей / Саратов. гос. техн. ун-т (Саратов). Саратов : СГТУ, 2007. 422 с.
10. Повышение эксплуатационной надежности турбокомпрессоров ТКР 7Н / А. С. Денисов [и др.] // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2004. № 4. С. 67–74.
11. Коркин А. А. Повышение долговечности турбокомпрессоров автотракторных двигателей путем использования гидроаккумулятора в системе смазки : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2010. 24 с.
12. Гриценко А. В., Плаксин А. М., Бурцев А. Ю. Исследования выбега ротора турбокомпрессора ТКР-11 // Агропродовольственная политика России. 2015. № 1(13). С. 52–55.
13. Гриценко А. В. Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем питания и смазки двигателей внутреннего сгорания (экспериментальная и производственная реализация на примере ДВС автомобилей) : дис. ... докт. техн. наук. Челябинск, 2014. 397 с.
14. Диагностирование системы выпуска двигателей внутреннего сгорания путем контроля сопротивления выпускного тракта / А. В. Гриценко [и др.] // Фундаментальные исследования. 2014. № 8. Ч. 2. С. 322–326.
15. Диагностирование системы впуска двигателей внутреннего сгорания методами тестового диагностирования / А. В. Гриценко [и др.] // Фундаментальные исследования. 2014. № 8. Ч. 5. С. 1053–1057.
16. Продление срока службы турбокомпрессоров автотракторной техники применением гидроаккумулятора в системе смазки / А. М. Плаксин [и др.] // Фундаментальные исследования. 2014. № 6. Ч. 4. С. 728–732.
17. Увеличение надежности турбокомпрессоров автотракторной техники применением гидроаккумулятора / А. М. Плаксин [и др.] // Вестник Красноярского ГАУ. 2014. № 8. С. 176–180.
18. Плаксин А. М., Гриценко А. В., Бурцев А. Ю. Результаты экспериментальных исследований времени выбега ротора турбокомпрессора ТКР-11 // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 70. С. 130–135.
19. Prokopyev V.N., Boyarshinova A.K., Zadorozhnaya E.A. Non-linear dynamic of turbocharger journal bearing elements. Papers of International Forum of science, technique and education problems. Academy of science about Earth. 3-7 dec., 2001, Moscow, Russia, pp. 10–14.

20. Roach P. The Role of CFD in Turbocharger Performance Improvement. Paper № 51, CIMAC 2007, Vienna.

Плаксин Алексей Михайлович, д-р техн. наук, профессор кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».
E-mail: mtp@mail.ru.

Бурцев Александр Юрьевич, аспирант, кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».
E-mail: burceval2009@yandex.ru.

Гриценко Александр Владимирович, д-р техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автотранспорта и производственное обучение», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».
E-mail: alexgrits13@mail.ru.

* * *

УДК 631.331

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПОЛЕЗНАЯ РАБОТА КОМБИНИРОВАННЫХ ПОСЕВНЫХ АГРЕГАТОВ

А. М. Плаксин, В. А. Забелина, А. В. Плаксин

Прогрессивное развитие ресурсосберегающих технологий в растениеводстве на современном этапе технико-технологического переоснащения в передовых и рентабельных сельскохозяйственных предприятиях является следствием конструктивного совершенствования технологической части машинно-тракторных агрегатов, которые используются с тракторами повышенной единичной мощности дизелей до 300–500 л.с. Полнота ее использования обеспечивается применением комбинированных, широкозахватных ($B_p = 12 \dots 20$ м) и скоростных агрегатов ($V_p = 3 \dots 5$ м/с). Однако методика оценки и практика измерения работы, трудозатрат удельных на ее выполнение и погектарного расхода топлива не соответствуют требованиям реального производства, исключают физическую сущность корректной оценки безусловного преимущества вышеуказанных агрегатов. Количественная оценка их полезной работы в результате занижается в 3...5 раз, что не только лишает комбинированные агрегаты перспективной основы стратегического развития растениеводства, но и некорректно предопределяет сокращение оплаты труда высококвалифицированных механизаторов. Предлагаемый материал данной статьи при практическом использовании в сельском хозяйстве позволяет устранить отмеченные недостатки.

Ключевые слова: комбинированные посевные агрегаты, энергозатраты, полезная работа, затраты труда, энергетический КПД агрегатов.

При внедрении ресурсосберегающих технологий на зернопроизводящих сельхозпредприятиях все большее применение находят комбинированные почвообрабатывающие и посевные агрегаты с тракторами 6–8 класса тяги. При их использовании у специалистов сельхозпредприятий систематически возникают вопросы по определению технико-экономических показателей (производительности, расходу топлива), выбора из разнообразия предлагаемых дилерами лучшего агрегата, нормированию полевых работ и оплате труда механизаторов. Закономерно обнаружилось недостатки в оценке полезной работы агрегатов, экономической

эффективности их использования, что в целом затрудняет комплектование рационального по составу машинного парка. В то же время во многих крупных сельхозпредприятиях Южного Урала имеются приоритетные технологические преимущества при использовании широкозахватных, скоростных и высокопроизводительных потенциально механизированных комплексов, что обусловлено большими размерами полей (300–400 га), с длиной гона до 1,5...3,0 км в среднем [2, 3].

Производительность агрегатов в растениеводстве изначально, начиная с 30-х годов XX века, измерялась в физических гектарах.

Однако разнообразие состава почв, размеров полей, нормируемых агротребований к выполнению различных технологических операций, состава МТА предопределило необходимость дифференцирования норм выработки, которые бы более объективно учитывали энерго- и трудозатраты на единицу выполненной работы.

Установление отмеченных недостатков в процессе развития механизированных технологий производства сельскохозяйственных культур, технических средств их реализации обусловило необходимость введения условной энергетической единицы измерения полевых работ – условного эталонного гектара (принят объем работы, соответствующий одному физическому гектару вспашки в эталонных условиях). Коэффициенты перевода физических тракторов в условные эталонные численно равны их производительности в физических гектарах за один час работы в эталонных условиях [4].

Так, количество работы пропорционально силе на крюке трактора и пройденному агрегатом пути:

$$A_{у.э.га} = P \cdot l, \quad (1)$$

где $A_{у.э.га}$ – затраты энергии на пахоту физического гектара в эталонных условиях, кДж/га;

P – сила на крюке трактора, кН;

l – пройденный агрегатом путь при вспашке одного гектара, м.

Таким образом, с учетом удельного сопротивления почвы при пахоте K_0 и глубины вспашки a , м, энергозатраты на условный эталонный гектар будут равны:

$$A_{у.э.га} = K_0 a \cdot 10^4, \quad (2)$$

т.е. $A_{у.э.га} = 50 \cdot 0,21 \cdot 10^4 = 1,05 \cdot 10^5$ кДж/га = 105 МДж/у.э.га = 29,2 кВт·ч.

Однако видно (2), что работа, равная эталонному гектару ($A_{у.э.га} = K_0 a \cdot 10^4$, для пахотных агрегатов, $A_{у.э.га} = K_m \cdot 10^4$ для непахотных), пропорциональна сопротивлению сельскохозяйственных машин, которое не является полностью полезным. Оно зависит от массы и технического состояния машины, от типа ее ходового аппарата, агрофона, в целом конструкции, которые определяют величину паразитных затрат энергии на перекачивание сельскохозяйственных машин, сцепок во время выполнения технологической операции. Следовательно, не вся энергия на крюке трактора, работа по выполнению эталонного гектара являются полез-

ными, которые необходимы непосредственно для изменения качественного состояния почвы. Значит, КПД сельхозмашины при работе МТА будет равен:

$$\eta_m = \frac{R_{п}}{R_m} = \frac{R_{п}}{R_{п} + R_{т}}, \quad (3)$$

где $R_{п}$, $R_{т}$ – полезные затраты механической энергии на деформацию обрабатываемого материала (почвы, растений) и затраты механической энергии на различные виды трения (качения, скольжения и др.), а также на подъем, кН.

Из изложенного (2,3) очевидно, что чем больше суммарное сопротивление рабочих машин (усилие на крюке трактора), в т.ч. с учетом сопротивления сцепок, тем больше будет выполнено работы в условных эталонных гектарах. Кроме этого недостатка, якобы измерения полезной работы МТА, добавляется еще один. Сейчас принято на сельхозпредприятиях рассчитывать наработку агрегатов через количество выполненных нормосмен:

$$W_{см.у.э.га} = \frac{F}{W_{см.ф.га}} \cdot K \cdot T_{см}, \quad (4)$$

где F – площадь, обрабатываемая за смену, га;

$W_{см.ф.га}$ – сменная норма в физических гектарах, га;

K – коэффициент перевода тракторов в эталонные;

$T_{см}$ – время смены, ч.

Видно, что опять в основу расчета работы агрегата заложена сменная норма в физических гектарах, недостатки которой были указаны выше.

Полезная работа агрегата должна измеряться величиной полезных (необходимых непосредственно для изменения качественного состояния предмета труда) удельных энергозатрат $A_{пол}$, МДж/га:

$$A_{пол} = A_0 \cdot \eta_e \cdot \eta_t \cdot \eta_{схм}, \quad (5)$$

где A_0 – полезные удельные энергозатраты (энергия сожженного в двигателе топлива, МДж/га;

η_e , η_t – КПД соответственно эффективное дизеля (0,35...0,40) и тяговое (0,50...0,75).

Полные удельные энергозатраты пропорциональны погектарному расходу топлива $q_{га}$, кг/га:

$$A_0 = q_{га} \cdot H, \quad (6)$$

где H – низшая теплотворная способность дизельного топлива, $H = 42,7$ МДж/кг.



Отношение полезной работы комбинированного МТА за нормосмену к среднесменной полезной работе простых агрегатов на комплексе весенних работ покажет, насколько первый энергетически производительнее по сравнению со вторым:

$$P = \frac{A_{\text{см.пол.к МТА}}}{A_{\text{см.пол.п МТА}}} \quad (7)$$

Удельные затраты труда на единицу полезной работы T_y , чел·ч/МДж, будут равны:

$$T_y = \frac{П_{\text{чел}} \cdot T_{\text{см}}}{A_{\text{см.пол}}} \quad (8)$$

где $П_{\text{чел}}$ – количество работающих на агрегате, чел.

Тогда трудозатраты на единицу полезной работы будут выше у простого МТА, величина их относительного превышения равна:

$$П = \frac{T_{y.п}}{T_{y.к}} \quad (9)$$

Энергетический КПД тягового машинно-тракторного агрегата определяется по формуле:

$$\eta_{\text{э.МТА}} = \frac{A_{\text{пол}}}{A_0} = \eta_e \cdot \eta_t \cdot \eta_{\text{СХМ}} \quad (10)$$

Расчеты энергоэффективности, полезной работы агрегатов при традиционной технологии проведения посевного цикла однооперационными и комбинированными агрегатами (табл. 1), оценка их эффективности использования проведены по вышеуказанным показателям (5, 7, 8, 10).

Для посевных агрегатов расчеты проведены на площади 3000 гектаров за шесть рабочих суток. При расчетах КПД тяговое тракторы принято для: МТЗ-82, К-744Р2 – $\eta_t = 0,60$; Buhler Versatile 2575 – $\eta_t = 0,65$; Т-250 – $\eta_t = 0,75$ [1, 5]. Учли, что у комбинированных посевных агрегатов отсутствует сцепка, так как они объединены одним прицепным устройством и общей рамой, поэтому их вес будет меньше, следовательно, и сила сопротивления перекачиванию будет меньше, чем у простых агрегатов. Так как рабочие органы машин комбинированного агрегата воздействуют на почву одновременно, и, следовательно, за культиватором сопротивление почвы будет меньше (взрыхленная почва), то на деформацию почвы потребуется меньше затрат энергии. В совокупности перечисленное позволяет КПД технологических модулей комбинированного посевного агрегата (учитывая наличие бункера под зерно и удобрения) ориентировочно принимать в пределах $\eta_{\text{СХМ}} = 0,45 \dots 0,50$ (табл. 2).

Используя методики расчета производительности агрегатов в физических, эталонных гектарах, и, соответственно, расхода топлива, а также рассмотренную методику расчета полезных энергозатрат на основе эксплуатационных показателей однооперационных и комбинированных посевных агрегатов вычислили в указанных единицах наработку агрегатов за посевной цикл, удельные трудозатраты и их энергетический КПД. Анализ расчетных данных позволил сделать следующие выводы (табл. 3).

Таблица 1 – Показатели технических свойств МТА

МТА	Показатели*						
	N_e , кВт	ξ_{N_e}	q_e , г/кВт·ч	$G_{\text{тр}}$, Н	$G_{\text{СХМ}}$, Н	$G_{\text{сц}}$, Н	$\sum G_{\text{агр}}$, Н
Однооперационные агрегаты							
МТЗ-82+ 1РМГ-4	60	0,94	220	39 200	14 014	–	53 214
К-744Р2+СП16+4КПС-4	258	0,90	215	153 664	37 985	23 128	214 777
К-744Р2+СП16+6·ЗБЗСС-1	258	0,94	215	153 664	6 174	23 128	182 966
К-744Р2+ СП16+2СС-6	258	0,90	215	153 664	100 744	23 128	277 536
К-744Р2+СП-16+4·ЗКВГ-1,4	258	0,94	215	153 664	32 693	23 128	209 485
Итого				653 856	191 610	92 512	937 978
Комбинированные агрегаты							
К-744Р2+ ПК-12,2	258	0,92	215	153 664	122 500	–	276 164
Buhler Versatile 2375 + Salford 4050	276	0,94	210	193 364	101 577	–	294 941
Т-250М+ ПК-12,2	236	0,96	210	124 460	122 500	–	246 960

*Обозначения: N_e – эффективная мощность двигателя, кВт, ξ_{N_e} – коэффициент загрузки двигателя по мощности, принимаем в зависимости от мощности трактора и выполняемой операции; q_e – удельный эффективный расход топлива, г/кВт·ч, $G_{\text{тр}}$, $G_{\text{СХМ}}$, $G_{\text{сц}}$, $\sum G_{\text{агр}}$ – вес машин, Н.

При определении часовой производительности посевных агрегатов по традиционной технологии и комбинированных в физических гектарах однооперационные агрегаты производительнее комбинированных на 4,2...4,9 га/ч. Очевидно, что применение единицы измерения работы комбинированных агрегатов в физических гектарах некорректно. Если оценивать их по количеству полезной работы, то часовая производительность комбинированных агрегатов (МДж/ч) будет, примерно, в 4 раза выше, чем у традиционных агрегатов. Кроме этого, удельный расход топлива и общий расход топлива на посеве будет практически в 3 раза у комбинированных агрегатов меньше. И самое главное, при замене простых агрегатов на комбинированные посевные при одной и той же сменной производительности потребуется механизаторов в 5 раз меньше.

Таким образом, эффективность использования комбинированных агрегатов в зависимо-

сти от их состава и выполняемых одновременно технологических операций по сравнению с простыми МТА по количеству полезной работы в единицу времени значительно выше, удельные трудозатраты меньше.

Кроме того, КПД технологических модулей в составе комбинированного МТА может превышать КПД рабочей части простых агрегатов на 10...20% и более.

Таким образом, результаты расчетов технико-экономических и энергетических показателей комбинированных посевных комплексов убедительно доказывают их преимущества перед набором агрегатов однооперационных. Кроме того, оценка МТА по полезной работе подтверждает объективность и соответствие ее физической сущности реальных процессов в растениеводстве. Одновременно отмечаем, особенно с учетом в 2-3 раза меньшего удельного давления ходового аппарата гусеничных тракторов на почву, целесообразность энерге-

Таблица 2 – Эксплуатационные показатели посевных агрегатов

МТА	Технические показатели			Показатели эксплуатации	
	K_m , кН	$\eta_{схм}$	$N_{см}$	B_p , М	V_p , км/ч (V_p , м/с)
Однооперационные агрегаты					
МТЗ-82+ 1РМГ-4	0,4	0,40	36,6	10,0	10,0 (2,8)
К-744Р2+СП16+4КПС-4	2,0	0,40	22,3	16,0	10,0 (2,8)
К-744Р2+СП16+6·ЗБЗСС-1	0,5	0,30	20,9	17,1	10,0 (2,8)
К-744Р2+ СП16+2СС-6	1,2	0,35	33,3	12,2	9,0 (2,5)
К-744Р2+ СП16+4·ЗКВГ-1,4	0,8	0,30	21,3	16,8	10,0 (2,8)
Итого			134,4		
Комбинированные агрегаты					
К-744Р2+ ПК-12,2	4,25	0,45	37,9	12,2	8,3 (2,3)
Buhler Versatile 2375+ Salford 4050	4,25	0,45	34,8	12,2	9,0 (2,5)
T-250М+ ПК-12,2	4,25	0,45	34,8	12,2	9,0 (2,5)

Таблица 3 – Обобщающие показатели использования посевных агрегатов

МТА	Показатели				
	A_0 , МДж	$q_{га}$, кг/га	T_y , чел·ч/ МДж	$A_{пол}$, МДж	$\eta_{э,мта}$
Однооперационные агрегаты					
МТЗ-82+ 1РМГ-4	19 2150	1,5	0,076	8 762	0,05
К-744Р2+СП16+4КПС-4	473 970	3,7	0,009	38 818	0,08
К-744Р2+СП16+6·ЗБЗСС-1	461 160	3,6	0,047	32 373	0,07
К-744Р2+ СП16+2СС-6	717 360	5,6	0,026	67 145	0,09
К-744Р2+ СП-16К+4·ЗКВГ-1,4	473 970	3,7	0,030	33 272	0,07
Итого (среднее значение)	2 318 610	18,1	0,025	180 370	(0,07)
Комплексные агрегаты					
К-744Р2+ ПК-12,2	832 650	0,39	0,60	87 678	0,11
Buhler Verlatile 2375+Salford 4050	819 840	0,40	0,65	95 921	0,12
T-250М+ ПК-12,2	717 360	0,40	0,75	96 844	0,14



тическую и экономическую пополнения МТП гусеничными тракторами.

Список литературы

1. Липкович Э. И. Трактор Т-250, жизнь и судьба // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 8. С. 3–12.

2. Индикаторы развития инженерно-технологического сельскохозяйственного производства / В. В. Нунгезер [и др.] // Техника и оборудование для села. 2010. № 1. С. 28–32.

3. Плаксин А. М. Потенциал посевных комплексов // Сельский механизатор. 2014. № 11. С. 16/

4. Плаксин А. М. Энергетика мобильных агрегатов в растениеводстве : учеб. пособие. Челябинск : ЧГАУ, 2005. С. 204.

5. Плаксин А. М., Плаксин А. В. Эффективность использования гусеничных тракторов в составе комбинированных посевных агрегатов // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 68. С. 60–63.

Плаксин Алексей Михайлович, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

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

Забелина Виктория Александровна, аспирант, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: vicyla27@mail.ru.

Плаксин Андрей Вячеславович, инженер, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: plax74@yandex.ru.

* * *

УДК 579.64 : 631.5 (470.54/.56+470.58)

**МИКРОБОЦЕНОЗ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО
И ДИНАМИКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПРИ МИНИМИЗАЦИИ
ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЗАУРАЛЬЯ****С. Д. Гилев, И. Н. Цымбаленко, А. П. Курлов, И. В. Русакова**

Приведены результаты исследований по изучению реакции почвенной микрофлоры чернозема выщелоченного на длительное применение минимальной, нулевой систем обработки почвы, а также изменение почвенного органического вещества в условиях Центральной лесостепи Зауралья. Установили, что с переходом от ежегодной вспашки (отвальная система обработки) к прямому посеву яровой пшеницы в стерню (нулевая система) общее количество микробной биомассы чернозема выщелоченного увеличивается с 366 ± 30 до 486 ± 1 мг/кг. В то же время на стерневом фоне отмечается снижение численности физиологических групп микроорганизмов: аммонифицирующих бактерий с 7011 до 3842 тыс. КОЕ/г почвы, или в 1,8 раза; амилалитических бактерий и актиномицетов с 9747 до 5820 (1,7 раза); нитрификаторов с 6,4 до 3,0 тыс. КОЕ/г почвы (2,1 раза). Количество денитрификаторов, наоборот, увеличилось с 456 до 10740 тыс. КОЕ/г почвы, что свидетельствует об обеднении почвы азотом. С применением азотных удобрений (среднегодовая доза 40 кг д.в./га) на фоне нулевой системы обработки на 16% повышается общее количество микробной биомассы, микроорганизмов, утилизирующих органические соединения азота на МПА (50%), потребляющих минеральный азот на КАА (76%) и на 110% нитрификаторов по отношению к вариантам без удобрений. При возделывании яровой пшеницы по нулевой технологии на выщелоченном черноземе центральной лесостепной зоны Зауралья минеральный азот способствует повышению в пахотном слое почвы численности изучаемых групп микроорганизмов. Установлена динамика общего и легкоминерализуемого органического углерода чернозема выщелоченного после длительного применения различных по интенсивности систем почвообработки в зернопаровом севообороте. Установлена положительная роль нулевой системы обработки в снижении интенсивности процессов минерализации органического вещества чернозема и тем самым поддержании более высокого уровня общего и лабильного гумуса. Нулевая обработка не позволяет достичь уровня целины по причине низкого поступления в почву растительных остатков.

Ключевые слова: система обработки, микробная биомасса, численность физиологических групп микроорганизмов, легкоминерализуемый органический углерод, азотные удобрения, растительные остатки, урожайность.

Актуальность темы

В условиях повсеместной минимизации почвообработок, включая технологии прямого посева зерновых культур по стерневым фонам, важно учитывать степень их влияния на микробиологическую активность почвы, от изменения которой зависит азотный режим, динамика органического вещества и в целом плодородие черноземных почв.

В отечественной литературе накоплено большое количество научных данных, которые свидетельствуют, что угнетение или стимуляция численности и активности почвенных микроорганизмов обуславливается комплексом

факторов, важнейшими из которых являются способы обработки почвы, возделываемые культуры, виды, дозы и способы применения минеральных удобрений [1–4]. Большинство авторов убеждены, что при отвальной обработке в почве возрастает численность аэробной микрофлоры, что ведет к разложению органики с более высокой степенью интенсивности и низким коэффициентом гумификации [5, 6].

Исследованиями, проведенными В.И. Кирюшиным, И.Н. Лебедевой и др. [7, 8] на южном черноземе Западной Сибири и Северного Казахстана, установлено, что сокращение глубины и частоты механической обработки спо-



способствует существенному сокращению потерь гумуса за счет снижения интенсивности процессов эрозии и минерализации органического вещества.

К такому же выводу пришли сибирские ученые В.Г. Холмов, Л.В. Юшкевич [9], которые отмечают, что при минимизации обработок выщелоченных черноземов южной лесостепи Западной Сибири темпы убыли запасов гумуса в пахотном слое идут в 1,5–2,0 раза слабее по сравнению со вспашкой. Следовательно, энергосберегающие приемы обработки почвы (минимальная и нулевая) в сочетании со средствами комплексной химизации могут служить одним из радикальных средств сохранения и повышения потенциального плодородия почв.

В то же время, по данным М.А. Глухих [10], в условиях Зауралья за 20-летний период исследований существенных различий в содержании гумуса в слое 0–30 см выщелоченного чернозема в зависимости от систем обработки (отвальная, безотвальная, плоскорезная и минимальная) не обнаружено.

Целью данной работы было установить количество, состав и активность микроорганизмов различных физиологических групп, а также содержание общего и легкоминерализуемого (лабильного) органического углерода в зависимости от систем почвообработки, минерального питания и других факторов.

Исследования проводятся на Центральном опытном поле Курганского НИИСХ в длительном многофакторном стационарном опыте в четырехпольном зернопаровом севообороте пар-пшеница-пшеница-пшеница. Образцы почвы для лабораторных исследований отбирали под заключительной культурой севооборота в слое 0–20 см на делянках без удобрений и на фоне N40 в двукратной повторности с каждого варианта опыта: ежегодная вспашка на глубину 20–22 см (отвальная система обработки); осенняя поверхностная обработка дисковым орудием на 6–8 см (минимальная); прямой посев в стерню без механической обработки (нулевая система). Контрольный образец – на целинном участке, где в течение 40 лет произрастал кострец безостый без удобрений. В первых двух вариантах посева пшеницы в период вегетации систематически обрабатываются гербицидами избирательного действия, в третьем – дополнительно применяются глифосатсодержащие гербициды за 5–6 дней до посева, которые используются и при подготовке пара. Минеральные удобрения вносятся зерновой сеялкой в верхний слой

почвы равномерно по площади и глубине заделки во второй декаде мая. Посев проводится 20–25 мая стерневой сеялкой СКП-2,1, в первых двух вариантах оборудованной сошниками культиваторного типа, в третьем варианте – узкими анкерными сошниками. Убирается и учитывается урожай комбайном «Сампо-500», оборудованным измельчителем соломы, что позволяет пожнивные и растительные остатки равномерно распределять по поверхности делянок.

Почва опытного участка – маломощный среднесуглинистый выщелоченный чернозем с содержанием гумуса 4,0–5,2%, подвижных форм фосфора от 7,5 до 11,7, калия свыше 20,0 мг/100 г почвы по Чирикову, рН 5,0–5,4 и суммы поглощенных оснований 19,3–21,5 мг экв./100 г почвы.

Численность микроорганизмов различных физиологических групп определяли по следующим методикам: микробная биомасса (Смик) – методом регидратации-экстракции; численность физиологических групп микроорганизмов (ФГМ) – методом посева на твердые и жидкие питательные среды. Аммонифицирующие (использующие органические формы азота) – среда МПА, амилотические (использующие минеральные формы азота) – среда КАА (крахмало-аммиачный агар), нитрификаторы – водный агар, денитрификаторы – жидкая среда Гильтая [11, 12].

Для характеристики почвенного органического вещества (ПОВ) определяли: содержание органического углерода ($C_{орг}$) по Тюрину в модификации Никитина со спектрофотометрическим окончанием по Орлову-Гриндель; водорастворимый углерод ($C_{вод}$) – в водной вытяжке по Панникову; содержание углерода, экстрагируемого горячей водой ($C_{эв}$), – по методике Шульц-Кершенса (экстракция углерода – одночасовым кипячением с H_2O); подвижный углерод ($C_{щ}$) – в 0,1 NaOH вытяжке по схеме Тюрина в модификации Пономаревой и Плотниковой; содержание общего азота – по Кьельдалю [13, 14].

Математическую обработку полученных данных проводили с использованием компьютерных программ Excel и Statistica 6,0.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведенных исследований микробноценоза чернозема выщелоченного установлены значительные его изменения под воздействием изучаемых систем обработки почвы и минерального азота. Более благоприятные условия для развития общей микробной биомассы почвы (Смик) сложились на варианте

нулевой системы обработки, где количество микроорганизмов составило 486 ± 1 мг/кг почвы. По ежегодной поверхностной обработке и вспашке наблюдалось снижение биомассы микроорганизмов до 472 ± 7 и 366 ± 30 мг/кг соответственно. В результате применения азотных удобрений (среднегодовая доза 40 кг д.в./га) на стерневом фоне микробная биомасса почвы увеличилась до 562 ± 0 мг/кг (16%). Максимальное значение биомассы микробного ценоза (855 ± 16 мг/кг) отмечено на целинном участке (табл. 1).

В то же время самое низкое количество микроорганизмов, разлагающих органический азот (среда МПА), оказалось при нулевой системе обработки. Численность в почве аммонифицирующих бактерий на стерневом фоне без удобрений уменьшилась по сравнению со вспашкой и поверхностной обработкой в 1,5–1,8 раза, что свидетельствует о снижении процесса трансформации азота в пахотном слое почвы.

Уменьшение количества в почве аммонифицирующих микроорганизмов можно объяснить тем, что измельченная солома при нулевой системе распределялась по поверхности почвы, по сравнению с механическими приемами, где она перемешивалась с верхним (0–8 см) или пахотным (0–22 см) слоями почвы. В связи с этим пожнивные растительные остатки препятствовали быстрому прогреванию почвы стерневого фона и замедляли весеннее (период отбора почвенных образцов) развитие микрофлоры.

Аналогичная закономерность в нашем опыте наблюдалась и по количеству микроорганизмов (бактерий и актиномицетов), использующих минеральные формы азота. В варианте

прямого посева в стерню численность микроорганизмов, учитываемых на среде КАА, существенно снизилась с 8721–9747 до 5820 тыс. КОЕ/г почвы, или в 1,5–1,7 раза, по сравнению со вспашкой и поверхностной обработкой. При этом в почве под кострцом общее количество этих микроорганизмов имело тенденцию к максимальному росту – до 25441 тыс. КОЕ/г почвы.

Максимальное количество нитрификаторов в почве отмечается при ежегодной вспашке, соответственно и содержание нитратного азота здесь увеличивается по сравнению с минимальной и нулевой системами обработки.

Применяемая нами в течение 8 лет технология прямого посева существенно повлияла на содержание в пахотном слое почвы денитрификаторов, их количество закономерно увеличилось, что свидетельствует о возможном усилении газообразных потерь азота и, как следствие, обеднении почвы наиболее ценной для растений формой азотистого питания – нитратами.

Применение азотных удобрений способствовало повышению почвенной микрофлоры по всем системам обработки: утилизирующих органические соединения азота на МПА – на 98–110% (отвальная, минимальная системы) и 50% (нулевая); потребляющих минеральный азот на КАА – на 56–75 и 76%; нитрификаторов – на 98–112 и 110% по отношению к контролю без удобрений соответственно.

Следовательно, за счет невысокой дозы азотного удобрения (N40) можно существенно повысить в пахотном слое чернозема выщелоченного численность почвенных микроорганизмов, участвующих в азотном цикле.

Таблица 1 – Влияние отвальной, минимальной и нулевой систем обработки почвы на микробоценоз чернозема выщелоченного

Показатель	Система обработки						Целина (кострц, 40 лет)
	отвальная		минимальная		нулевая		
	N0	N40	N0	N40	N0	N40	
Микробная биомасса ($C_{\text{мик}}$), мг/кг	$366 \pm 30^*$	444 ± 3	472 ± 7	455 ± 16	486 ± 1	562 ± 0	855 ± 16
Численность физиологических групп микроорганизмов (ФГМ), тыс. КОЕ/г почвы:							
– аммонифицирующие (МПА)	7011	14720	5985	11832	3842	5772	21978
– амилитические, общая (КАА)	9747	15180	8721	15254	5820	10212	25441
в том числе бактерии	6897	9948	5358	10299	3108	7326	22333
актиномицеты	2850	5232	3363	4955	2712	2886	3108
– нитрификаторы	6,4	12,7	4,2	8,9	3,0	6,3	5,2
– денитрификаторы	456	2880	2080	2900	10740	27800	27800

HC_{05} 29; P, % 1,63; коэффициент детерминации, % 99,53; * среднеквадратичное отклонение.



Другим важным показателем микробной биомассы почвы является разложение обогащенных азотом органических соединений. В нашем опыте максимальное значение показателя ($C_{\text{мик}}$) отмечено в варианте нулевой обработки на фоне N40 (табл. 1). Самое высокое содержание углерода органического (3,01 %) отмечено на целинном участке, на протяжении 40 лет занятом злаковым травостоем. В полевом севообороте в вариантах без удобрений по мере снижения интенсивности почвообработок содержание органического углерода ($C_{\text{орг}}$) уменьшалось с 2,16% по отвальной обработке до 1,92% по нулевой. Максимальное (в условиях севооборота) содержание углерода (2,18%) установлено в варианте нулевой обработки на фоне азотных удобрений и систематического применения прямого посева (табл. 2).

Это объясняется тем, что в варианте с нулевой системой обработки на фоне комплексной химизации формировался более высокий урожай пшеницы, особенно в засушливые годы (15), что обеспечивало поступление в верхний слой почвы большего количества растительных остатков – 3,40 т/га против 3,07–3,16 т/га (отвальная и минимальная обработки) (табл. 3).

На фоне среднегодовой дозы азота (N40) в вариантах минимальной и нулевой систем

обработки почвы, в отличие от традиционной отвальной, содержание общего азота в пахотном слое чернозема выщелоченного существенно увеличилось по сравнению с соответствующими вариантами без внесения азота – с 0,155–0,156 до 0,184–0,188%, в результате улучшилось соотношение C:N с 12,2–12,3 до 11,5–11,6 (табл. 2). Следовательно, гумусовое состояние почвы по признаку обогащенности азотом по шкале В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова [16] повысилось от низкого к среднему уровню, что свидетельствует об улучшении плодородия пахотного слоя чернозема выщелоченного.

Согласно современным представлениям, почвенное органическое вещество – сложный комплекс, весьма динамичная сложная гетерогенная система, состоящая как минимум из двух составляющих – активной, легкоразлагаемой, и пассивной, стабильной, которые характеризуются различной устойчивостью к деструкционным процессам [17, 18, 19]. В условиях сельскохозяйственного использования утрата или накопление органического вещества почв сопряжено с преимущественной потерей или накоплением легкотрансформируемых компонентов.

Таблица 2 – Содержание общего и легкоразлагаемого органического углерода в пахотном слое чернозема выщелоченного в зависимости от применяемых систем обработки почвы

Система обработки почвы	Фон удобрений	$C_{\text{орг}}$, %	$N_{\text{общ}}$, %	C:N	Содержание, мг/кг почвы			
					$C_{\text{мб}}$	$C_{\text{вод}}$	$C_{\text{эв}}$	$C_{\text{щ}}$
Отвальная	без удобрений	2,16±0,07	0,157±0,009	13,8	366	51,0±0,3	147±1	2412±150
	N40	1,86±0,02	0,166±0,003	11,2	444	48,6±1,4	132±8	2611±56
Минимальная	без удобрений	2,11±0,00	0,155±0,005	12,2	472	48,2±3,1	151±2	2611±19
	N40	1,89±0,04	0,184±0,006	11,5	455	50,8±8,2	141±1	2637±168
Нулевая	без удобрений	1,92±0,00	0,156±0,003	12,3	486	64,0±8,2	145±2	2412±150
	N40	2,18±0,09	0,188±0,009	11,6	562	55,5±3,8	169±4	3299±131
Целина	без удобрений	3,01±0,05	0,236±0,006	12,8	855	122,3±2,7	282±6	5075±132
$HCPR_{05}$		0,13	0,014		10,7	8	283	
$P, \%$		1,71	2,34		4,69	1,35	271	
$V_{\text{вар}}$		99,12			97,92	99,58	99,0	
$F_{\text{факт}}$ – везде больше $F_{\text{табл}}$								

Таблица 3 – Урожайность яровой пшеницы и количество растительных остатков, оставляемых после уборки урожая, в зависимости от систем обработки почвы и удобрений, т/га, 2008–2013 гг.

Система обработки почвы на фоне гербицидов	Урожайность		Количество растительных остатков	
	без удобрений	N40	без удобрений	N40
Отвальная	1,42	1,51	3,02	3,16
Минимальная	1,30	1,45	2,81	3,07
Нулевая	1,33	1,64	2,86	3,40
$HCPR_{05}$	0,12			

Одним из надежных критериев уровня содержания в почве легкоразлагаемого органического вещества и показателем эффективного плодородия пахотных почв может служить углерод, экстрагируемый горячей водой – $C_{эгв}$. Этот углерод представлен в основном органическими соединениями, образующимися на самых ранних стадиях трансформации растительных остатков, а также микробной биомассой. В наших исследованиях содержание $C_{эгв}$ было наиболее высоким в варианте нулевой обработки с внесением азотного удобрения и составило 169 мг/кг почвы.

Нулевая обработка обеспечила также самый высокий уровень содержания водорастворимого углерода, которое было в 1,25 и 1,33 раза выше, чем в вариантах с отвальной и минимальной обработкой соответственно.

Подвижный углерод по Тюрину ($C_{щ}$) за счет свежих растительных пожнивно-корневых остатков, оставляемых после уборки урожая на делянках, где применялась нулевая система обработки в сочетании с комплексной химизацией, увеличился с 2611 до 3299 мг/кг почвы (26%) (табл. 2). Увеличение подвижного углерода в почве, по мнению Н. Ф. Балабановой, Н. А. Воронковой [20], означает увеличение поступления «доступного гумуса», способствующее дополнительному поступлению питательных веществ и созданию оптимальных условий для повышения продуктивности яровой пшеницы.

Следует отметить, что между содержанием общего углерода и легкоразлагаемыми его формами существует достаточно устойчивая корреляционная связь (коэффициент $r = 0,89-0,98$), причем проявляется она в одинаковой степени как между различными фракциями органиче-

ского вещества, так и в целом между изучаемыми системами обработки почвы. Кроме того, наблюдается тесная корреляционная связь между подвижным углеродом ($C_{щ}$) и аммонифицирующими и амилолитическими почвенными микроорганизмами, участвующими в азотном цикле (коэффициент корреляции равен 0,75 и 0,83); между углеродом микробной биомассы ($C_{мб}$), углеродом, экстрагируемым горячей водой ($C_{эгв}$) и амилолитическими бактериями (коэффициент $r = 0,76$) (табл. 4).

Выводы

1. Длительное применение технологии посева яровой пшеницы по необработанной почве в системе нулевой обработки положительно сказалось на накоплении в пахотном слое чернозема выщелоченного микробной биомассы. В то же время за счет медленного прогревания стерневого фона микробиологические процессы в почве в весенний период протекают гораздо слабее по сравнению с вариантами глубоких и мелких механических обработок. Как следствие, идет снижение количества микроорганизмов, контролирующих процессы аммонификации (использования минеральных форм азота) и нитрификационной активности выщелоченного чернозема. На этом фоне увеличивается накопление денитрификаторов, свидетельствующее об уплотнении почвы стерневого фона и усилении процесса денитрификации, приводящего к потерям азота.

Повысить рост численности почвенных микроорганизмов, участвующих в азотном цикле, в нашем опыте удалось за счет применения средней дозы азотного удобрения (N40). Этот прием является важным элементом технологии

Таблица 4 – Коэффициенты корреляции (r) содержания общего углерода с легкоразлагаемыми его формами и микробоценозом чернозема выщелоченного

Вариант	$C_{орг}$	$C_{мб}$	$C_{эгв}$	$C_{вод}$	$C_{щ}$	Микроорганизмы	
						аммонифицирующие	амилолитические
$C_{орг}$	1,00	0,89	0,98	0,93	0,94	0,64	0,72
$C_{мб}$	0,89	1,00	0,96	0,93	0,97	0,69	0,76
$C_{эгв}$	0,98	0,96	1,00	0,97	0,97	0,69	0,76
$C_{вод}$	0,93	0,93	0,97	1,00	0,90	0,65	0,70
$C_{щ}$	0,94	0,97	0,97	0,90	1,00	0,75	0,83
Аммонифицирующие бактерии	0,64	0,69	0,69	0,65	0,75	1,00	0,98
Амилолитические микроорганизмы	0,72	0,76	0,76	0,70	0,83	0,98	1,00



с нулевой системой обработки почвы в условиях Зауралья.

Кроме того, при возделывании яровой пшеницы в зернопаровом севообороте нулевая система обработки с применением средств химизации, включая подготовку пара, позволяет значительно снижать интенсивность процессов минерализации почвенного органического вещества выщелоченного чернозема и тем самым поддерживать более высокий уровень общего и лабильного гумуса.

2. Сравнение различных систем обработок с целинным участком, где зафиксированы более высокие уровни всех определяемых фракций ПОВ, особенно легкоразлагаемых, подтверждает, что механическая обработка почв наряду с наличием чистых паров в севообороте, активизируя минерализационные процессы, способствует снижению в первую очередь лабильных форм гумуса. Нулевая обработка, хотя и характеризуется более высокими уровнями всех форм гумуса – и общего, и легкоразлагаемого – все-таки не позволяет достичь уровня целины по причине низкого поступления в почву растительных остатков.

Список литературы

1. Иванов А. Л. Сельскохозяйственная микробиология и проблемы повышения эффективности и экологической безопасности земледелия на ландшафтной основе // Тезисы докл. Всерос. конференции. СПб., 2001. С. 9–11.
2. Тихонович И. А., Круглов Ю. В. Микробиологические аспекты плодородия почвы и проблемы устойчивого земледелия // Плодородие. 2006. № 5(32). С. 9–12.
3. Свешникова А. А., Полянская Л. М., Лукин С. М. Микробные комплексы почв различных угодий Владимирской области // Почвоведение. 2001. № 4. С. 461–468.
4. Телегин В. А. Влияние длительного применения азотных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и плодородие чернозема выщелоченного в Курганской области : дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2007. 139 с.
5. Кучеров В. С., Кененбаев С. Б., Чекалин С. Г. Плодородие почв в Приуралье // Достижения науки и техники АПК. 1993. № 4. С. 1113.
6. Мощенко Ю. Б. Совершенствование элементов систем земледелия при выращивании яровой пшеницы на черноземах степной зоны Западной Сибири : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Омск, 1990. 32 с.
7. Кирюшин В. И., Лебедева И. Н. Опыт изучения изменения органического вещества в черноземах Северного Казахстана при их сельскохозяйственном использовании // Почвоведение. 1972. № 8.
8. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах / В. И. Кирюшин [и др.]. М.: Изд-во МСХА, 1993. 99 с.
9. Холмов В. Г., Юшкевич Л. В. Интенсификация и ресурсосбережение в земледелии лесостепи Западной Сибири : монография. Омск : Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006. 396 с.
10. Глухих М. А. Влага черноземов Зауралья и пути ее эффективного использования. Челябинск : ЧГАУ, 2003. 358 с.
11. Регидратационный метод определения биомассы микроорганизмов в почве / С. А. Благодатский, Е. В. Благодатская, А. А. Горбенко, Н. С. Паников // Почвоведение. 1987. № 4. С. 71–81.
12. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Перверзева Г. И. Практикум по микробиологии. М. : Агропромиздат, 1987. 239 с.
13. Методы определения активных компонентов в составе гумуса почв. М. : ВНИИА, 2010. 32 с.
14. Орлов Д. С., Гришина Л. А. Практикум по химии гумуса : учеб. пособие. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1981. 272 с.
15. Эффективность технологий прямого посева в условиях Зауралья / С. Д. Гилев, И. Н. Цымбаленко, А. А. Замятин, А. П. Курлов // Земледелие. 2014. № 6. С. 19–22.
16. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий : метод. руководство / под ред. В. И. Кирюшина, А. Л. Иванова. М. : ФГНУ Росинформагротех, 2005. 784 с.
17. Когут Б. М. Принципы и методы оценки содержания трансформируемого органического вещества в пахотных почвах // Почвоведение. 2003. № 3. С. 308–316.
18. Оценка обеспеченности почв активным органическим веществом по результатам длительных полевых опытов / В. М. Семенов [и др.] // Агрохимия. 2013. № 3. С. 19–31.
19. Шарков И. Н., Данилова А. А. Влияние агротехнических приемов на изменение содержания гумуса в пахотных почвах // Агрохимия. 2010. № 12. С. 72–81.

20. Балабанова Н. Ф., Воронкова Н. А. Содержание лабильного органического вещества в почве в зависимости от длительного применения минеральных удобрений и соломы в севооборотах // Материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию со дня рожд. В. Г. Холмова. Омск, 2012. С. 184–187.

Гилев Сергей Дмитриевич, канд. с.-х. наук, зам. директора по научной работе, ФГБНУ «Курганский НИИСХ».

E-mail: kniish@ketovo.zaural.ru.

Цымбаленко Иван Николаевич, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаб. земледелия, ФГБНУ «Курганский НИИСХ».

E-mail: kniish@ketovo.zaural.ru.

Курлов Александр Петрович, старший научный сотрудник лаб. земледелия, ФГБНУ «Курганский НИИСХ».

E-mail: kniish@ketovo.zaural.ru.

Русакова Ирина Викторовна, канд. биол. наук, зам. директора по научной работе, ФГБНУ «Всероссийский НИИ органических удобрений и торфа».

E-mail: vnion@vtsnet.ru.

* * *

УДК 631.5 : 633.16

СРОКИ СЕВА ГОЛОЗЕРНЫХ СОРТОВ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

А. А. Грязнов, А. В. Лойкова

Изучена реакция сортов голозерного ячменя на контрастные сроки посева в условиях южной лесостепи Челябинской области: сверхранний посев – 22–27 апреля (в соответствии с датой достижения почвой состояния спелости крошения) и поздний – 28 мая – 4 июня (принятый в производстве). Объектами для исследований служили: сорт многорядного фуркатного ячменя Л-32 (*var. aethiops Koern.* – колос и зерно черные) и сорт двурядного остистого ячменя Нудум 95 (*var. nudum L.* – колос и зерно желтые). Выявлено, что при раннем посеве наблюдается значительная задержка в развитии: от посева до всходов – до 16 дней, от кущения до выхода в трубку – до пяти дней. Приоритет использования ранних сроков посева демонстрируется достоверным повышением основных показателей продуктивности: полевой всхожести высеянных семян многорядного ячменя – на 12,5%, двурядного – на 22,6%; выживаемости растений многорядного ячменя – на 34,8%, двурядного – на 26,9%; повышения числа фертильных цветков многорядного ячменя – на 7,2%, двурядного – на 4,6%; увеличения числа зерен в колосе многорядного ячменя – на 5,3 штук, двурядного – на 1,9 штук; повышения массы зерна колоса многорядного ячменя на 0,21 г, двурядного – на 0,10 г. Зерновая продуктивность сортов при раннем севе в сравнении с поздним повышается у многорядного сорта Л-32 в три раза (2,51 т/га против 0,84 т/га), у двурядного Нудум 95 – в 1,6 раз, достигая уровня 3,51 т/га.

Ключевые слова: голозерный ячмень, южная лесостепь, сроки посева, показатели продуктивности, сорта ячменя, технология выращивания.

Актуальность темы

Проблема повышения продуктивности сельскохозяйственных культур решается не только за счет использования сорта, но и не в меньшей степени культурой земледелия, при этом вклад сорта и технологии его выращивания, по нашим данным, примерно равны и находятся в соотношении 50 : 50.

Агротехника пленчатого ячменя достаточно полно изучена по всему ареалу распространения этой культуры. Для условий каждой почвенно-климатической зоны разработаны научные рекомендации по технологии возделывания с учетом сортовых особенностей. В то же время

для голозерных сортов эта проблема далека от реализации.

Достичь высокой продуктивности сельскохозяйственных растений можно при соответствии биологии растения условиям их произрастания. На эту истину еще в конце XVIII века указывал выдающийся русский агроном А. Т. Болотов. Кроме прочих факторов он имел в виду сроки посева, а также обеспеченность растений влагой и питанием [1].

Срок посева любой сельскохозяйственной культуры в решающей мере определяется природно-климатическими условиями конкретной зоны возделывания. В конце 40-х годов прошлого

столетия считалось, что в условиях Южного Урала следовало практиковать ранние (апрельские) сроки посева колосовых культур, в том числе ячменя. Эти сроки предоставляли возможность получения хорошо вызревшего семенного материала, но не всегда обеспечивали желаемый объем производства зерна. Позднее Ю. Д. Кушниренко также опубликовал данные в пользу ранних сроков сева ячменя для условий Южного Урала. Посев с наступлением физической спелости почвы обеспечивал прибавку урожая по сравнению с посевом в середине мая на 14,6% (22,6 ц/га против 19,3 ц/га). Автором был сделан вывод, что ранние посевы могут иметь преимущество перед поздними при условии, если почва достаточно обеспечена влагой и питательными веществами, чиста от сорняков, в особенности от овсюга. Более поздние посевы обеспечивают повышенные урожаи в тех случаях, когда для раннего посева не созданы соответствующие условия. Автор считал, что поздний посев, с агротехнической, организационной и экономической точек зрения, явление нежелательное, так как при этом теряется одно из важнейших хозяйственно-полезных признаков ячменя – способность созревать раньше всех остальных зерновых культур. В этой связи поздний посев он рассматривал как частный, вынужденный прием агротехники ячменя [8]. Другие авторы [5] предостерегали от крайностей «сверхранних» посевов зерновых культур. По их данным, апрельские посевы зерновых культур давали урожаи ниже, чем посевы так называемого «оптимального» (20–25 мая) срока.

В конце 60-х годов на Южном Урале и прилегающих к нему территориях Северного Казахстана ячмень, как правило, высевали в последние дни мая – начале июня. При этом растения сильно страдали от массированного заселения скрытостебельными вредителями, в результате чего формировался изреженный стеблестой. Свободную площадь занимали сорняки, лишая культуру солнечной энергии, почвенного плодородия и влаги, что, в конечном счете, приводило к снижению урожая даже при хорошем наливе зерна. Результаты исследований, полученные на Карабалыкской опытной станции, показали, что для сорта Европеум 353/133 оптимальным сроком являлись даты 15–20 мая [10]. Опыты, проведенные в 80-х годах с сортом Донецкий 8, указали на целесообразность использования двух сроков – 15–17 мая и 26–28 мая. По сравнению с поздним посевом (6–8 июня) они имели преимущество до 20%.

По нашим данным, для условий южной лесостепи выбор оптимального срока посева конкретного сорта во многом зависит от условий вегетационного периода. В случае июльского максимума осадков более продуктивны посевы поздних сроков (конец мая–начало июня). В годы с июньским максимумом осадков больший урожай можно получить при ранних посевах. В острозасушливых условиях всего периода вегетации четкой зависимости урожайности от сроков посева не проявляется. При ранних сроках посева почти ежегодно наблюдается возврат весенних холодов, сдерживающих биологическое созревание почвы и развитие растений. Преодоление этого фактора возможно созданием сортов, обладающих повышенной холодостойкостью на ранних стадиях вегетации. Подобные сорта переносят возврат холодов вполне безболезненно. Достаточно наблюдений, когда ранние посевы в период от всходов до кущения были полностью покрыты слоем снега в течение более суток. Впоследствии обнаруживались лишь повреждения кончиков листьев.

По сообщению Т. П. Садохиной и Н. Г. Власенко, основная причина пониженной урожайности поздних посевов заключена в неблагоприятном сочетании критических фаз развития культуры (прорастание-всходы) с высокими температурами и дефицитом почвенной влаги. В Западной Сибири зерновая продуктивность ячменя, посеянного в ранние майские сроки, существенно выше посеянного в июне. Объяснение авторы находят в компенсации возможного дефицита осадков почвенными запасами влаги и снижении вероятности подъема температуры выше критического уровня [12].

Можно считать, что в разные годы благоприятными сроками сева пленчатого и голозерного ячменя могут быть то ранние, то поздние, то рассеянные между ними. С этой целью рекомендовано [3, 9] ежегодно использовать не один, а как минимум три срока – ранний (конец апреля–начало мая), средний (15–20 мая) и поздний (конец мая–начало июня) в примерном соотношении 20:50:30%. При раннем севе возможность получения наивысшего урожая может быть несколько снижена, зато возрастает вероятность получения кондиционных семян при благоприятных погодных условиях уборки. Половина случаев получения наивысшего урожая приходится на поздние сроки сева, однако в связи с изменением климата возрастает вероятность совпадения периода налива семян с прохладной и дождливой погодой,



что не способствует получению семян хорошего качества.

Современные метеоусловия побуждают к использованию не только поздневесенних и среднемайских сроков посева ячменя, но все чаще ранних сроков – конец апреля – начало мая. Ранний посев в известной степени способствует, с одной стороны, «уходу» от июльских засух (в случае их проявления), с другой – растения выводятся из-под прессинга листовых болезней и скрытостеблевых вредителей. Поздние посевы, размещенные по парам и другим интенсивным предшественникам, можно рассматривать как провокационный фон для массового повреждения стеблей внутрестеблевыми вредителями. Ранний посев – это уход от раннеосеннего сентябрьского ненастья и, как следствие, получение полноценного семенного материала голозерных сортов.

Вопрос о влиянии сроков посева голозерного ячменя и других культур на зерновую продуктивность остается актуальным и в настоящее время [2, 4, 7, 11].

Цель исследований заключалась в изучении влияния контрастных сроков сева на продуктивность сортов ячменя, относящихся к подвиду *distichon* (L.) Koern. (двурядный) – группы голозерных разновидностей *nudum* (L.) A. Trof. и подвиду *vulgare* (многорядный) – группы голозерных разновидностей *coeleste* (L.) A. Trof.

Материал и методы

Наши исследования проведены в южной лесостепи на Еманжелинском ГСУ Челябинской области. Объектом исследований служили голозерные сорта Л-32 (var. *aethiops* Koern. – многорядный, фуркатный, колос и зерно черные) и Нудум 95 (var. *nudum* L. – двурядный, остистый, колос и зерно желтые).

Почва – чернозем выщелоченный средне-мощный среднегумусный. Предшественник – яровая пшеница. Основная обработка почвы – вспашка на глубину 25–27 см. Удобрения в виде аммиачной селитры вносили перед посевом в дозах 54,0–73,4 кг д.в./га в соответствии с результатами почвенной диагностики.

Посев осуществляли в два срока: сверхранний – 22–27 апреля, в соответствии с датой достижения почвой мягкопластичного состояния (спелости крошения) и поздний – 28 мая – 4 июня (используемый в производстве). Общая площадь делянок – 15 м², учетная – 10 м².

Норма высева – 4,5 млн семян/га. Повторность четырехкратная. Для посева семян использовалась сеялка СН-16. Урожай учитывали методом сплошного обмолота комбайном Сампо-500.

В годы исследований сложились условия, специфические для каждого срока посева. Во время вегетации растений в среднем за два года выпало осадков: при посеве в ранние сроки – 191,1 мм, в поздние – 149,7 мм; сумма температур выше 10 °С в ранние сроки составила 1873,2 °С, в поздние – 1859,1 °С [3]. Полученные результаты подвергнуты статистической обработке методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (1987).

Результаты исследований

Растения раннего срока посева значительно задерживались в развитии, особенно от посева до всходов – до 16 дней из-за достаточно низкой температуры почвы на глубине посева (7,2–8,7 °С), в то время как при позднем посеве всходы появлялись через 7 дней (температура почвы 22–23 °С). Ранний посев способствовал удлинению периода «кущение-выход в трубку» на пять дней (19 дней против 14 дней). Период «всходы-колошение» при раннем посеве также на 5 дней более продолжителен (48 дней), чем при позднем посеве (43 дня). Предполагаемая причина – замедленное прохождение световой стадии при раннем посеве из-за укороченной продолжительности дня и оптимально пониженной температуры воздуха, что, в конечном счете, повлекло за собой удлинение периода активной ассимиляционной деятельности листьев. Значительная задержка в развитии растений от молочной до восковой спелости (28 против 21 дня) связана с более благоприятным режимом осадков при раннем сроке посева [3, 9].

Результаты исследований приводят к однозначному выводу – в условиях раннего срока посева у растений голозерного ячменя наблюдается достоверное повышение основных показателей зерновой продуктивности (табл. 1).

Одной из причин повышения показателя полевой всхожести семян раннего сева служит известное положение о том, что пониженная температура почвы (5–8 °С) стимулирует биосинтез гиббереллина – фитогормона, необходимого для дружного прорастания семян и появления всходов [6]. Другая сторона благоприятной ситуации заключается в возможности посева на глубину 3–5 см ввиду достаточного наличия влаги в верхних слоях почвы. Несмотря на такие комфортные условия, ни в одном

из вариантов не достигнуто желаемой полевой всхожести, близкой к 100%. Причинами могут служить присутствие инфекции на семенах и в почве, почвенные вредители и другие факторы. Однако основной причиной снижения полевой всхожести семян позднего срока сева выступает необходимость достаточно глубокого посева семян – на 9–10 см и глубже.

При раннем посеве происходит достоверное повышение выживаемости растений на 17,1–39,6%.

Установлено, что при позднем сроке посева формируется достоверно более длинный колос с большим количеством колосков. Возможной причиной этого явления служат более благоприятные условия за счет менее плотного стояния растений на единице площади.

Опытами А. В. Лойковой [9] выявлено, что у всех сортов более тяжеловесные колосья формировались в условиях раннего посева. Продуктивность растений в значительной степени зависит от числа зерен в колосьях. Многорядный сорт Л-32 обладает большим числом семян в колосе, чем двурядный сорт Нудум 95. Это преимущество может выражаться величиной 55% и более. Доказано, что у сорта Нудум 95 при раннем сроке посева озерненность колосьев снижается. На примере сорта Л-32 при позднем сроке может наблюдаться обратная ситуация.

Степень озерненности колоса конкретного сорта зависит от целого ряда факторов: гидротермических условий, обеспеченности растений питанием и освещением, которые, в свою

Таблица 1 – Основные показатели продуктивности сортов голозерного ячменя при различных сроках посева, %

Сорт	Срок посева	
	ранний	поздний
Полевая всхожесть высеянных семян, %		
Л-32	85,0	72,5
Нудум 95	83,3	60,7
Выживаемость растений, %		
Л-32	59,1	24,3
Нудум 95	62,2	35,3
Масса зерна колоса, г		
Л-32	0,91	0,70
Нудум 95	0,85	0,75
Число зерен в колосе		
Л-32	28,8	23,5
Нудум 95	15,4	13,5
Урожайность, т/га		
Л-32	2,51	0,84
Нудум 95	3,54	2,21

очередь, зависят от сроков и норм высева семян. Кроме того, озерненность колосьев во многом определяется устойчивостью цветков к стерилизации репродуктивных органов.

Выявлено, что явление стерильности цветков голозерных ячменей в большей степени выражено при посеве в поздние сроки. Независимо от нормы высева, количество стерильных цветков в колосьях достоверно увеличивалось от раннего к позднему сроку посева. У двурядного ячменя показатель стерильности цветков ниже, чем у многорядного. Для сорта Нудум 95 эти величины представлены 12,5% при раннем и 17,1% при позднем посеве, для сорта Л-32 – 34,0% и 41,2% соответственно.

Качество пыльцы в известной степени зависит от гидротермических условий, и если период «выход в трубку – колошение» приходится на засуху, то уменьшается количество фертильной пыльцы, что приводит к стерильности цветков. Последнее обстоятельство является основной причиной череззерницы колоса, которая негативно отражается на уровне урожая. Это особенно характерно для посевов позднего срока, когда среднесуточная температура воздуха возрастает до 20,7–20,8 °С (при посеве в ранние сроки – 16,5–19,5 °С).

Известно, что в период «кущение – выход в трубку» ячмень особенно нуждается в достаточном увлажнении и питательных веществах. При дефиците названных факторов процесс может замедляться, и часть колосков оказывается стерильной. Если высокие температуры в период выхода в трубку сочетаются с засухой, то растения могут не образовать колоса. Оптимум для цветения – не менее 16,3 °С, а для созревания – 18,0 °С. При продолжительном недостатке почвенной влаги часть цветков не образует пыльцы, что также ведет к увеличению числа бесплодных колосков и снижению продуктивности.

Наши исследования показали, что в условиях раннего посева складываются более благоприятные условия для завязывания семян, чем при поздних сроках. При первом сроке посева развитие растений протекает при достаточно благоприятном соотношении тепла и влаги (ГТК = 1,0) и при менее благоприятных условиях второго срока посева (ГТК = 0,7). Кроме того, по-видимому, при раннем сроке посева свою положительную роль играет большая интенсивность освещения. При позднем посеве период «выход в трубку-колошение» чаще сопровождается осадками и повышенной пасмурностью неба.



Важным элементом продуктивности является масса 1000 зерен, которая у сорта Нудум 95 достигает 62,1 г. Ввиду многорядности колоса сорта Л-32, масса 1000 зерен закономерно ниже, чем у двурядного сорта и составляет не более 47,4 г. Данный показатель у сортов достоверно выше при позднем сроке посева.

Конечный результат, характеризующий ценность того или иного агроприема, фокусируется на урожайности. Зерновая продуктивность сортов раннего сева по сравнению с поздним посевом повышается у многорядного сорта Л-32 в три раза (2,51 т/га против 0,84 т/га), у двурядного Нудум 95 – в 1,6 раз, достигая уровня 3,51 т/га.

Выводы

Посев в ранние сроки обеспечивает повышение основных показателей продуктивности растений сортов голозерного ячменя Л-32 (var. aethiops Koern.) и Нудум 95 (var. nudum L.): полевая всхожесть семян возрастает на 12,5–22,6%; выживаемость растений на 34,8–26,9%; число зерен в колосе на 5,3–1,9 штук; масса зерна колоса на 0,21–0,20 г. Результатом переноса срока посева с позднего (28 мая – 4 июня) на ранний (22–27 апреля) является повышение зерновой продуктивности растений многорядного сорта Л-32 в три раза (2,51 т/га против 0,84 т/га), двурядного Нудум 95 – в 1,6 раз, достигая уровня 3,51 т/га. Современный климатический ресурс южной лесостепи может быть реализован на основе новых голозерных сортов, типа Л-32 и Нудум 95, способных использовать возможности самых ранних сроков посева.

Список литературы

1. Болотов А. Т. Избранные сочинения по агрономии, плодоводству, лесоводству, ботани-

ке. М. : Изд-во Московского общества испытателей природы, 1952. С. 118–119.

2. Грязнов А. А., Бидянов В. А. Реакция сроков ячменя на сроки сева и удобрения в Зауралье // Вестник ЧГАА. 2012. Т. 62. С. 89–91.

3. Грязнов А. А., Лойкова А. В. Реакция голозерных ячменей на контрастные сроки посева в условиях изменяющегося климата южной лесостепи Челябинской области // Вестник Алтайского ГАУ. 2009. № 4(54). С. 12–17.

4. Иванова Е. С. Зерновое сорго в Зауралье // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 70. С. 193–197.

5. Кирнос Г., Чучко Н. Возделывание яровой пшеницы в Северном Казахстане. Алма-Ата : Казгосиздат, 1959. 130 с.

6. Коновалов Н. Д., Коновалов С. Н. Изменение погодных условий и урожайность зерновых культур в Тамбовской области // Земледелие. 2008. № 6. С. 36–37.

7. Красножон С. М. Использование суданской травы для улучшения кормовой базы животноводства в северной лесостепи Зауралья // Вестник ЧГАА. 2012. Т. 62. С. 100–105.

8. Кушниренко Ю. Опыт возделывания ячменя в Челябинской области. Челябинск : Челябинский НИИСХ, 1962. С. 15–20.

9. Лойкова А. В. Реакция сортов голозерного ячменя на сроки посева и нормы высева семян в южной лесостепи Челябинской области : дис. ... канд. с.-х. наук. Челябинск, 2009. 146 с.

10. Савостин В. Г. Академия в степи. М. : Колос, 1974. 55 с.

11. Панфилов А. Э. Проблемы и перспективы выращивания кукурузы на зерно в Зауралье // Вестник ЧГАА. 2012. Т. 61. С. 115–119.

12. Садохина Т. П., Власенко Н. Г. Роль срока посева в формировании урожайности ячменя в Западной Сибири // Сибирский вестник с.-х. науки. 2011. № 3–4. С. 24–30.

Грязнов Анатолий Александрович, д-р с.-х. наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: granal@yandex.ru.

Лойкова Алёна Владимировна, канд. с.-х. наук, начальник, Еткульский РОФ ФГБУ «Россельхозцентр» по Челябинской области.

E-mail: loykova@mail.ru.

* * *

УДК 631.432.32 : 551.577 (470.51/.54)

ПРОСАЧИВАНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ ЧЕРЕЗ ПОЧВУ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Л. П. Огородников, П. А. Постников

Лизиметрическая установка отдела земледелия ФГБНУ «Уральский НИИСХ» построена в 1989 г., она состоит из 46 бетонных колец площадью 0,75 м². Забивка колец почвой проведена по горизонтам на глубину 70 см. Просачивающаяся вода по полиэтиленовой трубке поступала в десятилитровые бутылки. В 2011–2014 гг. в лизиметрическом опыте на темно-серой лесной и дерново-подзолистой почвах изучено влияние различных фонов питания и полевых севооборотов на просачивание атмосферных осадков через корнеобитаемый слой почвы. Учет инфильтрата в опыте показал, что значительная часть воды просачивается в ранневесенний период при наступлении положительных температур воздуха. В среднем за 4 года исследований в зависимости от фона питания и вида севооборота за вегетационный период просачивалось от 46 до 64 л/лизиметр. Применение органических удобрений (навоз, сидераты, солома) в сочетании с минеральными фонами N₃₀P₃₀K₃₀ и N₆₀P₆₀K₆₀ способствовало снижению инфильтрации воды на 9–21 % по сравнению с контролем. Возделывание клевера в лизиметрах обеспечило уменьшение просачивания атмосферных осадков на 7–12 % по отношению к севооборотам, не имеющим многолетних бобовых трав. В лизиметрической установке инфильтрация воды под растениями в летний период наблюдается при избыточном увлажнении, когда за 1–2 суток выпадает не менее 20–25 мм осадков. Максимальное просачивание осадков через 70 см слой почвы за вегетационный период отмечено в 2014 г.

Ключевые слова: севооборот, фон питания, минеральные и органические удобрения, инфильтрат, лизиметрическая установка.

Для разработки рациональной системы удобрения сельскохозяйственных культур, обеспечивающей наиболее полное использование растениями питательных веществ необходимо располагать сведениями о размерах их потерь из корнеобитаемого слоя почвы. Изучение различных факторов, обуславливающих вымывание элементов питания из почвы и удобрений, позволит обосновать мероприятия по устранению потерь или, по крайней мере, по снижению их до минимума. Это важно как с точки зрения повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, так и охраны биосферы от загрязнения [1–3].

Климатические условия и прежде всего количество и характер распределения атмосферных осадков определяют массу просачивающейся через почву воды и тем самым вымывание питательных веществ и продуктивность сельскохозяйственных культур.

В лизиметрических исследованиях установлено, что осадки полностью промачивали почву по профилю два раза в год: после снеготаяния и во время осенних дождей [4]. Летние осадки увлажняли почву на небольшую глубину и, как правило, в пределах мощности гумусового горизонта. При этом количество просочившихся осадков находилось в тесной связи



с погодными условиями и механическим составом почвы.

Цель исследований

Моделирование процессов, происходящих в почве, наиболее наглядно можно наблюдать при проведении исследований в лизиметрической установке.

Цель исследований – выявить воздействие севооборотов и фонов питания на инфильтрацию атмосферных осадков из корнеобитаемого слоя почвы.

Материалы и методы

Регулярное изучение интенсивности просачивания осадков в различных почвенных разностях Среднего Урала было начато в 1989 г. Учеты и наблюдения проводятся и в настоящее время.

Лизиметрическая установка состоит из 46 железобетонных колец площадью 0,75 м² [5]. Забивка колец почвой проводилась по горизонтам на глубину 70 см. Просачивающаяся вода по полиэтиленовой трубке поступала в десятилитровые бутылки.

Опыт с севооборотами заложен в 2011–2014 гг. на темно-серой лесной и дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвах, которые характеризовались следующими показателями: рН КСl – 5,5; Нг – 3,33 мг-экв. на 100 г почвы, N л.г. – 10,6, P₂O₅ – 5,37; K₂O – 13,1 мг на 100 г почвы, гумус – 2,83% (дерново-подзолистая). Темно-серая почва: рН солевой вытяжки – 5,5; Нг – 3,95 мг-экв. на 100 г почвы, N л.г. – 21,1; P₂O₅ – 17,0; K₂O – 13,6 мг на 100 г почвы, гумус – 5,26%.

Севообороты были развернуты во времени и изучались на трех фонах питания по следующим схемам: зернопаросидеральный – пар сидеральный (рапс) – пшеница – овес – горох – ячмень; зерновой – пшеница – однолетние травы, поукосно яровой рапс – ячмень – овес – горох; зернотравяной (2 поля клевера) – клевер 11 г.п. – пшеница – овес – ячмень с подсевом трав – клевер 1 г.п.; зернотравяной (1 поле клевера) – клевер 1 г.п. – ячмень – овес – горох – пшеница с подсевом трав; (темно-серая почва). На дерново-подзолистой почве: зернопаровой – ячмень – чистый пар – озимая рожь – пшеница с посевом трав – клевер 1 г.п.; зернопаросидеральный – ячмень – пар сидеральный (рапс) – пшеница – овес – горох; зернотравяной – пшеница с подсевом трав – клевер 1 г.п. – ячмень – овес – горох.

Фон питания:

1. Без удобрений – контроль.
2. Органо-минеральный – N₃₀ P₃₀ K₃₀ (навоз 30 т/га, сидерат, солома).
3. Органо-минеральный фон – N₆₀ P₆₀ K₆₀ (солома 2 раза за ротацию).

Из минеральных удобрений использовались следующие формы: аммиачная селитра (34%), суперфосфат двойной (46%) и хлористый калий (60%). Во всех севооборотах на темно-серой и дерново-подзолистой почвах на фонах N₃₀ P₃₀ K₃₀ и N₆₀ P₆₀ K₆₀ в качестве органического удобрения применялась солома (2 раза за ротацию). В зернопаросидеральном севообороте запахивалась зеленая масса рапса в паровом поле, в зернотравяных – отава клевера. В зернопаровом севообороте вносился подстилочный навоз в дозе 30 т/га.

Результаты исследований

Многолетние наблюдения в лизиметрическом опыте показали, что количество атмосферных осадков, просачивающихся через лизиметр, зависит от многих условий, в первую очередь здесь имеют значение:

1. Конструкция лизиметра, его глубина, наличие или отсутствие боковых стенок, выступающие края лизиметра над почвой.
2. Свойства почвы, которой наполнен лизиметр (чем мелкоземистее почва, тем меньше просачивается).
3. Время года (весной и осенью просачивается больше, нежели зимой и летом).
4. Количество выпадающих атмосферных осадков и их распределение во времени (большое количество осадков, выпавших за небольшой отрезок времени, обуславливает более значительное просачивание, чем при меньшей интенсивности дождя при сильно растянутом времени).
5. Температура (чем она выше, тем больше испарение с поверхности почвы, тем ниже инфильтрация влаги).
6. Наличие растений (в этих условиях просачивание меньше, нежели в парующем лизиметре, вследствие значительного потребления воды на формирование урожая).

Естественно, что все эти условия отражаются и на количестве растворимых питательных веществ, которые вместе с инфильтратом вымываются из корнеобитаемых слоев почвы.

Проведенный нами анализ погодных условий вегетационного периода (апрель-сентябрь) по Свердловской области показал, что по данным агрометеорологической станции «Исток»

Таблица 1 – Инфильтрация атмосферных осадков в зависимости от уровня питания на темно-серой почве, л/лизиметр

Севооборот	Фон питания	Среднее за 2011–2013 гг., ГТК = 1,10–1,29	2014 г., ГТК = 1,73	2011–2014 гг.
Зернопаросидеральный	Контроль	27,7	153,6	59,1
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	22,1	120,8	46,7
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	23,4	138,2	52,1
Зерновой	Контроль	34,9	144,4	62,3
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	30,0	122,0	50,3
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	30,9	128,2	55,3
Зернотравяной (клевер 1 поле)	Контроль	33,5	145,0	61,4
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	27,7	115,5	49,8
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	29,4	126,0	53,6
Зернотравяной (клевер 2 поля)	Контроль	28,9	150,0	59,2
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	24,3	114,0	46,7
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	25,5	128,0	51,1

с 1950 по 2014 годы по количеству выпавших атмосферных осадков и температуре воздуха по гидротермическому коэффициенту за десятиградусный период (ГТК Селянинова), можно выделить три различных периода: засушливый, умеренный и влажный [6]. На основании длительных наблюдений 28 раз из 65 лет отмечены влажные условия (43,1%), ГТК равнялся 1,86 ед. Реже, 20 лет из 65 (30,8%), выявлены умеренно-теплые условия с достаточным увлажнением (ГТК = 1,42). На засушливые годы приходится 17 лет (26,1%), при этом ГТК равнялся 0,91.

В годы исследований погодные условия заметно различались. В 2011–2013 гг. отмечены умеренно-теплые условия, ГТК за вегетационный период варьировало на уровне 1,10–1,29. В 2012 г. во второй половине лета наблюдалась жаркая погода с небольшим количеством осадков. Осадки в летний период выпали в виде ливней за короткий промежуток времени. В 2014 г. в июне-июле отмечены интенсивные осадки с превышением среднегодовых значений в 1,5–2,0 раза.

На темно-серой почве в первые три года исследований в зависимости от вида севооборота и фона питания общая инфильтрация осадков за вегетационный период находилась в пределах от 22 до 35 л/лизиметр, что в пересчете на 1 га составляет 29–46 мм. При этом значительная часть воды просачивалась в ранне-весенний период при наступлении положительных температур воздуха (табл. 1).

В летний период из-за сильного испарения влаги из верхнего слоя почвы и ее употребле-

ния вегетирующими растениями просачивание воды в большинстве вариантов находилось на уровне 3–4 л/лизиметр или 10–12% от общего количества инфильтрационной воды за вегетационный период.

В 2014 г., когда за вегетационный период выпало более 400 мм осадков, инфильтрация воды за теплый период составила 114,0–153,6 л/лизиметр. Этот уровень инфильтрации за теплый период соответствует данным, которые получены ранее в наших исследованиях, проведенных в условиях избыточного увлажнения [7].

При этом в течение лета, несмотря на наличие вегетирующих растений в кольцах, просачивание влаги варьировало на уровне 48,3–81,5 л/лизиметр, что превысило величину стока за ранневесенний период за многие годы исследований.

В среднем за 4 года сочетание минеральных и органических удобрений во всех изучаемых севооборотах обеспечило снижение инфильтрации осадков из корнеобитаемого слоя темно-серой почвы на 9–21% по отношению к контролю. Наименьшие непроизводительные потери отмечены при внесении в севооборотах зеленых удобрений и соломы на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$, по сравнению с запашкой соломы 2 раза за ротацию в сочетании $N_{60}P_{60}K_{60}$ просачивание осадков уменьшилось на 4,4–5,4 л/лизиметр или на 7,4–10,4%.

Аналогичные тенденции по инфильтрации влаги обнаружены на дерново-подзолистой почве, где наименьшие потери воды отмечены в зернотравяном севообороте при применении органических удобрений на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$



Таблица 2 – Инфильтрация атмосферных осадков в зависимости от уровня питания на дерново-подзолистой почве, л/лизиметр

Севооборот	Фон питания	Среднее за 2011–2013 гг., ГТК = 1,10–1,29	2014 г., ГТК = 1,73	2011–2014 гг.
Зернопаровой	Контроль	35,9	150,5	64,5
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	30,5	117,5	52,2
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	31,9	136,5	58,0
Зернопаросидеральный	Контроль	28,1	163,5	62,1
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	23,6	130,0	50,1
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	25,3	143,5	54,8
Зернотравяной (клевер 1 поле)	Контроль	27,5	141,0	55,8
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	23,2	115,0	46,1
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	24,3	130,0	50,6

(табл. 2). В зернотравяном севообороте количество инфильтрата в зависимости от фона питания уменьшается на 6,1–7,7 л/лизиметр по отношению к зернопаровому, что ниже на 11,7–13,5%.

Усредненные данные за 4 года свидетельствуют, что инфильтрация атмосферных осадков в меньшей степени зависела от типа почвы, т.к. непроизводительные потери воды на дерново-подзолистой почве находятся примерно в тех же пределах, что и на темно-серой почве.

Выводы

На обоих типах почв величина инфильтрации из корнеобитаемого слоя зависела от количества выпадающих осадков за год, максимальные потери воды обнаружены в избыточно увлажненном 2014 году.

При систематическом применении органических удобрений на фоне минеральных удобрений выявлено снижение просачивания влаги на 9–21% по отношению к контролю, наименьшее количество инфильтрата обнаружено при применении сидератов и соломы на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$.

Возделывание клевера в зернотравяных севооборотах снижает непроизводительные потери воды на темно-серой почве на 4,8–10,4% по сравнению с зерновым, а на дерново-подзолистой – по отношению к зернопаровому на 11,7–13,5%.

Список литературы

1. Голубев Б. А. Применение лизиметрического метода в агрохимических исследованиях // Лизиметрические методы исследования в почвоведении и агрохимии. М. : Наука, 1967. 112 с.
2. Колодяжная А. А. Режим химического состава атмосферных осадков и их метаморфизация в зоне аэрации. М. : АН СССР, 1963. 158 с.
3. Петербургский А. В. Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии. М. : Наука, 1979. 168 с.
4. Коротков А. А., Буркова О. А. Вымывание элементов питания из дерново-подзолистых почв суходольного луга // Почвоведение. 1994. № 3. С. 63–68.
5. Чесноков Н. А., Карпова М. Н. Лизиметрические исследования в условиях Среднего Урала // Агрохимический вестник. 2003. № 2. С. 20–21.
6. Огородников Л. П. Обоснование технологии возделывания ячменя на Среднем Урале : автореф. дис. ... д-ра с.х. наук. Омск. 1994. 32 с.
7. Карпова М. Н., Постников П. А. Инфильтрация влаги и вымывание питательных элементов в зависимости от севооборота и фона питания // Научное обеспечение развития АПК в современных условиях : матер. Всерос. науч.-практ. конф., 15–18 февраля 2011 г. Ижевск : ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2011. Т. 1. С. 61–66.

Огородников Леонид Петрович, д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и кормопроизводства, ФГБНУ «Уральский НИИСХ».

E-mail: Postnikov.ural@mail.ru.

Постников Павел Афанасьевич, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и кормопроизводства, ФГБНУ «Уральский НИИСХ».

E-mail: Postnikov.ural@mail.ru.

* * *

УДК 633.14 : 631.52

РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ РЖИ В ФГБНУ «УРАЛЬСКИЙ НИИСХ»

Г. Н. Потапова, Т. Н. Зверева, К. А. Галимов

Статья содержит общие сведения о направлениях, использованных методах и полученных результатах селекции озимой ржи в ФГБНУ «Уральский НИИСХ» за последние 15 лет. Проведение селекционной работы в направлении повышения адаптивности, включая зимостойкость, и продуктивности растений позволили создать сорта ржи, урожайность которых в годы с благоприятными погодными условиями достигает 6–7 т/га. Кормовой высокорослый сорт Пышма обладает высокой зимостойкостью, ранней весной (май) формирует травостой выше остальных сортов. Неустойчив к полеганию, не поражается листовыми болезнями, скороспелый, обладает высокими хлебопекарными свойствами. Сорта ржи Исеть, Паром, Алиса короткостебельные, устойчивые к полеганию, зимостойкие, высокоурожайные, с высокими хлебопекарными свойствами. Способны формировать урожайность зерна до 5–7 т/га. Сорт озимой ржи Янтарная находится в государственном испытании, но уже имеет большие перспективы по урожайности зерна и не уступает остальным сортам по содержанию сырого протеина и хлебопекарным свойствам.

Ключевые слова: озимая рожь, сорт, селекция, семеноводство, урожайность.

Высокая адаптивность озимой ржи, обусловленная генетическими особенностями, сформировавшимися в процессе эволюции культуры из сорно-полевой ржи, способствовала продвижению и распространению в северных регионах России как основной хлебной зерновой культуры. Такие свойства ржи, как высокая зимостойкость, способность давать урожай на бедных и кислых почвах, защищать почву от эрозии и конкурировать с сорняками, имеют большое значение и в настоящее время [1, 2].

Исключительно важные для человека особенности химического состава зерна ржи, включающие повышенное содержание нескольких

незаменимых аминокислот, особенно лизина, витаминов, жирных кислот с антиоксидантными свойствами сохраняются при производстве хлеба из муки грубого помола (с отрубями) [3]. Учеными на практике доказано, что потребление ржаного хлеба повышает иммунитет и снижает распространение раковых заболеваний. Создание новых сортов озимой ржи с высокими хлебопекарными свойствами входит в число актуальных направлений селекционной работы с этой культурой [4]. Активно проводится работа в направлении корректировки химического состава зерна ржи и создания сортов направленного или целевого использования – для фураж-



ных целей, в кондитерской промышленности, производства солода и слабоалкогольных напитков (квас, пиво), патоки, крахмала, этилового спирта, биотоплива [1].

Практически до конца XX столетия рожь имела большое значение как источник ранней зеленой массы, использовалась для заготовки кормов (силос, сенаж) [5]. Около половины посевов ржи в Свердловской области в настоящее время используются с этой целью. На корм животным, особенно свиньям и птице, зерно использовали в небольших количествах, так как наличие большего, чем у других зерновых культур, количества вредных веществ понижали вкусовые качества и переваримость кормов. Разработанные сравнительно недавно способы переработки зерна (плющение и экструдирование), применение ферментных добавок позволяло без вреда для животных увеличивать содержание ржаного зерна в кормах до 50% и выше. Но повышение стоимости кормов на треть и выше, значительно снижало ожидаемый экономический эффект [4].

Средняя урожайность озимой ржи в Свердловской области составляет 1,8 т/га, в лучшие годы достигает 2,0–2,2 т/га. В единичных сельскохозяйственных предприятиях получают 3–4 т/га. Тогда как урожайный потенциал культуры увеличился с созданием короткостебельных сортов до 8 т/га, и в местных условиях при соблюдении агротехники возделывания можно получать урожайность ржи до 5–6 т/га [6]. За счет внедрения новых сортов, с повышенной адаптивностью и продуктивностью, можно на 30–40% увеличить урожайность. В связи с особенностью почвенно-климатических условий в различных регионах России, создание сортов, адаптированных к условиям территории возделывания, способствует повышению урожайности без вложения дополнительных финансовых средств. Поэтому целенаправленная селекционная работа с этой культурой имеет большое практическое значение.

В ФГБНУ «Уральский НИИСХ» работа по селекции озимой ржи проводится с 80-х годов прошлого столетия. Результатом селекции последних 15 лет стали сорта, характеристике биологических и хозяйственно ценных признаков которых посвящена данная статья.

Научные исследования включали следующие направления:

– создание сортов ржи с повышенными урожайными свойствами хлебопекарного и фуражного использования;

– обоснование выбора родительских образцов для селекции на повышение различных хозяйственно-ценных показателей;

– внедрение методов ускорения селекционного процесса;

– оценка адаптивной реакции новых селекционных образцов и сортов на изменение отдельных элементов технологии выращивания и климатических условий.

Материалы и методы

Селекционная работа с озимой рожью включает оценку от 50 до 100 коллекционных и селекционных образцов, поступающих из ВНИИР им. Н.И. Вавилова и других селекционных учреждений России и зарубежных стран. Методами межсортовой гибридизации, клонирования, индивидуального и семейного отборов растений, отвечающих задачам селекции, создается новый селекционный материал. После его оценки и размножения на изолированных участках проводится оценка в конкурсном испытании.

Координация с селекционерами других селекционных учреждений позволяет ускорить проведение селекционной работы и повысить ее эффективность. Из ВНИИР им. Вавилова нам передаются образцы ржи с генами устойчивости к основным болезням или с определенным химическим составом зерна. В местных условиях после отбора растений с высокой адаптивностью и продуктивностью, устойчивостью к болезням, из нескольких лучших потомств отобранных растений создается новая перспективная популяция. Применение для анализа селекционных и перспективных образцов методов оценки адаптивности, стабильности и пластичности, позволяет выбирать для объединения в новый сорт действительно лучшие образцы [7]. В результате неперспективный материал своевременно удаляется, что оптимизирует проведение селекционной работы.

Результаты исследований

В течение последних 15 лет в ФГБНУ «Уральский НИИСХ» были получены и включены в «Госреестр охраняемых селекционных достижений РФ» сорта озимой ржи: Пышма – кормового использования; Исеть, Паром и Алиса – зернового использования. В государственном испытании по трем регионам (Волго-Вятский, Уральский и Западно-Сибирский) находится зерновой сорт Янтарная.

Сорт Пышма – диплоидный, длинностебельный, был получен путем массового

и индивидуально-семейственного отбора из гибридной популяции сортов Уральская и Комбайнинияй. Был включен в «Госреестр РФ» с 2000 по 2012 гг. Предназначен для зернового и кормового направлений использования.

В настоящее время высевается для сохранения сорта на небольших площадях. Патент и семенной материал предлагается к продаже по умеренным ценам.

Сорт Пышма характеризуется высокой морозо- и зимостойкостью. Повышенной устойчивостью к поражению снежной плесенью, бурой и стеблевой ржавчиной, мучнистой росой. Недостатком является низкая устойчивость к полеганию. Созревает на 3–7 дней раньше короткостебельных сортов.

Весной отрастает быстрее короткостебельных сортов. Стебель и листья имеют слабый восковой налет. Урожайность зеленой массы в фазу выхода в трубку (20–30 мая) составляет 13–15 т/га, в фазу колошения (15–20 июня) до 30 т/га. Средняя урожайность зеленой массы в фазу колошения за 2011–2014 гг. на сортоучастках Свердловской области составила 24,1 т/га, сбор сухого вещества – 5,45 т/га (табл. 1). Растения сорта Пышма имеют длинную и тонкую соломину, а у растений короткостебельных сортов соломина значительно толще с сильно развитой механической тканью. Поэтому по сбору сухого вещества Пышма уступает другим сортам.

Урожайность зерна в питомниках размножения Уральского НИИСХ изменялась от 3,5 до 5,1 т/га. В конкурсном испытании Уральского НИИСХ и на сортоучастках Свердловской области урожайность была на уровне 4 т/га.

Содержание сырого протеина в зерне было на 0,9–1,1% выше по сравнению с короткостебельными сортами. Число падения выше короткостебельных сортов на 25–60 с., поэтому зерно пригодно для производства хлеба. Объемный выход хлеба и хлебопекарная оценка выше по сравнению с короткостебельными сортами.

Сорт Исеть включен в «Госреестр селекционных достижений РФ» по Волго-Вятскому региону с 2005 г. Диплоидный, с доминантной короткостебельностью. Был создан путем индивидуального семейно-группового отбора из гибридной популяции, полученной при свободном переопылении сортов Россиянка, Нейва и Чулпан. Предназначен для зернового использования. С 2014 г. патент и семенной материал предлагаются к продаже по умеренным ценам.

Характеризуется высокой зимостойкостью и устойчивостью к снежной плесени. Средне-спелый, созревает одновременно или на 1–2 дня позднее сорта Чулпан 7. Устойчивость к полеганию высокая (8,6 балла). Полегание наблюдалось в посевах с числом продуктивных стеблей более 500 шт./м² и после ливневых дождей.

Таблица 1 – Характеристика сортов озимой ржи, созданных в ФГБНУ «Уральский НИИСХ», 2011–2014 гг.

Показатель	Сорт				
	Пышма	Исеть	Паром	Алиса	Янтарная
Урожайность зерна, т/га Уральский НИИСХ	4,00	4,49	4,91	5,49	5,53
Урожайность зерна, т/га Сортоучастки Свердловской обл.	3,99	4,11	4,19	4,26	4,53*
Урожайность зеленой массы, т/га Сортоучастки Свердловской обл.	24,1	25,8	28,6	25,2	–
Сбор сухого вещества, т/га Сортоучастки Свердловской обл.	5,45	6,0	7,84	7,11	–
Высота растений, см	162	126	124	128	121
Устойчивость к полеганию, балл	3,6	8,6	8,5		
Длина колоса, см	9,8	10,3	10,6	10,7	10,2
Число колосков в колосе, шт.	32,7	34,2	35,0	37,6	37,4
Число зерен в колосе, шт.	60,8	65,0	65,8	69,0	72,3
Масса 1000 зерен, г	28,7	29,8	31,7	32,3	34,1
Продуктивность колоса, г	1,74	1,93	2,08	2,22	2,42
Натурная масса, г/л	695	688	681	694	756
Содержание сырого протеина, %	13,5	12,6	12,4	12,7	12,8
Число падения, с.	205	181	165	160	192
Объемный выход хлеба, мл	321	302	293	296	304
Общая хлебопекарная оценка, балл	3,7	3,5	3,2	3,3	3,5



Средняя за четыре года урожайность зерна в конкурсном испытании Уральского НИИ-ИСХ составила 4,49 т/га, а на сортоучастках – 4,11 т/га. Наибольшая урожайность (6,2 т/га) в КСИ Уральского НИИИСХ была получена в 2011 г. На Манчажском сортоучастке Свердловской области получали урожайность зерна 7,51 т/га в 2011 г. По урожайности зеленой массы и сбору сухого вещества в среднем за четыре года несколько превышала сорт Пышма.

У растений Исети выше значения элементов структуры колоса и крупнее зерно по сравнению с Пышмой. Хлебопекарные свойства довольно высокие, но ниже по сравнению с сортом Пышма.

Сорт Паром включен в «Госреестр селекционных достижений РФ» по Волго-Вятскому региону с 2008 г. Диплоидный с доминантной короткостебельностью. Был создан путем многократного индивидуального семейно-группового отбора из гибридной популяции, полученной при свободном переопылении биотипов из сорта Гетера. Предназначен для зернового использования.

Характеризуется высоким уровнем зимостойкости и выносливостью к снежной плесени. Средневосприимчив к бурой и стеблевой ржавчине, мучнистой росе. Устойчивость к полеганию высокая – 8,5 баллов. Средняя урожайность зерна в КСИ института составила 4,91 т/га, что выше по сравнению с сортами Пышма и Исеть.

По урожайности зеленой массы и сбору сухого вещества превышал большинство других сортов, поэтому в Свердловской области рекомендуется к выращиванию на кормовые цели.

По элементам структуры колоса и уровню урожайности превышает сорта Пышма и Исеть, а по хлебопекарным качествам несколько уступает. Тем не менее, зерно имеет довольно высокие значения числа падения и общей хлебопекарной оценки, поэтому пригодно на хлебопекарные цели.

Сорт Алиса включен «Госреестр селекционных достижений РФ» по Волго-Вятскому региону с 2014 г. Диплоидный с доминантной короткостебельностью. Был создан путем многократного индивидуально-семейного отбора из популяции растений, содержащих в генотипе большинство известных генов устойчивости к болезням. Предназначен для зернового направления использования.

Зимостойкость высокая. Слабо поражается бурой и стеблевой ржавчиной. Сорт среднеспелый, созревает на 2–4 дня позднее сорта Пышма

и одновременно с сортами Чулпан 7 и Паром. Устойчивость к полеганию на уровне других сортов с доминантной короткостебельностью. В местах с повышенной влажностью почвы и в посевах с густым стеблестоем возможно полегание.

Урожайность зерна в среднем за четыре года составила 5,49 т/га и была выше по сравнению с Паромом на 0,58 т/га. Колос крупный, с числом колосков и зерен выше по сравнению с сортом Паром. Выше значения массы 1000 зерен и продуктивности колоса. Хлебопекарные свойства – число падения, объемный выход хлеба и общая хлебопекарная оценка, достаточно высокие и позволяют использовать зерно для хлебопекарных целей.

Первичное семеноводство и производство оригинальных семян, суперэлиты и элиты производится в ГНУ Уральский НИИИСХ.

Сорт озимой ржи Янтарная является первым представителем на Урале новой группы сортов фуражной ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов [7]. С 2014 г. сорт проходит Государственное испытание на сортоучастках Свердловской области, под урожай 2015 г. высеян для оценки на сортоучастках Волго-Вятского, Уральского и Западно-Сибирского регионов.

Оценка в местных условиях показала, что сорт имеет высокую зимостойкость, вынослив к снежной плесени. Слабо поражался листостебельными болезнями. Высота растений была несколько ниже по сравнению с другими доминантно короткостебельными сортами. Устойчивость к полеганию и сроки созревания были на уровне сортов Паром и Алиса.

Средняя за три года урожайность зерна в питомнике конкурсного испытания Уральского НИИИСХ составила 5,53 т/га и была выше по сравнению с сортами Паром и Алиса. В питомнике размножения на площади 2,2 га в 2013 г. получена урожайность 4,41 т/га.

Оценка хлебопекарных свойств показала, что у сорта Янтарная были выше показатели натурной массы, объемного выхода хлеба и общей хлебопекарной оценки. Число падения (192 с.) несколько ниже по сравнению с сортами Паром и Алиса, но достаточно высокое, что определяет пригодность сорта для хлебопечения.

Результаты опыта по откорму свиней, проведенного в 2013 г. в ФГБНУ Уральский НИИ-ИСХ, с заменой в рационе 20% зерна пшеницы на 20% зерна ржи нового сорта Янтарная показали высокую поедаемость и питательную ценность корма. В опытной группе на 1 кг прироста

расходовалось 3,39 кг корма, что было ниже на 8,2% по сравнению с контрольной группой, в которой расход комбикорма составил 3,69 кг. Среднесуточный прирост составил 730 г в контрольной группе и 720 г в опытной, что ниже на 1,4% (в пределах ошибки опыта). Общее потребление кормов (114,3 кг) в расчете на одну голову в опытной группе снизилось на 11,5% по сравнению с контрольной (129,1 кг). Затраты кормов на 1 кг прироста в денежном эквиваленте при использовании низкопентозановой ржи сократились на 8,2%.

Предварительные результаты замены 10% пшеницы и 10% ячменя на 20% зерна ржи Янтарная в комбикорме для свиней на свиноводческом комплексе «Горноуральский» показали, что корм хорошо поедался, животные не болели, но заметной прибавки или снижения прироста не было установлено.

Качество семенного материала имеет большое значение для формирования повышенного уровня урожайности. Для сохранения генетических особенностей и получения высококачественного семенного материала сортов озимой ржи, созданных в «Уральском НИИСХ», ежегодно проводится первичное семеноводство по полной схеме для перекрестноопыляемых культур. В питомниках отбора, на пространственно изолированных участках, высевается и анализируется не менее 1500 семей по каждому сорту. Питомники размножения высеваются на площади 5–10 га. Сельскохозяйственным предприятиям Свердловской и других областей реализуется от 10 до 50 т семян.

Выводы

Сорта озимой ржи, полученные в результате селекционной работы в ФГБНУ «Ураль-

ский НИИСХ» Исеть, Паром, Алиса и Янтарная, соответствуют современным требованиям производства по адаптивности (в том числе зимостойкости) и урожайности зерна, а также хлебопекарным свойствам. Проведение первичного семеноводства позволяет обеспечить сельхозтоваропроизводителей высококачественным семенным материалом.

Список литературы

1. Гончаренко А. А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. М. : 2014. 372 с.
2. Культурная флора СССР. Т. 2. Рожь / под ред. В. Д. Кобылянского. Л. : Агропромиздат, 1989.
3. Энергия ржи для здоровья человека / А. В. Сысуев [и др.]. Киров : НИИСХ Северо-Востока, 2010. 103 с.
4. Сысуев В. А. Озимая рожь. Возделывание и использование на пищевые и кормовые цели. Проблемы и решения / В. А. Сысуев [и др.]. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2007. 172 с.
5. Потапова Г. Н., Жакубеков К. К. Озимые рожь и тритикале – важная часть зеленого конвейера // Земледелие. 2009. № 6. С. 24–25.
6. Жолобова М. С., Потапова Г. Н. Изучение влияния отдельных элементов технологии возделывания озимых культур в условиях Свердловской области // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 6. С. 31–33.
7. Изучение инновационной зернофуражной низкопентозановой озимой ржи / В. Д. Кобылянский [и др.] // Пермский аграрный вестник. 2014. № 1. С. 10–16.

Потапова Галина Николаевна, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства озимых зерновых культур, ФГБНУ «Уральский НИИСХ».

E-mail: uralniishoz@mail.ru, kabyr@mail.ru.

Зверева Татьяна Николаевна, научный сотрудник отдела селекции и семеноводства озимых зерновых культур, ФГБНУ «Уральский НИИСХ».

E-mail: uralniishoz@mail.ru, kabyr@mail.ru.

Галимов Константин Артурович, научный сотрудник отдела селекции и семеноводства озимых зерновых культур, ФГБНУ «Уральский НИИСХ».

E-mail: uralniishoz@mail.ru, kabyr@mail.ru.

* * *

УДК 633.2 (470.51/.54)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

М. А. Тормозин, А. Е. Нагибин

Представлен краткий обзор распространения, значение и роль многолетних трав в создании стабильной кормовой базы на Среднем Урале. Добиться максимального выхода переваримого протеина и обменной энергии при оптимальном содержании клетчатки с единицы площади можно только в системе кормосырьевого конвейера из многолетних и однолетних кормовых культур. На основании полевых опытов и детальных биохимических исследований в 2006–2012 гг. выявлены закономерности по продуктивности и химическому составу кормовых культур.

Ключевые слова: кормопроизводство, многолетние травы, люцерна, клевер, козлятник, обменная энергия, сырой протеин.

Актуальность темы и цель исследований

Многолетние травы являются основой травопольных кормовых и полевых севооборотов. Одной из актуальных проблем в развитии животноводства и повышении его экономической эффективности является полноценное кормление животных. В связи с этим кормовая база в хозяйствах должна создаваться за счет подбора адаптированных видов кормовых культур, включая наиболее дешевые источники питательных веществ.

Роль кормопроизводства исключительно велика, особенно в травосеянии, за счет которого можно решить проблемы ресурсоэнергосбережения и стабильной урожайности сельскохо-

зяйственных культур. Средний Урал отличается значительным богатством агроценозов многолетних трав. Корма из многолетних трав являются наиболее полноценными, с высокой долей усвоения и наиболее дешевыми. Из всего разнообразия кормовых культур люцерна занимает особое место.

Цель исследований – обзор распространения, значение и роль многолетних трав в создании стабильной кормовой базы на Среднем Урале.

Материалы и результаты исследований

Основным недостатком объемистых кормов является низкое содержание протеина.

Обычно в сене и силосе содержится менее 10% сырого протеина, сенаже –12%, что значительно ниже нормы. Общий дефицит протеина в кормах в настоящее время по Российской Федерации составляет более 1,8 млн тонн, в том числе в объемистых – 1068 тыс. тонн, в концентратах – 750 тыс. тонн.

Низкое качество кормов компенсируется перерасходом на 30–50% объемистыми кормами и концентратами и в первую очередь – зерном собственного производства.

Стремление поддержать высокую продуктивность жвачных животных при использовании низкокачественных объемистых кормов ведет к перерасходу концентратов, что не оправдано ни с биологической, ни с экономической точек зрения (табл. 1).

По мере снижения в сухом веществе концентрации обменной энергии (ОЭ) и сырого протеина (СП) затраты кормов на единицу продукции возрастают. Так, при использовании кормов, приготовленных из трав в фазу цветения (содержание ОЭ 8 МДж и 8-10% СП в СВ) расход сухого вещества на 1 кг молока возрастает в 3,3–4,7 раза в сравнении с травами, убранными в более ранние фазы вегетации. Обобщение опыта рентабельно работающих хозяйств показало, что затраты средств на заготовку кормов из трав в ранние фазы вегетации возрастают на 60%, а затраты на 1 кг молока за счет эффективного использования кормов снижаются в 1,4–2,6 раза [1]. Многолетние бобовые травы в Свердловской области в 2014 г. в основном представлены клевером и люцерной и их сме-

сями со злаковыми культурами – 99,0 тыс. га, а также злаковыми травами – 199,6 тыс. га.

Результаты исследований химического состава и питательности показали, что зеленая масса люцерны содержит в 1 кг 219–231 г сухого вещества, т.е. в фазу начала цветения влажность составляет 76,9–78,1%. Энергетическая питательность люцерны находилась в пределах 2,12–2,77 МДж ОЭ или в переводе на сухое вещество 9,67–10,99 МДж. Содержание сырого и переваримого протеина колебалось по сортам в пределах 43,12–51,73 и 31,71–39,74 г в 1 кг зеленой массы.

При заготовке качественных объемистых кормов из бобовых трав необходимо особое внимание уделять содержанию клетчатки. Существует закономерность: чем выше уровень молочной продуктивности и чем больше доля травяного силоса в основном рационе животных, тем ниже должно быть оптимальное содержание клетчатки (табл. 2).

Исходя из этих требований, благоприятным для уборки бобовых и злаковых трав считается время, когда содержание сырой клетчатки в сухом веществе составляет 22–28% [2]. Это время при средних климатических условиях Свердловской области ограничено максимально 10 днями.

Добиться максимального выхода переваримого протеина и обменной энергии при оптимальном содержании клетчатки с единицы площади можно только в системе кормосырьевого конвейера из многолетних и однолетних кормовых культур. На основании полевых опытов и детальных биохимических исследований

Таблица 1 – Эффективность производства молока при скармливании кормов, приготовленных из трав, скошенных в разные фазы вегетации

Фаза вегетации бобовых и злаков	Концентрация		Удой, кг/сутки	Расход СВ, кг/кг молока	Затраты средств, %
	ОЭ, МДж	СП, %			
Бутонизация, выход в трубку	11	16–18	14–16	0,7	100
Начало цветения – бобовые, колошение – начало цветения злаков	10	14–16	9–11	1,0	120
Массовое цветение	9	10–12	7–8	1,4	140
Конец цветения	8	8–10	3–4	3,3	260

Таблица 2 – Максимально допустимое содержание сырой клетчатки в травяном силосе в зависимости от ожидаемой продуктивности

Ожидаемая годовая продуктивность молока на 1 корову, кг	Максимально допустимое содержание клетчатки, г/кг СВ
5000	309
6000	277
7000	250
8000	225



в 2006–2012 гг. выявлены некоторые закономерности по продуктивности и химическому составу, которые излагаются в данной статье.

Люцерна в первом укосе должна быть скошена до 30 июня, клевер луговой двуукосный – до 5 июля, а клевер луговой одноукосный Орион, Оникс – до 15 июля.

Для заготовки высококачественных кормов из многолетних и однолетних трав необходимо повысить в них концентрацию обменной энергии до 9,5–10,5 МДж/кг, вместо 8,0–9,0 МДж/кг в настоящее время и содержание протеина до 14–16%, вместо 10–12% [3]. Решить эти задачи возможно только в системе кормосырьевого конвейера.

Козлятник восточный – источник самой ранней зеленой массы по наступлению укосной спелости. Он характеризуется высокой пластичностью и большой потенциальной урожайностью. От других многолетних бобовых трав отличается более длительным сроком хозяйственного использования, способностью быстрого отрастания весной и после укоса, что гарантирует за сезон два полноценных укоса.

По кормовым достоинствам зеленой массы козлятник восточный не уступает традиционным многолетним бобовым травам. В 1 кг сухого вещества в фазу бутонизации – начало цветения содержится 0,83 корм. ед., 10,1 МДж обменной энергии, 146 г переваримого протеина. Единственным ограничителем расширения посевов козлятника является наличие алкалоида галегина, влияние которого на технологический процесс переработки молочной продукции изучен недостаточно.

Среднеспелую группу по травам возглавляют сорта люцерны Сарга и Уралочка. По продуктивности и концентрации питательных веществ люцерна отвечает всем требованиям для кормления коров с продуктивностью 7000–9000 кг молока в год. Особой ценностью люцерны является засухоустойчивость, благодаря которой она формирует в первом укосе, по сравнению с клевером, устойчивые урожаи зеленой массы. Поэтому для стабилизации кормовой базы и увеличения сбора растительного белка, посеы бобовых трав в хозяйствах Свердловской области с развитым животноводством должны составлять не менее 20% от площади пашни, а доля люцерны в этих посевах – от 30 до 40%.

Из многолетних бобовых трав в настоящее время в Свердловской области отмечается возрастающая роль люцерны. В 2014 году посевная площадь культуры составила 16,625 тыс. га, или на 2,5 раза больше, по сравнению с 2006 годом. В то же время отмечается снижение площадей клевера лугового с 128,9 тыс. га (2006 г.) до 82,4 тыс. га в 2014 г. (на 36,1%).

Из таблицы 3 видно, что в СПК «Колхоз имени Свердлова» в среднем за шесть лет (2007–2012 гг.) для организации стабильной кормовой базы было необходимо иметь площадь люцерны изменчивой на 1 фуражную корову не менее 0,52 га, на все поголовье – не менее 0,19 га и клевера лугового соответственно – 0,93 и 0,35 га. За последние два года (2013, 2014 гг.) ситуация в хозяйстве изменилась. Площади под люцерной на 1 фуражную корову

Таблица 3 – Люцерна изменчивая и клевер луговой, значение и роль культур в кормовой базе хозяйств Свердловской области

Люцерна изменчивая				Клевер луговой			
среднее	площадь, га		урожайность зеленой массы, т/га	среднее	площадь, га		урожайность зеленой массы, т/га
	на 1 фуражную корову	на все поголовье			на 1 фуражную корову	на все поголовье	
СПК «Колхоз имени Свердлова», Богдановичский район (2007–2012 гг., среднее)							
620,2	0,52	0,19	13,73	1117,7	0,93	0,35	11,30
(2013–2014 гг., среднее)							
1031,0	0,87	0,32	14,52	885,5	0,75	0,28	96,20
СПК «Килачевский», Ирбитский район (2009–2012 гг., среднее)							
1174,3	0,51	0,18	14,53	1401,5	0,62	0,22	13,73
(2013–2014 гг., среднее)							
1411,0	0,56	0,19	17,80	1660,0	0,66	0,23	13,80

увеличились до 0,87 га, на все поголовье – до 0,32 га, а по клеверу данные параметры снизились соответственно до 0,75 и до 0,28 га.

В СПК «Килачевский» за последние годы отмечена тенденция увеличения этих показателей: площади люцерны изменчивой на 1 фуражную корову возросли до 0,56 га, на все поголовье – до 0,19 га и клевера лугового соответственно – до 0,66 и до 0,23 га.

Сорта клевера лугового разной скороспелости (Дракон, Диксон, Орфей, Орион, Оникс, Пермский местный) в годы с нормальным увлажнением обеспечивают поступление зеленой массы в первом укосе в течение 33 дней (с 24.VI по 26.VII) и 20 дней – во втором (с 22.VIII по 10.IX).

На самых кислых почвах следует высевать клевер гибридный и лядвенец рогатый, а на солонцах – донник.

Учитывая, что при смене одного вида корма на другой животные некоторое время адаптируются и в связи с этим снижают продуктивность, то наиболее совершенным будет зеленый конвейер из одних бобовых трав различной зрелости.

Многолетние травы в 2014 г. занимают наибольшую долю кормового клина Свердловской области – 298,637 тыс. га, или 77,2%. Однолетние травы, представленные трех-, четырехкомпонентными смесями культур, посеяны на площади 53,861 тыс. га (13,9%). За последние годы отмечено ежегодное увеличение посевных площадей под кукурузой – с 3,1 тыс. га (0,8%) в 2008 г. до 17,462 тыс. га (4,5%) в 2014 г.

и яровым рапсом – соответственно с 3,8 тыс. га (1,0%) в 2008 г. до 17,462 тыс. га (4,5%) в 2014 г. Озимая рожь на зеленый корм в кормовом клине за последние годы составляет 1,0% (5,177 тыс. га).

Выводы и рекомендации

Для эффективного использования травостоя многолетних бобовых трав на Среднем Урале люцерна в первом укосе должна быть скошена до 30 июня, клевер луговой двуукосный – до 5 июля, а клевер луговой одноукосный Орион, Оникс – до 15 июля.

Для заготовки «классных» кормов из многолетних и однолетних трав необходимо повысить в них концентрацию обменной энергии до 9,5–10,5 МДж/кг, вместо 8,0–9,0 МДж/кг в настоящее время и содержание протеина до 14–16%, вместо 10–12%.

Многолетние бобовые травы позволяют организовать поступление высококачественной кормовой массы с низкой себестоимостью с первой декады июня по первую декаду сентября.

Список литературы

1. Концепция развития кормопроизводства в РФ. М., 1999. 70 с.
2. Нагибин А. Е., Тормозин М. А. Бобовые травы – главный источник объемистых кормов // Материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию ГНУ Уральский НИИСХ. 2011. Т. 1 : Растениеводство. С. 333–337.
3. Шпаар Д. Кормовые культуры. М. : МД ООО «Агродело» 2009. Т. 1. 464 с.

Тормозин Максим Александрович, канд. с.-х. наук, зав. лаборатории селекции и семеноводства многолетних бобовых трав, ФГБНУ «Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства».

E-mail: tormozinma@mail.ru

Нагибин Александр Егорович, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства многолетних бобовых трав, ФГБНУ «Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», заслуженный агроном РФ.

E-mail: uralniishoz@inbox.ru.

* * *

ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

STORING AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCE

УДК 631.812.2

УСКОРЕНИЕ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛИВНЫХ РАСТВОРОВ В ГИДРОПОННОМ КОРМОПРОИЗВОДСТВЕ

М. Л. Гордиевских, Е. И. Столбовая, В. В. Евченко

Поливные растворы для выращивания растительных кормов в теплицах содержат различные синтетические стимуляторы роста и развития растений, что может приводить к накоплению химических соединений в гидропонном зеленом корме. Определили, что использование жидких гуминовых препаратов, полученных из вермикомпостов одновременным воздействием на суспензию «вода-вермикомпост» ультразвуком и озono-воздушной смесью, позволит получить растворы, обладающие высокими агротехническими показателями. Установили рациональные параметры ультразвукового воздействия на суспензию «вода – вермикомпост» при соотношении вермикомпоста и воды 1 : 100: мощность ультразвука 1,1...1,3 Вт/см², частота 20...22 кГц, амплитуда колебаний 0,9...1,1·10⁻⁶ м, концентрация озона 13,32 г/м³, скорость движения озono-воздушного потока 3,2 м/с. Наибольший эффект насыщения раствора органическими соединениями достигнут при высоте обрабатываемого слоя не более 6 см. Полученный таким способом раствор оценивали по изменению коэффициента пропускания. Графики строили в координатах коэффициента пропускания и продолжительности воздействия. Агротехнические показатели вермираствора определяли по его воздействию на всхожесть и рост семян пшеницы. В качестве контроля использовали воду. Выявили, что воздействие на суспензию «вода – вермикомпост» ультразвуком в атмосфере озono-воздушной смеси позволяет повысить эффективность перехода органического вещества вермикомпоста в раствор в доступной для растений форме. Установили, что одновременное воздействие ультразвуком и озонem создает условия получения органического раствора (вермираствора) с более высокими агротехническими показателями. Применение такого раствора позволяет ускорить рост пшеницы «Челяба-2» на 6...8%; увеличить выход биомассы на 4...5%.

Ключевые слова: поливной раствор, гидропонный зеленый корм (ГЗК), гуминовые вещества, вермикомпост, вермираствор, ультразвук, озono-воздушная смесь, стимулятор роста растений.

Актуальность темы

Управление физиологическими процессами в системе «растение – поливной раствор» и повышение реальной продуктивности зерновых культур – одна из приоритетных проблем гидропонного кормопроизводства. Для увеличения кормовой биомассы, обогащенной активными питательными веществами, используют приемы, которые могут быть названы «химической коррекцией» роста и развития растений [1].

В гидропонном производстве растительных кормов применяют растворы, содержащие макро- и микроэлементы, необходимые для развития растений. В последнее время широкое

распространение получили стимуляторы роста искусственного и естественного происхождения, а также комплексообразователи – улучшители показателей поливных растворов [2, 3, 4]. Это может приводить к накоплению химических соединений в зеленом гидропонном корме. Их высокая концентрация может отрицательно влиять на качество конечного продукта, что небезопасно для сельскохозяйственных животных, так как скармливается весь зеленый «мат», включающий корни и субстрат.

Для обеспечения безопасности и повышения качества гидропонных кормов нами предлагается использовать поливные растворы,

приготовленные на природном органическом веществе – вермикомпосте. Технология получения вермирастворов основана на комплексном воздействии на суспензию «вода-вермикомпост» щелочью и ультразвуковым полем [5].

Проведенными теоретическими и экспериментальными исследованиями было доказано, что воздействие ультразвукового поля позволяет не только усилить процесс перехода органического вещества в раствор, но и перевести его в доступную для растений форму [6]. Это достигается за счет образования молекул пероксида водорода при «схлопывании» кавитационных пузырьков. Наиболее вероятным принят следующий механизм ультразвуковой деструкции. Молекулы гуминовых кислот атакуются по месту мостиков с двойными связями ($-C=C-$) (рис. 1); их разрыв в два-три раза снижает молекулярные массы и резко ослабляет окраску гуминовых кислот [7, 8].

В ходе эксперимента были установлены рациональные параметры ультразвукового воздействия на суспензию «вода – вермикомпост» при соотношении вермикомпоста и воды 1 : 100 [9]: мощность ультразвука 1,1...1,3 Вт/см², частота 20...22 кГц, амплитуда колебаний 0,9...1,1·10⁻⁶ м, продолжительность обработки 7...9 минут. Наибольший эффект насыщения раствора органическими соединениями достигался при высоте обрабатываемого слоя не более 6 см [10].

Агротехнические свойства вермирастворов оценивались по их воздействию на семена пшеницы «Челяба-2»: всхожесть, скорость роста (высота растения и ширина листа), масса полученного биопродукта (гидропонного зеленого корма).

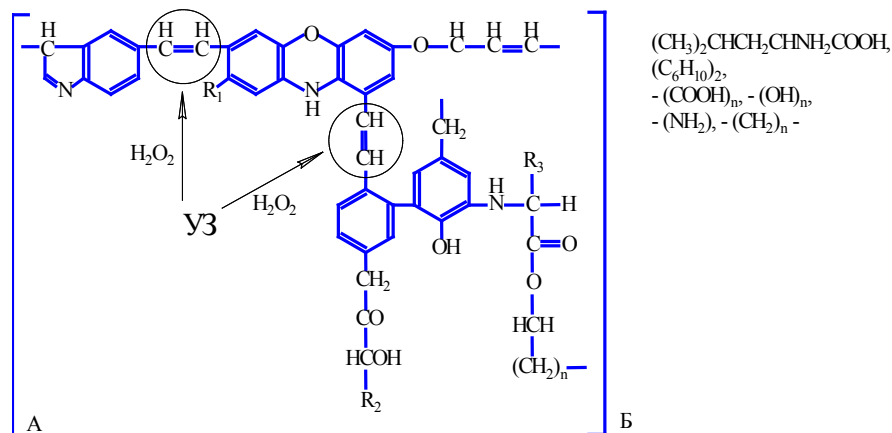
В ходе эксперимента было отмечено, что в течение всего времени обработки суспензии «вода – вермикомпост» происходит изменение ее свойств: уменьшается концентрация газа (дегазация) и увеличивается число частиц в единице объема, что снижает эффективность ультразвукового воздействия. Кроме того, при проведении процесса получения вермирастворов используется суспензия с достаточно крупными частицами, которые под действием силы тяжести осаждаются на дно реакционной емкости и создают слой, препятствующий прохождению ультразвуковых волн. Увеличение продолжительности воздействия существенно не изменяет параметры вермираствора.

На основе выполненного анализа была сформулирована рабочая гипотеза исследования, которая основывается на возможности приготовления вермираствора путем воздействия на суспензию «вода – вермикомпост» ультразвуком при одновременном пропускании через нее озono-воздушной смеси. Это позволит увеличить концентрацию воздушных пузырьков в растворе (поддержание кавитационного режима), дополнительно насытить раствор активными радикалами (образование молекул пероксида водорода) и усилить перемешивание суспензии (барботаж).

Цель работы

Приготовление вермираствора с более высокими агротехническими показателями.

Для достижения поставленной цели решалась частная задача: установить продолжительность обработки вермираствора при заданных режимах озонирования и ультразвука для обе-



А – ядро фрагмента с мостиками двойных связей – место атаки окислителем;
Б – гидролизуемая часть – переходит в раствор под действием щелочи

Рис. 1. Структура фрагмента гуминовой кислоты (по Орлову)



спечения максимального выхода органического вещества в раствор, в форме, доступной для растений.

Материалы и методы исследования

Для получения вермирастворов использовали ультразвуковую ванну «УЗВ-7/100-МП-РЭЛТЕК» и озонатор «GL-3188» с техническими характеристиками (табл. 1).

Технологическая схема получения вермираствора представлена на рисунке 2.

Полученный таким способом раствор оценивали по изменению коэффициента пропускания (τ). Изменение качественного состава гуминовых веществ определяли методом Кульман-

на и Фрейтага (Kullmann, Freitag, 1957). Измеряли коэффициент пропускания (τ) экстрактов гуминовых веществ при длинах волн: 465, 533, 574, 619, 665, 726 нм. Графики строили в координатах: коэффициент пропускания (τ) – продолжительность воздействия.

Агротехнические показатели вермираствора определяли по его воздействию на всхожесть и рост семян пшеницы. В качестве контроля использовали воду. Всхожесть семян пшеницы – по методике, рекомендуемой ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур». На шестые сутки определяли высоту проростка, ширину листовой пластинки и выход конечного биопродукта (ГЗКМ).

Таблица 1 – Технические характеристики ультразвуковой ванны «УЗВ-7/100-МП-РЭЛТЕК» и озонатора «GL-3188»

Наименование параметров		Численные значения параметров
УЗВ-7/100-МП-РЭЛТЕК	Внутренний размер рабочей камеры (длина, ширина, глубина), мм \pm 5 мм	290×230×100
	Полезный объем рабочей камеры, дм ³ , \pm 10%	4,7
	Номинальная мощность ультразвукового генератора, Вт	145
	Частота ультразвуковых колебаний в диапазоне, кГц	20,25...48,4
	Напряжение питающей сети, В (50–60 Гц)	220±22
	Номинальная мощность э/нагревателей, Вт	300
	Мощность, потребляемая ванной, Вт, не более	570
	Наличие слива моющего раствора	+
GL-3188	Напряжение, В (50–60 Гц)	220
	Потребляемая мощность, Вт	20
	Производительность, мг/ч	400
	Скорость потока озono-воздушной смеси, м/с	3,9
	Концентрация озона в озono-воздушной смеси	13,32 г/м ³

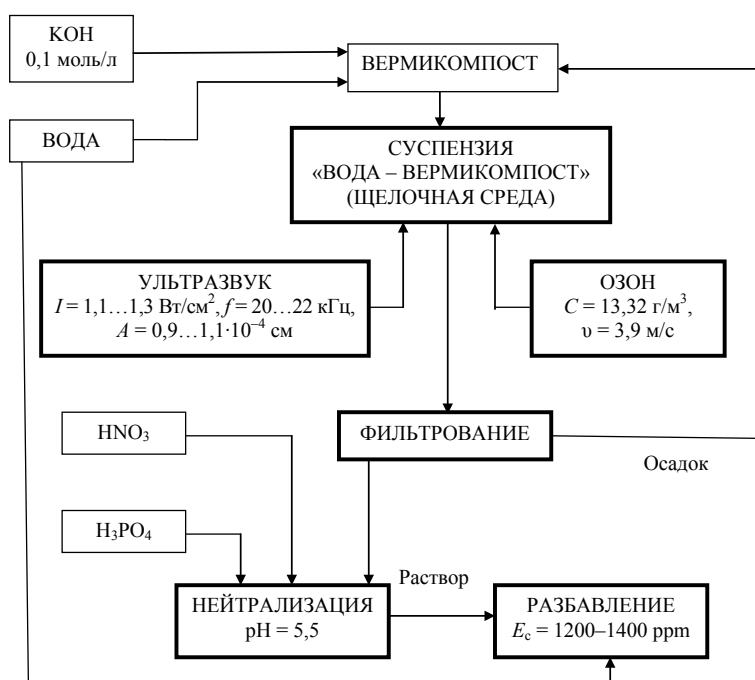


Рис. 2. Технологическая схема приготовления жидкого органического удобрения

Результаты исследований

Зависимость коэффициента пропускания (τ) от продолжительности обработки суспензии «вода – вермикомпост» показана на рисунке 3. Из графика видно, что первый пик максимального значения коэффициента пропускания приходится на 9 минут ультразвукового воздействия и на 11 минут одновременного воздействия ультразвука и озона при всех значениях выбранных длин волн. Дальнейшее воздействие приводит к картине последовательной смены пиков и впадин, однако разница между высотой первого пика и последующими не превышает 5...6%. Поэтому увеличение продолжительности воздействия хотя и приводит к увеличению коэффициента пропускания, оказывается нецелесообразным, вследствие того, что возрастание затрат мощности в этом случае не компенсируется достигаемым эффектом [11].

Значение коэффициента пропускания при одновременном воздействии ультразвука и озона

на возрастает по сравнению только с ультразвуковым воздействием на 11 ($l = 665 \text{ нм}$)...23% ($l = 465 \text{ нм}$), что подтверждает рабочую гипотезу – присутствие озона усиливает окислительные процессы органического вещества вермикомпоста.

Изменение агротехнических показателей в зависимости от качественного состава поливного раствора показаны в таблице 2.

Анализ результатов позволяет заключить, что пшеница, выращенная с использованием вермираствора, полученного при воздействии ультразвуком в атмосфере озono-воздушной смеси при прочих равных условиях выращивания, обладает более высокими агротехническими показателями.

Выводы

Выявлено, что воздействие на суспензию «вода – вермикомпост» ультразвуком в атмосфере озono-воздушной смеси позволяет повы-

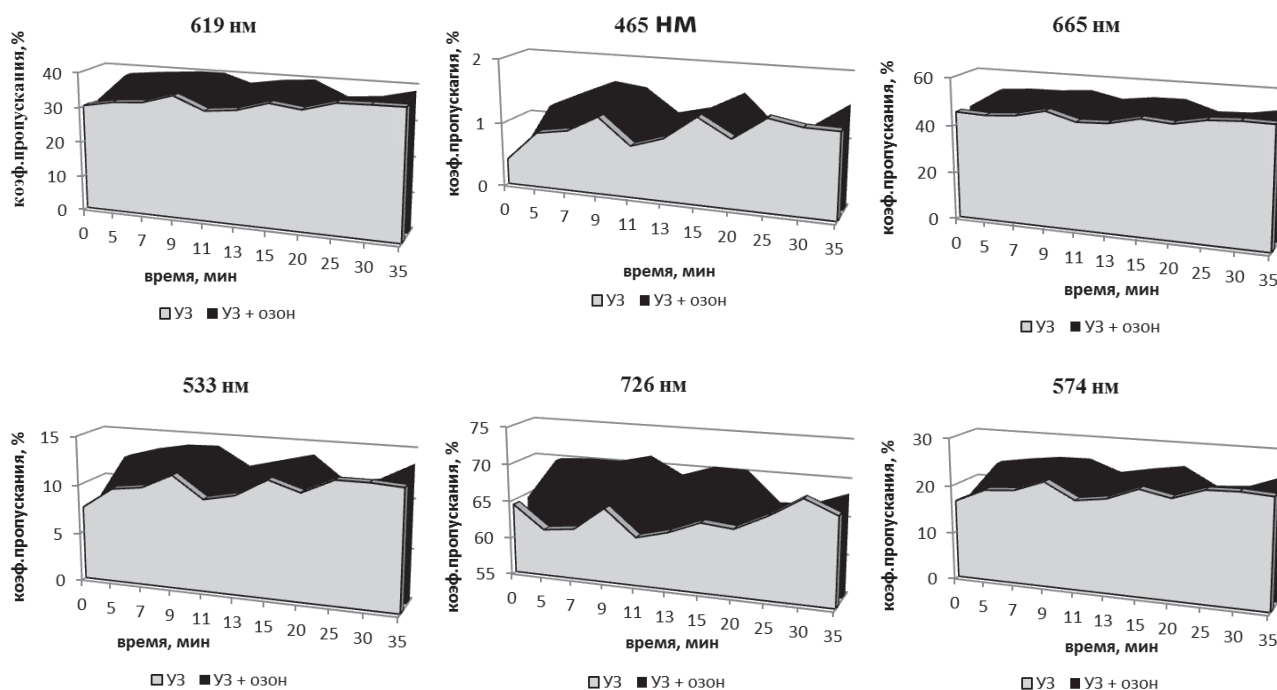


Рис. 3. Зависимость коэффициента пропускания от продолжительности обработки суспензии «вода – вермикомпост»

Таблица 2 – Влияние состава поливного раствора на показатели проростков пшеницы «Челяба-2»

Показатель*	Поливной раствор		
	Вода (базовый)	вермираствор	
		УЗ	УЗ + озон
Высота проростка, мм	8,8	9,5	10,2
Ширина листовой пластины, мм	2,8	3,1	3,4
Выход биомассы, г	29,6	31,1	32,3

*Шестые сутки проращивания.



силь эффективность перехода органического вещества вермикомпоста в раствор в доступной для растений форме. Установлено, что одновременное воздействие ультразвуком и озоном создает условия получения органического раствора (вермираствора) с более высокими агротехническими показателями. Применение такого раствора позволяет ускорить рост пшеницы «Челяба-2» на 6...8%; увеличить выход биомассы на 4...5%.

Список литературы

1. Попов А. И. Теоретическое обоснование применения гуминовых веществ в сельскохозяйственном производстве. Режим доступа : <http://www.stepmichail.narod.ru>.
2. Пат. на изобретение № 1711733 МПК А01G31/00 15.02.1992. Питательный раствор для гидропонного выращивания басмы / Ш. А. Маркарян [и др.].
3. Заявка на изобретение № 2004115192 МПК А01G31/00 10/11/2005. Препарат для гидропонного выращивания растений / А. Ю. Винаров [и др.].
4. Пат. на изобретение № 2142706 МПК А01N37/44, А01N59/00, С05G3/02 20.12.1999. Композиция и способ ускорения роста растений / Алан М. Киннерсли [и др.].

5. Пат. RU №2535739. Способ выращивания зеленой кормовой массы на субстрате / Е. И. Столбовая, М. Л. Гордиевских ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО ЧГАА. № 2013117679113 ; заяв. 16.04.2013 ; опуб. 20.12.2014, Бюл. № 35.

6. Москаленко Т. В., Михеев В. А., Данеев О. С. Воздействие ультразвуковым полем на торф при экстрагировании гуминовых кислот // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. № 3. С. 209–213.

7. Орлов Д. С. Химия почв : учебник. М. : Изд-во МГУ, 1992. 400 с.

8. Ультразвук. Физико-химическое и биологическое действие / под ред. И. Е. Эльпинера. М. : Физматгиз, 1973. 420 с.

9. Агранат Б. А. Ультразвук в порошковой металлургии. М. : Металлургия, 1986. 168 с.

10. Столбовая Е. И. Физико-химические параметры жидкого органического удобрения в зависимости от кавитационного ультразвукового воздействия // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 63. С. 100–107.

11. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов. 10-е изд., стер., дораб. Перепеч. с изд. 1973 г. М. : ООО ТИД «АльянС», 2004. 753 с.

Гордиевских Михаил Леонидович, д-р техн. наук, профессор кафедры «Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: pererabotkashp@mail.ru.

Столбовая Елена Ивановна, старший преподаватель кафедры «Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: pererabotkashp@mail.ru.

Евченко Виктория Вадимовна, аспирант, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: pererabotkashp@mail.ru.

* * *

УДК 635.82 : 631.5 (470.55)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ И ОЦЕНКА ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕШЕНОК

Н. Л. Наумова, А. В. Бучель, В. В. Чаплинский

Вешенка – один из распространенных грибов, культивируемых в искусственных условиях. Выращиванием вешенки многие годы занимаются в Голландии, Германии, Франции, Польше, с относительно недавнего времени – в России. Вешенки обладают способностью накапливать пестициды, токсичные элементы и радиоактивные изотопы из окружающей среды. Челябинская область как промышленный центр металлургии и машиностроения является одной из самых неблагоприятных в экологическом отношении. Интенсивные способы культивирования предусматривают выращивание вешенок в специальных помещениях с регулируемыми условиями внешней среды. Целью наших исследований явилось изучение особенностей культивирования вешенок в регулируемых условиях и оценка их токсикологической безопасности. В результате было установлено, что субстратом для выращивания вешенок в условиях ООО «Кристалл» (Челябинская область, Чесменский район, с. Чесма) является измельченная смесь соломы злаковых культур, стеблей кукурузы, лузги подсолнечника и древесных опилок лиственных пород. Нарращивают массу мицелия в полиэтиленовых мешках. Для плодоношения мешки с мицелием ставят в подвале вертикально на решетчатые стеллажи по три ряда на расстоянии 30–40 см, чтобы было пространство для формирования плодовых тел вешенок. Каждый цикл производства вешенок осуществляется при строгом соблюдении температурного, влажностного, светового режимов. Содержание кадмия, мышьяка и ртути в грибах из лесного массива в 5, 3 и 280 раз выше соответственно, чем в культивируемых вешенках. По содержанию свинца «дикие» вешенки превысили ПДК на 14%. Установленные концентрации ДДТ и его метаболитов, а также гексахлорциклогексана в «диких» грибах были в 4 и 12 раз выше содержания в культивируемых вешенках. Содержание цезия-137 в грибах, выращенных в регулируемой среде, было в 33 раза ниже, чем грибах, произрастающих в природных условиях; стронция-90 – в 70 раз ниже.

Ключевые слова: грибы, вешенки, культивирование, регулируемые условия, интенсивное выращивание, качество, безопасность.

Актуальность темы

В семейство Вешенковые входят несколько родов и около 100 видов грибов, в основном, растущих на древесине лиственных деревьев. Наиболее известны рода вешенка и лентинула. Род грибов вешенок (*Pleurotus*) объединяет около 30 видов [1, 2]. Почти десяток видов вешенок культивируется в искусственных условиях. Наибольшее распространение получила вешенка обыкновенная – *Pleurotus ostreatus* [3, 4, 5].

Растут вешенки и в садах, огородах, парках. Экстенсивные способы выращивания грибов объединяют различные методы культивирования грибов в естественных условиях. Интен-

сивное выращивание предусматривает использование регулируемых условий (рис. 1) [6].

Вешенка в природных условиях растет большими группами в виде сростков, достигающих 2–3 кг и насчитывающих до 30 отдельных грибов. Обычно грибы в сростке располагаются черепицеобразно друг над другом или рядом без какой-либо закономерности. Массово гриб вешенка появляется осенью, когда температура воздуха опускается до 12–14 °С, а в ночное время до 0 °С, влажность воздуха в этот период достигает максимальных значений, что является наиболее приемлемым для её роста. Гриб хорошо переносит заморозки, с наступлени-

ем которых плодовые тела прекращают рост, а с наступлением оттепели могут продолжать развиваться. Вешенка достаточно светолюбива, однако может нормально развиваться и в затененных местах [4, 6].

Для промышленных заготовок «дикие» вешенки не используются: гораздо проще и выгоднее культивировать их в специальных хозяйствах. Интенсивные способы культивирования предусматривают выращивание вешенок в специальных помещениях с регулируемыми условиями внешней среды. Существуют технологии выращивания вешенок на древесных опилках, соломе, злаковых, шелухе семечек подсолнуха [7, 8].

Это позволяет получать более высокие и стабильные урожаи, выращивать грибы в течение всего года, разнообразить субстраты, применять механизацию и сокращать технологический цикл [8, 9]. Выращиванием вешенки уже многие годы успешно занимаются в Голландии, Германии, Франции, Польши, с относительно недавнего времени – в России. Культивируют вешенку и любители: многие разводят ее на садовых участках, в подвалах загородных домов и даже в городских условиях – на балконах и лоджиях [3].

Вешенки, как и все съедобные грибы, обладают способностью накапливать пестициды,

токсичные элементы и радиоактивные изотопы из окружающей среды, причем концентрация ксенобиотиков в них становится выше, чем в субстрате, на котором грибы растут [1, 4].

Челябинская область как промышленный центр металлургии и машиностроения является одной из самых неблагоприятных в экологическом отношении и занимает 3-е место по России по уровню загрязненности окружающей среды. Так, в почве и воде АО «Петровское», находящегося в зоне промышленных выбросов предприятий г. Челябинска, выявлено повышенное содержание меди, никеля, свинца [10]. Исследования в ГСС «Победа» Кизильского района, находящегося в зоне промышленных выбросов предприятий г. Магнитогорска, выявили превышение ПДК по железу, никелю и марганцу в воде. Кормовые культуры хозяйства характеризуются повышенным содержанием никеля, свинца и кобальта [11, 12].

В зоне выбросов Южно-Уральской ГРЭС содержание никеля в почвах превышает ПДК в 2,6 раза, свинца – в 1,2 раза, железа в 1,6 раза. Вода из оз. Кабанка содержит свинца в 1,3 раза выше ПДК. В молоке коров СТОО «Увельское» содержание никеля превышает ПДК в 5,5 раза, свинца – на 15 %, железа – на 10,3 % [13].



Рисунок 1 – Технология выращивания вешенок

По ходу течения р. Миасс (по г. Челябинску) увеличивается содержание ряда тяжелых металлов, особенно в почве кадмия и ртути соответственно в 47 и 113 раз, в воде цинка – в 39 раз, в донных отложениях цинка, кадмия и ртути – в 30, 116, и 41 раз [14].

29 сентября 1957 года произошел тепловой взрыв радиоактивных отходов на ПО «Маяк», повлекший радиационное загрязнение территорий Челябинской, Свердловской, Курганской областей [15]. Активность выброса в окружающую среду радиоактивных продуктов составила $7,4 \times 10^{17}$ Бк. [16]. В реку Теча поступило около 2,8 МКи радиоактивных веществ по β -излучателям [17]. Активность, накопленная в донных отложениях и зоне затопления реки, составляет: активность ^{90}Sr – 0,1 РВк, ^{137}Cs – 0,3 РВк. Ежегодно выявляется большая часть проб, не соответствующая требованиям Сан-ПиН по содержанию ^{137}Cs , относящаяся к дикорастущим продуктам, а также к молоку и молочным продуктам, получаемым в личных хозяйствах [15, 17].

Целью наших исследований явилось изучение особенностей культивирования вешенок в регулируемых условиях и оценка их токсикологической безопасности.

Материалы и методы исследований

В качестве объектов исследований выступили свежие грибы вешенки, реализуемые на рынке г. Челябинска:

1) культивируемые на ООО «Кристалл» (Челябинская область, Чесменский район, с. Чесма). В январе 2011 года предприятие стало заниматься разведением грибов – вешенка. Цех по выращиванию грибов охватывает площадь в 300 м²;

2) произрастающие в природных условиях в лесных массивах Увельского района Челябинской области, собранные и реализуемые местными жителями.

Результаты исследований

На первом этапе исследований представляло интерес изучить технологические особенности культивирования вешенок.

Подготовка субстрата при интенсивном способе выращивания состоит в измельчении сырья, его увлажнении и термической обработке с целью удаления нежелательной микрофлоры [8].

Существуют различные варианты термической обработки: 3-часовая стерилизация при

температуре 120 °С; пастеризация при 60–70 °С в течение 8–12 ч; термообработка сухим паром в течение 1 ч [7]. Субстратом для выращивания вешенок в условиях ООО «Кристалл» является измельченная (до размеров 0,5–3 см) смесь соломы злаковых культур, стеблей кукурузы, лузги подсолнечника и древесных опилок лиственных пород. Подготовку субстрата начинают с того, что его запаривают кипятком не только для уничтожения возможных конкурентных грибов, но и для развития полезной термофильной микрофлоры. Для этого субстрат плотно набивают в емкости и выдерживают залитым кипятком в течение 10–12 часов.

Для наращивания массы мицелия на дно полиэтиленового мешка помещают охлажденный субстрат слоем 7–8 см и выравнивают его. Сверху, слоем в 3 см, укладывают белый плотно утрамбованный мицелий гриба. Затем поочередно укладывают и уплотняют слой субстрата и мицелия толщиной до 15 см. Последним должен быть слой субстрата. Все содержимое мешка уплотняют, завязывают шпагатом и ставят вертикально. Протыкают мешок чистым гвоздем (размером 120–150 мм) по всей его поверхности, чтобы не застаивалась и вытекала жидкость.

Температура в производственном помещении контролируется автоматически и поддерживается на уровне 12–26 °С.

Через 3–5 суток после инокуляции на поверхности субстрата становится заметным разрастание беловатого мицелия, что свидетельствует о начале созревания субстрата, общая продолжительность которого составляет 10–15 суток. В этот период температура в помещении не должна превышать 28 °С, а влажность воздуха должна быть высокой (90–95%).

Перевод на плодоношение. Побелевший субстрат дополнительно выдерживают в мешках 5–6 суток при температуре +3...+5 °С, за это время он созревает, становится плотным, так называемым «монолитом».

Затем мешки переносят в помещение, где поддерживается температура в пределах +10...+16 °С. В них прорезают отверстия диаметром 3–5 см для образования плодовых тел гриба.

Мешки с мицелием в подвале ставят вертикально на решетчатые стеллажи по три ряда на расстоянии 30–40 см, чтобы было пространство для формирования плодовых тел вешенок. Приблизительно через 10 суток начинается плодоношение [9]. Мешки немного увлажняются (один раз в сутки).



Плодоношение вешенок происходит волнами. Через 2,5–3 недели начинается вторая волна плодоношения. При этом первая волна дает максимум урожая (70%), вторая – 20–25%, третья – 5–10%. При оптимальных условиях выращивания и хорошем субстрате с каждого его 100 кг можно получить 20–40 кг грибов [7, 8].

После окончания уборки урожая второй волны мешки с монолитами выносят из помещения, делают санитарную обработку и заново новую партию мешков на плодоношение.

Вешенки обладают высоким индексом аккумуляции тяжелых металлов, особенно таких, как ртуть, кадмий, свинец и мышьяк. Поэтому употребление в пищу даже хорошо известных съедобных грибов, набранных в местах с нездоровой экологической обстановкой, может привести к отравлению. В связи с чем на втором этапе исследований проводили оценку токсикологической безопасности культивируемых грибов в сравнительном аспекте с «дикими». Результаты исследований представлены в таблице 1.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о достаточно низких концентрациях техногенных токсикантов в культивируемой продукции. Так, содержание свинца в вешенках составило 0,23 мг/кг, кадмия – 0,008 мг/кг, мышьяка – менее 0,04 мг/кг, ртути – менее 0,00016 мг/кг при норме в несколько десятков раз больше полученных результатов. Содержание таких тяжелых металлов, как кадмий, мышьяк и ртуть в грибах, произрастающих в лесном массиве Увельского района, оказалось в 5, 3 и 280 раз выше соответственно, чем в вешенках, поставляемых на рынок из ООО «Кристалл». По содержанию свинца «дикие» вешенки превысили ПДК, установленную требованиями СанПиН 2.3.2.1078-01, на 14%.

Пестициды – вещества химического и биологического происхождения, применяемые для уничтожения насекомых, грызунов, возбудителей болезней растений. Содержание ДДТ и его метаболитов, а также гексахлорциклогексана в вешенках производства ООО «Кристалл» составило менее 0,005 и 0,001 мг/кг соответственно, что ниже ПДК в 20 и 500 раз. Установленные концентрации аналогичных пестицидов в «диких» грибах, хотя и были в пределах нормы, но в 4 и 12 раз превосходили содержание в культивируемых вешенках.

Содержание цезия-137 в грибах, выращенных в регулируемой среде, было в 33 раза ниже, чем грибах, произрастающих в природных условиях; стронция-90 – в 70 раз ниже.

Проведенные исследования подтверждают экологическую безопасность субстрата, используемого для выращивания грибов, и токсикологическую безопасность самой продукции – вешенок, культивируемых в искусственных условиях.

Выводы

Каждый цикл производства вешенок, культивируемых в условиях ООО «Кристалл», осуществляется при строгом соблюдении температурного, влажностного, светового режимов. За год предприятие осуществляет 5–6 циклов производства высококачественных грибов. Ввиду повышенной техногенной нагрузки на окружающую среду, съедобные грибы, произрастающие в природных условиях лесных массивов Челябинской области, зачастую не соответствуют по содержанию токсичных элементов и радионуклидов требованиям, установленных СанПиН 2.3.2.1078-01.

Рекомендации

В период плодоношения грибов температуру в помещении рекомендуется понижать до

Таблица 1 – Показатели безопасности исследуемых грибов

Показатель	Норма по СанПиН 2.3.2.1078-01	Результаты исследований	
		культивируемые вешенки	«дикие» вешенки
<i>Токсичные элементы, мг/кг</i>			
Свинец	не более 0,5	0,23±0,09	0,57±0,05
Кадмий	не более 0,1	0,008±0,003	0,041±0,007
Мышьяк	не более 0,5	менее 0,04	0,12±0,02
Ртуть	не более 0,05	менее 0,00016	0,045±0,003
<i>Пестициды, мг/кг</i>			
ДДТ и его метаболиты	не более 0,1	менее 0,005	0,023±0,002
ГХЦК (α, β, γ-изомеры)	не более 0,5	менее 0,001	0,012±0,002
<i>Радионуклиды, Бк/кг</i>			
Цезий-137	не более 500	4,0±0,02	130,6±5,2
Стронций-90	не более 50	0,4±0,01	28,2±1,5

12–15 °С, не допуская снижения влажности, и включать систему освещения, особенно в первые 5–6 суток. При недостаточном освещении изменяется соотношение размеров шляпки и ножки; при избыточном содержании в атмосфере камеры углекислого газа грибы вырастают деформированными, резко снижается грибной аромат. Нельзя использовать в кулинарных и медицинских целях грибы, собранные в зонах повышенной радиации, неподалеку от промышленных предприятий, а также в районах свалок, в городских парках и скверах.

Список литературы

1. Бердышев С. Н. Грибы. М. : Мир книги, 2003. 191 с.
2. Ильина Т. А. Грибы. Атлас-определитель. М. : Эксмо, 2014. 256 с.
3. Все о съедобных грибах: атлас-справочник. Bestiary, 2013. 128 с.
4. Deacon J. W. Modern Mycology. Oxford, Blackuell Scince, 1997. 303 p.
5. Bartnicki-Garcia S. Cell wall chemistry, morphogenesis and taxonomy of fungi // Ann Rev. Microbiol. 1968. № 22. P. 87–108.
6. Экспертиза грибов : учеб.-справ. пособие / И. Э. Цапалова, В. И. Бакайтис, Н. П. Кутафьева, В. М. Позняковский. Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2002. 256 с.
7. Промышленная микология : монография / В. А. Галынкин, Н. А. Заикина, И. В. Миндукшев, Н. А. Орлова. СПб. : Изд-во СПХФА, 2003. 220 с.
8. Дудка И. А., Бисько Н. А., Билай В. Т. Культивирование съедобных грибов. Киев : Урожай, 1992. 158 с.
9. Копыльцов С. В. Создание исходного материала для селекции гибридных штаммов *Pleurotus (Fr.) P. Kumm* на основе метода отбора гаплотипов с повышенной активностью лакказ : дис. ... канд. биол. наук. Краснодар, 2009. 127 с.
10. Гертман А. М. Незаразная патология крупного рогатого скота в техногенных провинциях Южного Урала и способы ее коррекции : дис. ... д-ра вет. наук. Казань, 2005. 427 с.
11. Грибовский Г. П., Грибовский Ю. Г., Плохих Н. А. Биогеохимические провинции Урала и проблемы техногенеза // Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы. М. : Наука, 2003. 362 с.
12. Таирова А. Р. Содержание тяжелых металлов во внешней природной среде СХП «Озерное» // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, животноводства, товароведения, общественности и подготовки кадров на Южном Урале : матер. межвуз. науч.-практ. конф. (19–20.03.98). УГИВМ. 1998. Ч. 1. С. 113–114.
13. Семенец Н. Н. Видовая зависимость поглощения кормовыми культурами тяжелых металлов в зоне экологического неблагополучия // Перспективные направления научных исследований молодых ученых, специалистов Урала и Сибири : матер. V науч.-практ. конф. Троицк : УГАВМ, 2001. С. 84–85.
14. Башкин В. Н., Галиулин Р. В., Галиулина Р. А. Геоэкологическая оценка путей поступления канцерогенных веществ в окружающую среду // Экология и промышленность России. 2009. № 3. С. 55–57.
15. Иванов Д. В. Радиологические исследования уровней облучения жителей Уральского региона методом ЭПР дозиметрии : дис. ... канд. физ.-мат. наук. Екатеринбург, 2005. 147 с.
16. Ярмошенко И. В., Коньшина Л. Г., Лежнин В. Л. Анализ отдаленных эффектов облучения населения северной части Восточно-Уральского радиоактивного следа // Гигиена и санитария. 2009. № 3. С. 49–51.
17. Шагина Н. Б. Разработка половозрастной модели метаболизма стронция для жителей Уральского региона : дис. ... канд. физ.-мат. наук. Челябинск, 2003. 126 с.

Наумова Наталья Леонидовна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии и организации питания, ИЭТиТ ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ).
E-mail: n.naumova@inbox.ru.

Бучель Александр Витаутасович, канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры товароведения продовольственных товаров и ветеринарно-санитарной экспертизы, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».
E-mail: 1515-84@mail.ru.

Чаплинский Вячеслав Валентинович, канд. биол. наук, доцент, зав. кафедрой хранения и переработки сельхоз. сырья, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».
E-mail: pererabotkashp@mail.ru.

* * *

ОЦЕНКА СПЕКТРА ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЕ В ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕ В ФАЗЕ КУЩЕНИЯ

С. И. Силков, В. В. Чаплинский, Ц. В. Прокопов

Анализ содержания токсичных веществ в почве показал, что цинк и кадмий накапливаются в растениях в высоких концентрациях, снижая их качественные показатели. Цель исследования – изучить влияние содержания цинка и кадмия в почве на физико-химический состав и свойства яровой пшеницы в фазе кущения. Дана количественная и качественная оценка накопления токсичных веществ в растениях яровой пшеницы, которые приводят к изменениям химического состава и влияют на качество корма. Высокая степень загрязнения почвы окисью цинка и кадмия приводит к накоплению высокой концентрации этих элементов в вегетативных частях растений яровой пшеницы в начальной фазе развития – кущении. В зависимости от степени загрязнения почвы происходит самосохранение растений за счет защитных барьеров самих растений. Превышение максимально допустимого уровня (МДУ) в яровой пшенице в фазе кущения наблюдалось: по цинку – 6,3–15,9% на вариантах Cd – 2–16 мг/кг, 225,3–517,4% на вариантах Zn – 200–1600 мг/кг; никелю – 3,7–27,0% на вариантах Cd – 200–1600 мг/кг (в 2 раза); по кобальту – 14,8–64,8% на вариантах Cd – 200–1600 мг/кг, 40,7–200,0% на вариантах Zn – 200–1600 мг/кг (в 1,5 раза); по железу – 22,3–85,7% на вариантах Cd – 200–1600 мг/кг (в 3–7 раз); по кадмию на вариантах Cd – 2–16, 200–1600 мг/кг и на вариантах Zn – 200–1600 мг/кг в 20 раз; по хрому – на вариантах Cd – 8–12, 800–1600 мг/кг в 30 раз. Дополнительное загрязнение почвы тяжелыми металлами (ТМ) ведет к резкому увеличению их концентрации в растениях. Для получения продукции растениеводства, свободной от тяжелых металлов, на почвах с повышенным их содержанием необходимо проводить химический анализ почв на содержание каждого из наиболее опасных металлов, подбирать культуры, минимально потребляющие эти элементы; на сильно загрязненных полях выращивать культуры для технической переработки.

Ключевые слова: загрязнение почвы, токсичные вещества, яровая пшеница, тяжелые металлы, цинк, кадмий, медь, свинец, кобальт, железо, качество корма.

Опасность загрязнения почв и растений зависит в первую очередь от вида растений, от форм химических соединений в почве, от присутствия элементов, противодействующих влиянию тяжелых металлов и веществ, образующих с ними комплексные соединения, от процессов адсорбции и десорбции, от количества доступных форм этих металлов в почве и почвенно-климатических условий. Отрицательное влияние вредных веществ, в частности тяжелых металлов, зависит и от их растворимости в почве, а из почвы поступая в растения, передаваясь по цепям питания, они оказывают токсическое действие на растения, животных и человека [1].

Концентрации тяжелых металлов в растениях характеризует степень загрязнения почвы металлами, а также выявляет возможности различных видов растений накапливать металлы из загрязненной почвы [15, 16].

Устанавливаются значимые корреляции между металлами (Cd, Ni, Pb, Zn, Cu, Cr) в обменных фракциях почвы с общей концентрацией металлов в контрольных и опытных образцах зерна пшеницы [15].

Другое исследование показало, что пшеница поглощает широкий спектр тяжелых металлов в различных частях, в разных концентрациях, по отношению к различным поправкам. На

низким уровне толерантность металла в пшенице может быть установлена в основном за счет внутренних механизмов детоксикации [12].

Выращивание культур на или вблизи загрязненных участков может привести к торможению роста растений и накоплению в их тканях тяжелых металлов, в результате чего при попадании таких культур в пищу или корм возможны риски для здоровья людей или скота [14]. Чтобы избежать риска, предельно допустимые концентрации тяжелых металлов в растительных продуктах питания были установлены в Евросоюзе [13].

Тяжелые металлы (свинец, медь, цинк, мышьяк, ртуть, кадмий, хром, алюминий и др.) в микроколичествах необходимы организму и в основном они находятся в активных центрах коферментов, характеризуются переменной валентностью, низкой растворимостью их гидроксидов, высокой способностью образовывать комплексные соединения и, естественно, катионной способностью [1].

Накопление избыточного количества цинка отрицательно влияет на большинство почвенных процессов: вызывает изменение физических и физико-химических свойств почвы, снижает биологическую деятельность. Цинк подавляет жизнедеятельность микроорганизмов, вследствие чего нарушаются процессы образования органического вещества в почвах.

Кадмий, подобно цинку, аккумулируется в гумусовой толще почв. Характер его распределения в почвенном профиле и ландшафте, видимо, имеет много общего с другими металлами, однако, кадмий закрепляется в почвенном профиле менее прочно, чем другие металлы. Максимальная адсорбция кадмия свойственна нейтральным и щелочным почвам с высоким содержанием гумуса и высокой емкостью поглощения. Содержание его в подзолистых почвах может составлять от сотых долей до 1 мг/кг, в черноземах – до 15–30, а в красноземах – до 60 мг/кг. Многие почвенные беспозвоночные концентрируют кадмий в своих организмах. Кадмий усваивается дождевыми червями, мокрицами и улитками в 10–15 раз активнее, чем цинк. Кадмий токсичен для сельскохозяйствен-

ных растений, и даже, если высокие концентрации кадмия не оказывают заметного влияния на урожай сельскохозяйственных культур, токсичность его сказывается на изменении качества продукции, так как в растениях происходит повышение содержания кадмия. Совместное воздействие цинка и кадмия оказывает в несколько раз более сильное ингибирующее действие на микроорганизмы, чем при такой же концентрации каждого элемента в отдельности [1].

Для изучения динамики поступления вредных, токсичных веществ и тяжелых металлов в растения, самовосстановления и самоочищения почвы в наших опытах применялись очень высокие концентрации кадмия, которые реально могут существовать лишь в зонах локального техногенного загрязнения или над рудными месторождениями. В качестве загрязнителей использовались оксиды цинка (ZnO) и кадмия (CdO) в дозах, в несколько раз превышающих предельно-допустимую концентрацию (ПДК) (табл. 1), т.к. эти металлы наиболее часто встречаются в промышленных выбросах, загрязняя значительные площади как сельскохозяйственного, так и другого пользования. Дозы внесения загрязнителей рассчитывались по металлу. Опыты проводились в Сосновском районе Челябинской области (п. Урефты) в звене севооборота: пар – пшеница + донник – донник – гречиха, заложенный в четырехкратной повторности по следующей схеме (дозы ТМ в мг/кг почвы): контроль (без внесения ТМ); Zn – 200, 400, 800, 1200, 1600 мг/кг; Cd – 2, 4, 8, 12, 16, 200, 400, 800, 1200, 1600 мг/кг. Рендомизация проведена по металлам, дозы металлов размещались систематически. Опыт состоял из 216 делянок, размер каждой делянки 4 м² (2×2), общая площадь под опытом – 1150,5 м². Основной объём почвенных и растительных анализов выполняли по общепринятым методикам и стандартам с учетом данных таблиц 1 и 2.

В таблице 2 представлены данные по нормированию содержания тяжелых металлов в растениях.

Содержание тяжелых металлов в сельскохозяйственных растениях может превышать МДУ, при выращивании на почвах с содержа-

Таблица 1 – Предельно-допустимые концентрации (ПДК) некоторых тяжелых металлов в продукции растениеводства [2]

Продукт	Предельно допустимые концентрации в продуктах питания (мг/кг)								
	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Sn	Hg	Pb	Sb
Зерно	0,2	0,5	10,0	50,0	0,03	–	0,03	0,3	0,1



ем их ниже МДУ. Это отмечено в работе [4] на примере таких растений, как пшеница, ячмень, кукуруза и луговые травы. При этом основная масса тяжелых металлов концентрируется в наземных частях растений на незагрязненных почвах (табл. 3) отчуждается с урожаем, а часть их концентрируется в корневых системах и вновь поступает в почву при разложении корневых остатков.

При содержании тяжелых металлов в почве выше допустимых норм отмечают повышение поступления указанных металлов в рационы и соответственно в продукцию животноводства, ухудшение качества сельскохозяйственной продукции. Например, в пригородных хозяйствах при содержании в рационе тяжелых металлов – свинца, никеля, хрома в 2–7 раз выше ПДК содержание их в молоке оказалось в 1,25–2 раза выше допустимых норм. В Вологодской области из-за нехватки селена при избытке железа, марганца, кадмия отмечено поступление молока на молокозаводы с низкой титруемой кислотностью. Наличие тяжелых металлов влияет на качество сыра, при этом нарушается технология производства. В частности, ухудшается его вкус, запах становится нечистым, сыр легко крошится, творог становится мажущим.

У овец, разводимых в промышленной зоне Ирака, отмечается депонирование в организме ртути, кадмия и свинца. У пятилетних овец содержание ртути и кадмия в мускулатуре выше МДУ. На ингаляционное поступление этих тяжелых металлов указывали повышенные содержания кадмия и свинца в легких. У овец, разводимых в сельскохозяйственных районах Ирака, содержание тяжелых металлов в тканях и органах оказались в 2–7 раз меньше, чем у животных, разводимых в промышленной зоне [5].

Е. К. Лушников приводит нормативную базу концентрации тяжелых металлов в Нидерландах [5], где установлено три уровня содержания их в почве: А – фоновые концентрации; В – концентрации, указывающие на необходимость проведения дополнительных исследований и мероприятий; С – пороговые концентрации, свидетельствующие о необходимости проведения срочных мер по очистке почв. В таблице 4 представлены эти уровни содержания тяжелых металлов в почве. К механизмам устойчивости растений к действию тяжелых металлов могут быть отнесены: иммобилизация (связывание) металлов компонентами клеточных стенок; транспорт и аккумуляция металлов в вакуоли в виде нерастворимых

Таблица 2 – Нормирование содержания тяжелых металлов в растениях [3]

Элемент	Содержание, мг/кг сухого вещества		
	дефицитное	нормальное	токсичное
Fe	<50	50–240	1000
Mn	<20	25–250	>500
Zn	<20	25–250	>400
Cu	<5	6–15	>20
Pb	–	2–14	–
Co	–	0–2	>100
Ni	–	0–8	>80
Cd	–	0–0,5	>100
Mo	<0,1	0,5–5	>100
Cr	–	0–0,5	>100

Таблица 3 – Содержание тяжелых металлов в растительности на незагрязненных почвах (усредненные данные) [4]

Элемент	Содержание мг/кг сухого вещества	Элемент	Содержание мг/кг сухого вещества
Sr	113,3	Mo	0,88
Mn	104,8	Cd	0,78
Zn	53,3	Sc	0,57
Cu	9,9	Co	0,34
Ni	8,1	Sn	0,18
Pb	4,1	Hg	0,047
Cr	1,3	Fe	100

комплексов с органическими кислотами; снижение транспорта металлов из корней в побеги и мн. др. Связывание тяжелых металлов клеточной стенкой считается важным защитным механизмом от их токсического действия, потому что снижается проникновение тяжелых металлов в протопласт, происходит их аккумуляция в клеточных стенках эпидермы за счет связывания с белками или силикатами [1]. В таблице 5 приведен МДУ химических элементов в кормах для сельскохозяйственных животных.

Результаты исследований получены в лаборатории Центра химизации и сельскохозяйственной радиологии «Челябинский» и обобщены в таблице 6. По данным таблицы 6, содержание Cu выше контрольных данных за исключением вариантов Cd – 8, 200, Zn – 400, Zn – 1200, Zn – 1600, снижение которых происходило на 6,3–32,7%. Повышение происходило на

3,3–32,8%, но при этом не превышало МДУ сочных кормов. Повышение Zn происходило на делянках с дозами внесения Cd – 2–16 мг/кг. Значительное повышение Zn на делянках Zn – 200–1600 мг/кг в 6 раз, при этом превышало МДУ в 5 раз, снижение на делянках Cd – 200–1600 мг/кг по сравнению с контролем незначительное. Содержание Pb превышало контрольные значения на делянках Cd – 200–1600 мг/кг, но не превышало МДУ. Содержание Ni на делянках с дозами внесения Cd 2–16 мг/кг и варьировало от 4,58 до 6,24 мг/кг при контрольном значении 6,25 мг/кг, которое превышало МДУ корма в 2 раза и только доза Zn – 1600 мг/кг была 2,48 мг/кг при уровне МДУ 3,0 мг/кг. Значения Co возрастали по отношению к контролю по мере увеличения дозы внесения загрязнителей. Ниже контроля были варианты Cd – 2–12 мг/кг, но превышали МДУ дозы Zn – 1200–1600 мг/кг.

Таблица 4 – Уровни содержания тяжелых металлов в почве

Металл	Концентрация (мг/кг)		
	Фоновая (А)	Повышенная (В)	Пороговая (С)
Хром	100	250	800
Кобальт	20	50	300
Никель	50	100	500
Медь	50	100	500
Цинк	200	500	3000
Молибден	10	40	500
Кадмий	1	5	20
Олово	20	50	300
Барий	200	400	2000
Ртуть	0,3	2	10
Свинец	50	150	600

Таблица 5 – Временный МДУ некоторых химических элементов в кормах для сельскохозяйственных животных, мг/кг корма [6]

Элемент	Зерно и зернофураж	Грубые и сочные корма	Корне-, клубнеплоды
Ртуть	0,1	0,05	0,05
Кадмий	0,3	0,30	0,30
Свинец	5,0	5,00	5,00
Мышьяк	0,5	0,50	0,50
Медь	30,0	30,0	30,0
Цинк	50,0	50,00	50,00
Железо	100,0	100,00	100,00
Сурьма	0,5	0,50	0,50
Никель	1,0	3,00	3,00
Селен	0,5	1,00	1,00
Хром	0,5	0,50	0,50
Фтор	10,0	20,00	20,00
Йод	2,0	2,00	2,00
Молибден	1,0	2,0	2,0
Кобальт	1,0	1,0	2,0



Значения Fe на вариантах Cd – 2–12, Zn – 400–1600 мг/кг были ниже контрольных, варианты Cd – 200–1600 мг/кг были выше в 2 раза. Все варианты, включая и контроль превышали МДУ железа в 3–7 раз.

Содержание Mn не превышает МДУ корма, и в зависимости от повышения доз загрязнителей происходит его снижение по сравнению с контрольным вариантом, но на вариантах Cd – 1200–1600 и Zn – 200–400 мг/кг происходит некоторое превышение контроля.

Стронций Sr являясь радиоактивным элементом, подавляется тяжелыми металлами и при внесении в почву высоких доз цинка Zn – 1200–1600 происходит его резкое снижение по отношению к контролю. На вариантах с Cd – 2–1600 также происходит снижение содержания стронция. Превышения МДУ корма не наблюдается.

Значения Cd велики, и даже контрольный вариант – 0,56 мг/кг превышает МДУ зеленого корма при значениях 0,3 мг/кг. Многие исследователи [7–11], изучающие симптомы проявления токсичности ТМ на сельскохозяйственные растения и их диагностику, отмечают, что Cd в 2–20 раз токсичнее других металлов. Он в отличие от цинка даже при малых количествах в почве (2,5–5 мг/кг) приводит к превышению ПДК в растениях. С течением времени в почве идет закрепление подвижных соединений металлов, результатом чего является увеличение толерантных концентраций, а также концентраций, приводящих к гибели растений, к сниже-

нию урожаев, что подтверждается сравнением результатов опытов, проводимых длительное время [3, 7, 8]. Увеличение концентрации металла в почве с 2 до 16 мг/кг существенно не изменяет его поступления в вегетативные органы растений, и лишь содержание 200–1600 мг/кг кадмия в почве приводит к резкому усилению его поступления в растения 15,96–27,6 мг/кг.

Содержание Cr при внесении кадмия увеличивается с 7,34 до 16,58 мг/кг. При дозах Zn – 1200–1600 снижается по отношению к контролю (8,9 мг/кг), но в то же время превышает МДУ как на участках с металлами, так и на контрольных вариантах.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Высокая степень загрязнения почвы окисью цинка и кадмия приводит к накоплению высокой концентрации этих элементов в вегетативных частях растений яровой пшеницы в начальной фазе развития – кущении.
2. В зависимости от степени загрязнения почвы происходит самосохранение растений за счет защитных барьеров самих растений.
3. Превышение МДУ в яровой пшенице в фазе кущения наблюдалось по цинку, никелю, кобальту, железу, кадмию, хрому.
4. Дополнительное загрязнение почвы ТМ ведет к резкому увеличению их концентрации в растениях.
5. Для получения продукции растениеводства, свободной от тяжелых металлов, на почвах с повышенным их содержанием необходимо

Таблица 6 – Содержание элементов в яровой пшенице (фаза – кущение)

Вариант	Содержание в мг-кг									
	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Fe	Mn	Sr	Cd	Cr
Контроль	5,14	40,23	1,18	6,25	0,54	381,6	36,34	11,47	0,56	8,90
Cd – 2	6,77	42,77	1,40	6,24	0,49	379,0	33,16	9,61	2,30	7,34
Cd – 4	5,77	42,69	0,57	5,89	0,48	282,5	34,67	9,63	2,45	7,70
Cd – 8	4,82	43,34	0,73	4,55	0,48	267,5	27,49	8,77	2,59	9,31
Cd – 12	5,41	49,84	0,56	4,93	0,53	287,8	32,86	7,84	2,70	9,65
Cd – 16	5,12	46,65	0,99	4,58	0,60	272,5	34,0	8,94	2,73	8,28
Cd – 200	4,81	38,50	1,61	6,48	0,62	537,9	36,08	10,67	15,96	8,36
Cd – 400	5,22	35,86	1,35	6,50	0,61	466,9	34,10	7,26	22,99	8,27
Cd – 800	6,44	37,85	1,79	7,94	0,72	630,5	35,60	9,21	26,42	13,43
Cd – 1200	6,83	38,54	1,99	7,0	0,89	708,9	39,42	10,10	27,41	16,21
Cd – 1600	7,66	36,11	2,24	6,38	0,78	683,2	31,96	8,20	27,60	16,58
Zn – 200	5,31	130,90	1,34	4,58	0,76	487,2	40,50	3,16	0,95	3,63
Zn – 400	4,77	138,90	0,99	3,60	0,69	358,8	40,50	2,44	0,57	5,94
Zn – 800	5,64	174,30	0,97	3,89	0,74	383,3	34,86	2,42	1,31	5,36
Zn – 1200	3,75	161,52	1,39	3,18	1,02	355,8	27,82	3,64	1,55	4,82
Zn – 1600	3,46	248,40	1,56	2,48	1,62	315,9	30,56	6,05	2,44	7,99
МДУ	30,00	50,00	5,00	3,00	1,00	100,00	100,00	41,57	0,30	0,50

проводить химический анализ почв на содержание каждого из наиболее опасных металлов, подбирать культуры, минимально потребляющие эти элементы; на сильно загрязненных полях выращивать культуры для технической переработки.

Список литературы

1. Устойчивость растений к тяжелым металлам / А. Ф. Титов, В. В. Таланова, Н. М. Казнина, Г. Ф. Лайдинен ; отв. ред. Н. Н. Немова ; Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2007. 172 с.
2. СанПиН 2.3.2.1078-01 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов.
3. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск : Наука, 1991. 151 с.
4. Сравнительное изучение содержания тяжелых металлов в лесных, луговых и пахотных почвах лесостепного Зауралья / В. П. Фирсова, Т. С. Павлова, В. В. Тощев, Е. В. Прокопович // Экология. 1997. № 2. С. 96–101.
5. Лушников Е. К. Клиническая токсикология. М. : Медицина, 1990. 365 с.
6. СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения.
7. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л. : Агропромиздат, 1987. 142 с.
8. Мухаматнуров М. М. Техногенное загрязнение сельхозугодий тяжелыми металлами // Вестник ЧГАУ. 2002. Т. 37. С. 105–110.
9. Ищенко Г. С., Бутник А. С., Афанасьева Т. Ф. Оценка совместного загрязнения урожая пшеницы свинцом, кадмием, стронцием-90 и цезием-137 // Агрохимия. 1995. № 6. С. 99–103.
10. Первунина Р. И., Зырин Н. Г. Миграция соединений кадмия в модельном агробиоценозе // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах : труды II Всесоюзн. совещания. Л. : Гидрометеиздат, 1980. С. 182–191.
11. Влияние внесения водорастворимых солей свинца, кадмия и меди на их поступление в растения и урожайность некоторых сельскохозяйственных культур / В. Страд [и др.] // Агрохимия. 1991. № 4. С. 76–83.
12. Bose S., Bhattacharyya A. K. Heavy metal accumulation in wheat plant grown in soil amended with industrial sludge. Chemosphere, 70, 2008, p. 1264–1272.
13. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants of foodstuffs. Official Journal of the EU, L364, 20.12.2006.
14. Gisbert C. et al. Tolerance and accumulation of heavy metals by Brassicaceae species grown in contaminated soils from Mediterranean region of Spain. Environmental and Experimental Botany, 56, 2006, p. 19–27.
15. Jamali M. K. et al. Heavy metal accumulation in different varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in soil amended with domestic sewage sludge. Journal of Hazardous Materials, 164, 2009, p. 1386–1391.
16. Singh R. et al. Accumulation and translocation of heavy metals in soil and plants from fly ash contaminated area. Journal of Environmental Biology, July 2010, p. 421–430.

Силков Сергей Ильич, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет». E-mail: pererabotkashp@mail.ru.

Чаплинский Вячеслав Валентинович, канд. биол. наук, зав. кафедрой «Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет». E-mail: pererabotkashp@mail.ru.

Прокопов Цветко Велчев, д-р, доцент кафедры «Инженерная экология», Университет пищевых технологий, г. Пловдив, Болгария. E-mail: tsvetko_prokopov@abv.bg.

* * *

УДК 619 : 615.272.07 : 636.52/.58-053.2

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛИТИЙСОДЕРЖАЩИХ
ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА СОСТОЯНИЕ ПРООКСИДАНТНОЙ
И АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМ ОРГАНИЗМА ЦЫПЛЯТ
ПРИ ДЕБИКИРОВАНИИ****Д. Е. Аносов, А. В. Мифтахутдинов**

Негативными последствиями при дебикировании цыплят мясных кроссов являются стрессы, кровотечения, повышенный отход и задержка в развитии. Для снижения отхода и профилактики стресса при дебикировании цыплят нами разработан способ, включающий использование витамина К и разработанных фармакологических композиций СПАО-комплекс и СМ-комплекс по следующей схеме: СМ-комплекс с рождения и до десятисуточного возраста ежедневно с водой в дозе 300 мг/кг массы тела в течение первых семи суток жизни цыплят, СПАО-комплекс в дозе 240 мг/кг массы тела с водой, по схеме за 2 суток до дебикирования, в день дебикирования и в течение 2 суток после операции и витамин К с кормом в дозе 100 мг на одного цыпленка ежедневно в течение 4 дней, начиная применение за три дня до дебикирования. В работе изучено воздействие дебикирования на состояние прооксидантной и антиоксидантной систем организма цыплят и дана сравнительная оценка степень влияния на уровень окислительных модификаций белков и церулоплазмينا, предлагаемых фармакологических способов, снижения негативных последствий дебикиации цыплят. Наибольший отход цыплят после дебикирования отмечается в контрольной группе, где сохранность цыплят за изучаемый период составляет 98,34%, что на 0,7% ниже, чем в группе, где применяли цитрат лития, и на 1,24% ниже, чем при использовании предлагаемой схемы. Цитрат лития обладает выраженным антистрессовым действием, не включающим прямую стимуляцию антиоксидантной системы организма и антигеморрагическое действие, что делает его менее эффективным при профилактике стресса, вызываемого дебикированием цыплят. Предлагаемый способ более эффективен при дебикировании цыплят за счет адаптогенного и противогеморрагического действия применяемых фармакологических средств и позволяет эффективно профилактировать стресс, снизить отход цыплят, повысить среднесуточный прирост массы тела, обладает высокой антиоксидантной активностью, проявляющейся в прямой стимуляции выработки церулоплазмينا и меньшей индукции окислительных модификаций белков.

Ключевые слова: стресс цыплят, дебикирование, окислительные модификации белков, церулоплазмин, СМ-комплекс, СПАО-комплекс, витамин К.

Введение

Дебикирование является важным приемом, позволяющим профилактировать развитие каннибализма и расклев у кур [1]. Негативным последствием дебикирования являются стрессы, кровотечения, повышенный отход и задержка в развитии. При этом при выращивании ремонтного молодняка на фоне технологии, включающей ограниченное кормление, задержка в развитии может не проявляться в виде отставания в росте, что приводит впоследствии к снижению продуктивности и фертильности родительского стада. Стрессы, перенесенные в ранние периоды жизни птицы, способны существенно

снизить будущую продуктивность и активность иммунной системы птиц [2, 3]. Для профилактики стрессов в птицеводстве применяются антистрессовые фармакологические средства, способные предотвратить развитие стрессовых реакций или же способствующих скорейшей адаптации организма [4].

Среди всех отрицательных последствий, формирующихся при дебикировании цыплят, нами выделены основные: геморрагии, стресс, развивающийся вследствие болевого воздействия и манипуляции с птицей, отдаленные последствия в виде снижения аппетита, активности иммунной системы и гибель цыплят

с признаками слабого развития. Учитывая вышеизложенное для нивелирования отрицательных последствий при дебикировании цыплят нами разработана схема, включающая фармакологическую профилактику стрессов и влияющая на основные звенья, приводящие к повышенному отходу и снижению качества ремонтного молодняка. Схема предполагает использование витамина К и разработанных фармакологических композиций СПАО-комплекс и СМ-комплекс.

При исследовании молекулярных механизмов отрицательного действия стресс-факторов на сельскохозяйственную птицу свободнорадикальная теория стрессов получила наибольшее развитие в последние годы [5, 6]. Процессы перекисного окисления значительно активируются в условиях стресса [7]. Смещение прооксидантно-антиоксидантного равновесия является одним из первых неспецифических звеньев в развитии стресс-реакции и может служить пусковым механизмом серии адаптационных реакций организма. Продукты липопероксидации могут являться как индукторами, так и первичными медиаторами стресса [8]. В условиях оксидативного стресса окислительной модификации подвергаются важнейшие биомолекулы клетки и в первую очередь белки, «окислительная модификация белков» или «карбонильный стресс» является важнейшим маркером прооксидантных процессов в организме [9–11].

В связи с этим была поставлена цель – изучить воздействие дебикирования на состояние прооксидантной и антиоксидантной систем организма цыплят и оценить степень влияния на эти системы, предлагаемых фармакологических способов, снижения негативных последствий дебикиции цыплят.

Материалы и методы

Дебикирование проводили в возрасте 6 суток ремонтным цыплятам кросса ISA F15, содержащихся в условиях напольной технологии. Для обрезки клюва использовали автоматические дебикеры фирмы Verschuuren (Голландия). В каждой группе было по 15133 ± 607 цыплят.

Цыплята первой группы получали с водой с рождения и до десятисуточного возраста ежедневно препарат СМ-комплекс в дозе 300 мг/кг массы тела, препарат СПАО-комплекс с водой в дозе 240 мг/кг массы тела, по схеме за 2 суток до дебикирования, в день дебикирования и в течение 2 суток после операции и витамин К с кормом в дозе 100 мг на одного цыпленка еже-

дневно в течение 4 дней, начиная применение за три дня до дебикирования.

Цыплятам второй группы с водой применяли цитрат лития (ЦЛ) в соответствии со способом, описанным в работах научной школы профессора С.Н. Преображенского в дозе 25 мг/кг массы тела, в течение 3 суток до дебикирования и 3 суток после него [12]. Цыплята третьей группы служили контролем и препараты им не применялись.

Для оценки стресс-индуцированных повреждений в организме цыплят изучали окислительную модификацию белков (ОМБ) по методу Е.Е. Дубининой с соавт., 1995 в плазме крови кур [13]. Определение церулоплазмينا в плазме крови проводили по модифицированному методу Ревина (С.В. Бестужева, В.Г. Колб, 1976) [14].

Данные в таблицах представлены в виде средней с указанием среднеквадратичного отклонения. Для анализа статистической значимости межгрупповых отличий использовался однофакторный дисперсионный анализ с использованием апостериорного критерия наименьшей значимой разницы (Statistica 10).

Результаты и обсуждение

СПАО-комплекс (стресс-протектор антиоксидант) – фармакологический комплекс, разработанный на кафедре физиологии и фармакологии Южно-Уральского государственного аграрного университета, в своем составе содержит активный водорастворимый комплекс, включающий лимоннокислую соль лития, витамины, витаминоподобные и другие вещества, оказывающие влияние на метаболизм.

СМ-комплекс (стимулятор метаболизма) – водорастворимый фармакологический комплекс, включает активный метаболический комплекс для стимуляции роста и развития цыплят [15], применяется с рождения и до 7–10 суточного возраста. Схема фармакологической поддержки адаптационных систем цыплят при дебикировании предусматривает обязательное введение с кормом витамина К в высокой дозе – 100 мг на одного цыпленка ежедневно по схеме за 2–3 суток до дебикирования, в день дебикирования и в течение 1–2 суток после дебикирования.

Основные производственные показатели, характеризующие эффективность профилактической работы при дебикировании – сохранность и прирост массы тела цыплят представлены в таблице 1.

Наибольший отход цыплят отмечается в контрольной группе, сохранность цыплят



за изучаемый период составляет 98,34%, что на 0,7% ниже, чем в группе, где применяли цитрат лития и на 1,24% ниже, чем при использовании предлагаемой схемы фармакологической профилактики стресса при дебикировании.

Основная причина гибели цыплят в контрольной группе и группе, где применяли цитрат лития, – это кровотечения, наблюдаемые после дебикирования, которые диагностируются в виде сгустков крови в зобе. На второй неделе жизни основной отход связан с гибелью цыплят с признаками слабого развития. Основная причина гибели цыплят в опытной группе не связана с дебикированием и включает в первую неделю жизни признаки эмбриональной дистрофии, перитониты и воспаление желточного мешка, на вторую неделю это дис-

трофии различного генеза и мочекислый диатез. Все эти патологические явления, обуславливающие гибель цыплят, обнаруживаются и у цыплят второй, и третьей групп в том же соотношении.

В контрольной группе сохраняется линейная динамика увеличения массы тела и среднесуточных приростов, что свидетельствует об отсутствии развития хронических стрессов. Наиболее высокие приросты массы тела цыплят и соответствие стандарту наблюдаются в группе, где для профилактики стрессов применяли предлагаемый способ профилактики по сравнению с применением цитрата лития.

До проведения дебикирования отмечается статистическое равенство показателей ОМБ и церулоплазмينا (табл. 2 и 3).

Таблица 1 – Сохранность и масса тела цыплят, %

Возраст цыплят	Группы											
	1 Опыт				2 ЦЛ				3 Контроль			
	П, гол	С, %	МТ, г	ССП, г	П, гол	С, %	МТ, г	ССП, г	П, гол	С, %	МТ, г	ССП, г
7 суток	67	99,58	117,7	11,1	139	99,04	108,6	9,8	253	98,34	93,9	7,7
14 суток	12	99,50	233,2	13,8	37	98,78	205,2	11,8	40	98,08	194,0	11,0
21 сутки	3	99,48	363,4	15,4	9	98,72	340,3	14,3	14	97,99	321,4	13,4

Примечание: П – падеж; С – сохранность; МТ – масса тела курочек; ССП – среднесуточный прирост массы тела курочек.

Таблица 2 – ОМБ в плазме крови цыплят, ммоль/г

Показатели	Группы		
	1 Опыт	2 ЦЛ	3 Контроль
ОМБ до дебикирования	27,52±6,40	27,46±7,71	39,36±9,48
	$P_1 = 0,1033$	$P_2 = 0,1013$	
	$P_3 = 0,9999$		
ОМБ через 1,5–2 часа после дебикирования	68,2±12,02	75,8±14,88	138,61±34,94
	$P_1 = 0,0015$	$P_2 = 0,0036$	
	$P_3 = 0,8754$		
ОМБ через 1 сутки после дебикирования	76,5±11,12	160,0±12,19	232,84±76,54
	$P_1 = 0,0005$	$P_2 = 0,0750$	
	$P_3 = 0,0397$		
ОМБ через 7 суток после дебикирования	35,32±4,12	43,84±7,07	55,10±7,50
	$P_1 = 0,0014$	$P_2 = 0,051$	
	$P_3 = 0,1523$		
	$P_1 = 0,0006$	$P_2 < 0,0001$	
$P_3 = 0,0345$			

P_1 – при сравнении 1 группы с контрольной;

P_2 – при сравнении 2 группы с контрольной;

P_3 – при сравнении 1 и 2 группы.

Через 1,5–2 часа наблюдается повышение показателя ОМБ во всех группах, наиболее выраженное в контрольной группе. Значение показателя в первой и второй группах статистически равнозначно, что свидетельствует о высокой антистрессовой активности изучаемых схем профилактики (табл. 2). В указанный период происходит повышение уровня церулоплазмينا во всех группах, наиболее выраженное у цыплят, которым применяли фармакологические препараты. Статистические различия между первой и второй группами отсутствуют.

Через сутки после дебикирования наблюдается дальнейшее повышение показателя ОМБ и церулоплазмينا (табл. 2). ОМБ в первой группе находится на уровне статистической достоверности $P = 0,0424$, во второй группе $P = 0,0007$. В контрольной группе происходит стабилизация показателя на уровне $P = 0,0866$. При сравнении первой и второй групп наиболее низкие значения ОМБ и наиболее высокие концентрации церулоплазмينا наблюдаются через сутки после дебикирования в группе, где использован предлагаемый метод, что свидетельствует о его высокой антистрессовой и антиоксидантной активности.

Через 7 суток после проведения дебикирования различия величины ОМБ не выражены в плазме крови цыплят между группами, где применяли способ, взятый в качестве прототипа и предлагаемым способом. В сравнении с контрольными показателями наблюдается статистически выраженная разница, наблюдаемая в виде более низких значений показателя ОМБ в группах, где применялась фармакологическая

профилактика стрессов. Концентрация церулоплазмينا в этот период в первой и второй группах соответствуют исходным значениям, статистическая разница на уровне показателя достоверности $P = 0,0951$ и $P = 0,082$ соответственно. В контрольной группе уровень церулоплазмينا остается выше исходных значений и отмечается разница на уровне статистической достоверности $P = 0,0124$, что опираясь на значения показателей соотношения ОМБ свидетельствует о развитии хронического стресса и в случае нарушения условий кормления и содержания цыплят может в дальнейшем усугубить течение адаптационного процесса, став причиной развития стадии истощения.

Сопоставительный анализ воздействия предлагаемой фармакологической схемы и цитрата лития позволяет сделать вывод, что предлагаемый способ более эффективен при дебикировании цыплят за счет адаптогенного и противогеморрагического действия применяемых фармакологических средств.

Основным механизмом, обеспечивающим антистрессовое действие цитрата лития, является взаимодействие лития с ионами натрия, магния, кальция, калия, изменение обмена норадреналина и серотонина и блокирование развития гиперчувствительности рецепторов мозга к биогенным аминам. Механизм действия СПАО-комплекс основан на том, что антистрессовый эффект цитрата лития усиливается путем включения дополнительных компонентов, обладающих выраженным антиоксидантным и антистрессовым воздействием, позволяя добиться потенцирования антистрессового и анксиоли-

Таблица 3 – Концентрация церулоплазмينا в плазме крови цыплят, мг/л

Показатели	Группы		
	1 Опыт	2 ЦЛ	3 Контроль
Церулоплазмин через 1,5–2 часа после дебикирования	24,92±3,511	23,48±1,348	15,98±1,814
	$P_1 = 0,0003$	$P_2 = 0,0013$	
	$P_3 = 0,6503$		
Церулоплазмин через 1 сутки после дебикирования	46,28±1,25	36,92±3,79	18,70±1,37
	$P_1 < 0,0001$	$P_2 < 0,0001$	
	$P_3 = 0,0002$		
Церулоплазмин через 7 суток после дебикирования	9,58±0,763	7,38±0,844	13,48±1,651
	$P_1 = 0,0006$	$P_2 < 0,0001$	
	$P_3 = 0,0345$		

P_1 – при сравнении 1 группы с контрольной

P_2 – при сравнении 2 группы с контрольной

P_3 – при сравнении 1 и 2 группы.



тического действия и предупредить развитие неконтролируемого образования свободных радикалов, что обуславливает снижение применяемой дозы цитрата лития и позволяет эффективно профилактировать технологические стрессы в птицеводстве.

Окисление белков является надежным маркером окислительных повреждений, так как образование карбонильных производных происходит быстрее, чем продуктов перекисного окисления липидов, и они являются более стабильными, ОМБ имеет высокое диагностическое значение при различных патологиях, в том числе и при стресс-индуцированных нарушениях. Церулоплазмин, являясь белком острой фазы, считается одним из важных диагностических индикаторов активности антиоксидантной системы защиты организма (АОА) и позволяет уже в течение часа после действия стресс-фактора судить об активности АОА [16]. Результаты исследований подтверждают прямое антиоксидантное воздействие предлагаемой схемы профилактики стресса при дебикировании и опосредованное воздействие цитрата лития, включающее общее антистрессовое воздействие без стимуляции антиоксидантной системы организма.

Отдельные компоненты СМ-комплекса оказывают влияние на общий метаболизм, обладают адаптогенными свойствами и позволяют сформировать механизм, способствующий компенсации энергетических затрат организма, существенно возрастающих при развитии стрессов. Витамин К, принимая участие в образовании протромбина, оказывает непосредственный антигеморрагический эффект и позволяет снизить отход цыплят в результате кровотечений.

Выводы

1. Цитрат лития обладает выраженным антистрессовым воздействием, не включающим прямую стимуляцию антиоксидантной системы организма и антигеморрагическое действие, что делает его менее эффективным при профилактике стресса, вызываемого дебикированием цыплят.

2. Способ профилактики стресса, развивающегося после дебикирования цыплят в 5–6 сточном возрасте включающий использование фармакологических композиций СМ-комплекс с рождения и до десятисуточного возраста ежедневно с водой в дозе 300 мг/кг массы тела в течение первых семи суток жизни цыплят и СПАО-комплекс в дозе 240 мг/кг массы тела с водой, по схеме за 2 суток до дебикирования, в день дебикирования и в течение 2 суток

после операции и витамин К с кормом в дозе 100 мг на одного цыпленка ежедневно в течение 4 дней, начиная применение за три дня до дебикирования, позволяет эффективно профилактировать стресс, снизить отход цыплят, повысить среднесуточный прирост массы тела, обладает высокой антиоксидантной активностью, проявляющейся в прямой стимуляции выработки церулоплазмينا и меньшей индукции окислительных модификаций белков.

Список литературы

1. Кавтарашвили А. Ш., Колокольникова Т. Н. Физиология и продуктивность птицы при стрессе (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2010. № 4. С. 25–37.
2. Фисинин В. И., Сурай П. Первые дни жизни цыплят: от защиты от стрессов к эффективной адаптации // Птицеводство. 2012. № 2. С. 11–15.
3. Фисинин В. И., Сурай П. Микотоксины и антиоксиданты: непримиримая борьба (Т-2 токсин – метаболизм и токсичность) // Птица и птицепродукты. 2012. № 3. С. 38–41.
4. Фисинин В. И., Папазян Т., Сурай П. Инновационные методы борьбы со стрессами в птицеводстве // Птицеводство. 2009. № 8. С. 10–14.
5. Стрессы и стрессовая чувствительность кур в мясном птицеводстве. Диагностика и профилактика / В. И. Фисинин [и др.]. Троицк : УГАВМ, 2013. 215 с.
6. Utrera M., Estévez M. Oxidative damage to poultry, pork, and beef during frozen storage through the analysis of novel protein oxidation markers // J Agric Food Chem. 2013. № 21(33). p. 7987–7993.
7. Панин Л. Е. Биохимические механизмы стресса. Новосибирск : Наука, 1983. 233 с.
8. Барабой В. А. Механизмы стресса и перекисное окисление липидов // Успехи современной биологии. 1991. Т. 111. Вып. 6. С. 923–932.
9. Дубинина Е. Е. Роль активных форм кислорода в качестве сигнальных молекул в метаболизме тканей при состояниях окислительного стресса // Вопросы медицинской химии. 2001. Т. 47. № 6. С. 561–581.
10. Oxidized proteins as a marker of oxidative stress during coronary heart surgery / Pantke U., Volk T., Schmutzler M., Koh W. J., Sitte N., Grune T. // Free Radic. Biol. Med. 1999. № 27. P. 1080–1086.
11. Huang C. Heat stress impairs mitochondria functions and induces oxidative injury in broiler

chickens / С. Huang, Н. Jiao, Z. Song, J. Zhao, X. Wang, Н. Lin // J. Anim. Sci. 2015. № 93(5). р. 2144–2153.

12. Преображенский С. Н., Евтинов И. А. Коррекция технологических стрессов в птицеводстве солями лития // Ветеринария. 2006. № 11. С. 46–49.

13. Окислительная модификация белков сыворотки крови человека, метод ее определения / Е. Е. Дубинина, С. О. Бурмистров, Д. А. Ходов, И. Г. Поротов // Вопросы медицинской химии. 1995. № 41(1). С. 24–26.

14. Окислительная модификация белков: проблемы и перспективы исследования / Л. Е. Мурав-

лева [и др.] // Фундаментальные исследования. 2010. № 1. С. 18–24.

15. Эффективность стимулятора метаболизма SM-complex при откорме цыплят-бройлеров / А. В. Мифтахутдинов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 12. С. 54–56.

16. Пат. № 2310865. Способ диагностики нарушений перекисного окисления липидов и антиоксидантной активности при стресс-реакции после операций на щитовидной железе / О. С. Олифирова, О. Л. Низельник ; опубл. 20.11.2007.

Аносов Дмитрий Евгеньевич, аспирант кафедры физиологии и фармакологии, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: nirugavm@mail.ru.

Мифтахутдинов Алевтин Викторович, д-р биол. наук, профессор кафедры физиологии и фармакологии, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: nirugavm@mail.ru.

* * *

УДК 636.22/.28 : 612.015.11/.14

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТА ТЕЛОК ПРИ ПЕРВОМ ОСЕМЕНЕНИИ НА ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ КАЧЕСТВА КОРОВ

Д. С. Вильвер, А. С. Вильвер

Изучено влияние возраста первого (плодотворного) осеменения на воспроизводительные качества коров первого отела, а в дальнейшем коров по III лактации. Материалом исследований явились животные черно-пестрой породы, у которых анализировались изученные показатели. Установлено, что по всем исследуемым показателям коровы I группы обладали лучшей воспроизводительной способностью. Коровы II группы в незначительной степени им уступали, а животные III группы имели худшие воспроизводительные качества. Первотелки, а также коровы, несмотря на удлиненный сервис-период, не показали более высокой молочной продуктивности. В результате при проведении селекционно-племенной работы нежелательно осуществлять позднее первое осеменение телок, что в дальнейшем окажет отрицательное влияние на воспроизводительные качества коров.

Ключевые слова: сервис-период, сухостойный период, коровы первого отела, полновозрастные коровы.

Актуальность темы

Повышение интенсификации воспроизводства стада – один из основных путей роста поголовья молочного скота, увеличения производства молока и снижения его себестоимости. Главная задача при воспроизводстве стада – ежегодное получение от каждой коровы жизнеспособного теленка [1–6].

От результатов воспроизводства так же, как и от уровня продуктивности, в большей степени зависит эффективность всего молочного скотоводства. Причина снижения воспроизводительной функции продуктивного поголовья – ухудшение условий кормления и нарушение

технологии содержания, ослабление внимания к профилактике яловости [7–12].

В России повсеместно используются коровы, первый отел которых составляет 27 месяцев. Осеменение телок в возрасте 15–18 месяцев, как правило, способствует формированию животных крепкой конституции, приспособленных к длительному использованию, с лучшей оплодотворяемостью и со сравнительно коротким сервис-периодом [13–15].

В связи с этим целью наших исследований явилась оценка воспроизводительной способности первотелок и коров в зависимости от возраста телок при первом осеменении.

Материалы и методы

Экспериментальная часть исследований проводилась в трех хозяйствах: ОАО Племязавод «Россия» (статус племенного завода), ФГУП «Троицкое» Россельхозакадемии (статус племенного репродуктора) и молочно-товарная ферма ООО «Деметра» Челябинской области. Объектом исследования явились коровы по первому отелу, а в дальнейшем коровы чернопестрой породы, которые содержались при оптимальных условиях кормления и содержания в соответствии с зоотехническими и зоогигиеническими требованиями.

Для проведения исследований животных в опытные группы подбирали с учетом возраста телок при первом осеменении. В первую группу вошли коровы с возрастом первого осеменения 15–16 месяцев, во вторую – с возрастом первого осеменения 17–18 месяцев и в третью – с возрастом первого осеменения 19–20 месяцев.

Показатели воспроизводительной способности первотелок и коров – сервис-период, период плодношения, сухостойный и межотельный периоды – изучали путем анализа данных журналов учета осеменения и отела нетелей и коров, племенных карточек животных. Коэффициент

воспроизводительной способности и выход телят высчитывали расчетным способом [16].

Статистическую обработку данных проводили методом вариационной статистики на ПК с помощью табличного процессора «Microsoft Excel – 2003» и пакета прикладной программы «Биометрия».

Результаты исследований

Результаты проведенных исследований в условиях трех животноводческих предприятий, занимающихся разведением молочного скота, позволяют установить, что возраст первого осеменения оказывает влияние на воспроизводительную способность коров первого отела (табл. 1).

В условиях племенного завода низкий сервис-период отмечался у первотелок II группы – 115 дней. Разница в сторону увеличения сервис-периода с животными I группы составляла 0,9% и III группы – 12,2%. Самым высоким периодом плодношения обладали коровы первого отела III группы, что было выше в сравнении с первотелками I группы на 4,1%, II группы – на 0,4%.

Наиболее высокий коэффициент воспроизводительной способности, который зависит от продолжительности межотельного периода

Таблица 1 – Воспроизводительные качества коров первого отела в зависимости от возраста первого осеменения, $\bar{X} \pm S\bar{X}$

Показатель	Группа		
	I	II	III
ОАО «Племязавод Россия»			
Сервис-период, дней	116±6,2	115±3,3*	131±5,3
Период плодношения, дней	270±4,3	280±3,2	281±5,5
Продолжительность сухостойного периода, дней	61±1,2	61±0,7	60±1,1
Продолжительность межотельного периода, дней	395±7,3*	405±4,5	422±7,0
Коэффициент воспроизводительной способности	0,95±0,02	0,93±0,01	0,90±0,01*
Выход телят, голов	92,8±1,0	93,7±1,8	89,4±1,4
ФГУП «Троицкое»			
Сервис-период, дней	83±14,0	92±13,1	85±16,1
Период плодношения, дней	289±14,8	289±12,9	302±13,0
Продолжительность сухостойного периода, дней	59±9,4	58±5,4	62±7,1
Продолжительность межотельного периода, дней	363±18,1	381±18,0	377±17,2
Коэффициент воспроизводительной способности	1,07±0,12	1,00±0,05	1,00±0,12
Выход телят, голов	93,3±2,5	91,2±3,2	89,6±2,6
ООО «Деметра»			
Сервис-период, дней	77±12,1	80±9,6	83±14,5
Период плодношения, дней	288±7,4	296±13,2	299±6,5
Продолжительность сухостойного периода, дней	55±10,1	57±8,6	62±8,6
Продолжительность межотельного периода, дней	364±29,6	367±21,4	393±20,6
Коэффициент воспроизводительной способности	1,00±0,15	0,99±0,21	0,93±0,18
Выход телят, голов	92,6±2,1	90,3±6,2	89,6±1,5

Примечание: * $p \leq 0,05$.



отмечался у первотелок также I группы – 0,95, в III группе он был достоверно снижен на 5,6% ($p \leq 0,05$).

Меньше всего телят было получено от первотелок с возрастом первого осеменения 19–20 месяцев – 89,4 голов в расчете на 100 голов.

В племенном репродукторе наибольшую продолжительность сервис-периода имели первотелки II группы (возраст первого осеменения 17–18 месяцев) – 92 дня, что больше, чем у животных I группы (возраст первого осеменения 15–16 месяцев) на 9 дней и III группы (возраст первого осеменения 19–20 месяцев) – на 7 дней. По срокам плодношения между группами разного возраста первого осеменения достоверных различий не выявлено.

Одним из основных показателей при оценке животных по воспроизводительным качествам является коэффициент воспроизводительной способности. Наиболее высокий коэффициент воспроизводительной способности составлял у животных I группы (возраст первого осеменения 15–16 месяцев) – 1,07, что было выше по сравнению со II и III группами на 7,0%.

На молочно-товарной ферме наблюдалась та же закономерность по лучшим воспроизво-

дительным качествам у первотелок I группы, что и в племенных хозяйствах.

Было установлено, что самым высоким сервис-периодом отличались коровы первого отела с поздними сроками первого осеменения (III группа), данный показатель был выше по отношению к животным I группы на 7,8% и II группы – на 3,8%.

Коровы первого отела I группы имели превосходство по таким показателям, как период плодношения, продолжительность сухостойного и межотельного периодов (ниже других групп) над первотелками II группы – на 2,7%, 3,5% и 0,8%, а животными III группы – на 3,7%, 11,3% и 7,4% соответственно.

Коэффициент воспроизводительной способности варьировал в зависимости от изучаемого паратипического фактора и с увеличением возраста первого осеменения телок он снижался. Наиболее высокий выход телят наблюдался у первотелок с возрастом первого осеменения 15–16 месяцев (I группа), затем с его повышением данный показатель снижался до 3,3%.

Данные о воспроизводительных качествах полновозрастных коров, содержащихся в условиях разных хозяйств, приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Воспроизводительные качества полновозрастных коров в зависимости от возраста первого осеменения, $\bar{X} \pm S\bar{X}$

Показатель	Группа		
	I	II	III
ОАО «Племзавод Россия»			
Сервис-период, дней	113±6,6	127±4,2	126±5,1
Период плодношения, дней	277±10,0	276±5,9	271±7,7
Продолжительность сухостойного периода, дней	64±1,0	62±0,6	63±0,6
Продолжительность межотельного периода, дней	399±7,7	412±4,7	408±5,8
Коэффициент воспроизводительной способности	0,94±0,02	0,92±0,01	0,92±0,01
Выход телят, голов	94,8±3,4	94,6±2,0	93,6±2,7
ФГУП «Троицкое»			
Сервис-период, дней	77±10,9	83±10,6	81±16,7
Период плодношения, дней	284±11,7	288±6,7	300±11,1
Продолжительность сухостойного периода, дней	58±7,1	58±4,7	60±9,5
Продолжительность межотельного периода, дней	355±8,8	376±11,0	376±17,1
Коэффициент воспроизводительной способности	1,03±0,05	0,97±0,02	0,96±0,04
Выход телят, голов	95,4±2,4	93,7±1,9	92,7±1,2
ООО «Деметра»			
Сервис-период, дней	76±15,6	79±11,4	87±19,6
Период плодношения, дней	284±10,2	294±16,9	299±9,7
Продолжительность сухостойного периода, дней	57±13,6	60±10,4	64±9,1
Продолжительность межотельного периода, дней	361±19,6	366±23,1	399±24,6
Коэффициент воспроизводительной способности	1,01±0,18	1,00±0,27	0,92±0,21
Выход телят, голов	93,4±2,0	91,5±4,1	87,6±2,3*

Примечание: * $p \leq 0,05$.

В ОАО «Племзавод Россия» с возрастом коров незначительно снизился сервис-период. У коров I группы он составлял 113 дней, что ниже в сравнении с коровами II группы на 11,0% и III группы – на 10,3%. По периоду плодоношения между группами существенной разницы зафиксировано не было.

Во II и III группах коэффициент воспроизводительной способности коров находился на одном уровне (0,92), а у полновозрастных коров I группы он был увеличен на 2,1%.

Выход телят в расчете на 100 коров у животных I и II групп находился почти на одном уровне (94,6–94,8 голов).

В племенном репродукторе «Троицкое» сервис-период с возрастом коров существенно снизился – в среднем на 8,8%. Наиболее высокий сервис-период был отмечен у коров II группы (возраст первого осеменения 17–18 месяцев) – 83 дня. У животных I группы он был ниже на 7,8%, а у коров III группы – на 2,5%.

Сухостойный период у коров с возрастом первого осеменения 15–18 месяцев находился на уровне 58 дней, а у коров с возрастом первого плодотворного осеменения 19–20 месяцев он был увеличен на 3,5%.

Наибольший коэффициент воспроизводительной способности также был у коров I группы (возраст первого осеменения 15–16 месяцев) – 1,03. Наиболее низкий коэффициент был отмечен у животных III группы (возраст первого осеменения 19–20 месяцев) – 0,96, что снижено на 7,3%.

В условиях молочно-товарной фермы с возрастом также снижается продолжительность сервис-периода у коров I и II групп на один день, однако у животных III группы произошло заметное увеличение данного показателя – на 4,8%.

По всем исследуемым показателям коровы I группы обладали лучшей воспроизводительной способностью. Коровы II группы в незначительной степени им уступали, а животные III группы имели худшие воспроизводительные качества.

Более высокий сервис-период выявлен у коров III группы, он был выше в сравнении с животными I группы на 14,5% и II группы – на 10,1%.

Выход телят в I группе составлял 93,4 голов на 100 коров, что выше по сравнению с животными II группы на 2,1%, а III группы – на 6,6% ($p \leq 0,05$).

Выводы

Результаты наших исследований показали, что при проведении селекционно-племенной работы нежелательно осуществлять позднее первое осеменение телок, что в дальнейшем окажет отрицательное влияние на воспроизводительные качества коров. Первотелки, а также коровы, несмотря на удлиненный сервис-период, не показали более высокой молочной продуктивности.

Список литературы

1. Вильвер Д. С. Молочная продуктивность коров черно-пестрой породы и взаимосвязь хозяйственно полезных признаков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 1(51). С. 107–109.
2. Вильвер Д. С. Влияние генотипических факторов на хозяйственно полезные признаки коров первого отела // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2015. Т. 13. С. 2051–2055.
3. Мироненко С. И., Косилов В. И., Никонова Е. А. Мясные качества сверхремонтных телок красной степной породы и ее помесей // Стратегия основных направлений научных разработок и их внедрения в животноводстве. Оренбург, 2014. С. 9–13.
4. Sonck B., Daelemans J., Langenakens J. Preference test for free stall surface material for dairy cows // Presented at the July 18 – 21 Emerging Technologies for the 21st Century, Paper No. 994011. ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, MI. 2011. С. 85–89.
5. Daniel Z. Caraviello Length of Productive Life of High Producing Cows // Dairy Updates Reproduction and Genetics. 2009. No. 612. С. 1–8.
6. Stavetska R. V., Babenko E. I. Формування відтворювальної здатності корів у високопродуктивних стадах молочної худоби // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія : сільськогосподарські науки. 2014. Т. 2. № 1. С. 199–205.
7. Горелик О. В., Вильвер Д. С. Взаимосвязь морфофункциональных свойств вымени и воспроизводительных качеств с молочной продуктивностью коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2009. Т. 3. № 23–1. С. 60–62.
8. Вильвер Д. С. Влияние возраста первого осеменения телок на молочную продуктивность // Вестник Челябинского государственного университета. 2008. № 4. С. 159–160.



9. Caraviello D. Z., Weigel K. A., Gianola D. Analysis of the relationship between type traits and functional survival in Jersey cattle using Weibull proportional hazards model // *J. Dairy Sci.* 2010. 86. С. 2984–2989.

10. Seltsov V. I., Sermyagin A. A. Assessment of persistence components of milk from Simmental cows-heifers of different origin // *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences.* 2014. Т. 36. № 12. С. 3–8.

11. Pelekhaty M., Piddubna L., Kucher D. Племінний підбір у відкритій популяції молочної худоби // *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва.* 2012. № 7. С. 94–98.

12. Navturina A. Especially feeding high productive cows of Holstein under syndrome of fatty liver // *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету.* 2011. № 2. С. 162–164.

13. Воспроизводительная функция чистопородных и помесных маток / В. И. Косилов,

С. И. Мироненко, Е. А. Никонова, Д. А. Андриенко // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета.* 2012. Т. 5. № 37–1. С. 83–85.

14. Hansen L. B., Cole J. B., Marx G. D. Body size of lactating dairy cows: results of divergent selection for over 30 years. URL : http://www.funjackals.com/publications/6wecgalp_25035.pdf. 2013.

15. Milostiviy R., Vysokos M. Resistant and productive qualities of the imported Holstein cattle of different origin // *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету.* 2009. № 1. С. 104–106.

16. Вильвер Д. С. Хозяйственно-полезные признаки коров черно-пестрой породы в зависимости от фенотипических факторов : дис. ... канд. с.-х. наук. Троицк : УГАВМ, 2009. 208 с.

Вильвер Дмитрий Сергеевич, канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры генетики и разведения сельскохозяйственных животных, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: dmitriy.vilver@mail.ru.

Вильвер Алексей Сергеевич, магистрант, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: dmitriy.vilver@mail.ru.

* * *

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗНЫХ ДОЗ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПОЗИЦИИ СМ-КОМПЛЕКС ПРИ ОТКОРМЕ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

А. С. Митрохина

Повышение интенсивности бройлерного птицеводства как наиболее динамичной и наукоемкой отрасли может исключить проблему обеспечения населения питательным и относительно дешевым мясом высокого качества. Для увеличения объемов получаемой продукции в птицеводстве необходимо решить задачу повышения сохранности поголовья и снижения затрат корма на единицу прироста живой массы. В связи с этим целесообразно применение средств-стимуляторов роста и развития. Действие существующих фармакологических препаратов направлено на коррекцию кишечной микрофлоры и улучшение усвоения питательных веществ корма. В отличие от них предложенный нами фармакологический комплекс активизирует обмен веществ птицы, тем самым увеличивает конверсию корма в продукцию. В настоящей статье представлены результаты влияния фармакологической композиции СМ-комплекс на динамику живой массы и сохранность цыплят. Исследуемый фармакологический комплекс выпаивали в первые пять суток жизни цыплят стандартным способом через систему медикаторов. Птица первой группы служила контролем и препарат не получала, второй, третьей и четвертой группам цыплят СМ-комплекс задавали по 300 мг препарата с содержанием фармакологически активного комплекса 10, 15, 20% соответственно. Вследствие этого сохранность в опытных группах была выше, чем в контрольной. Во второй группе сохранность превышала контроль на 1,8%, в третьей – на 2,0% и в четвертой – на 2,3%. Масса тела цыплят на убой в опытных группах также превышает этот показатель по сравнению с контрольной группой: во второй – на 1,4%, в третьей – на 4,5%, в четвертой – на 6,6%. Экономическая эффективность применения препарата СМ-комплекс составила 39,9–58,0 рублей на рубль затрат.

Ключевые слова: стимуляторы роста, СМ-комплекс, цыплята-бройлеры, фармакологическая композиция, экономическая эффективность.

Актуальность

Птицеводство – наиболее динамичная и наукоемкая отрасль мирового и отечественного агропромышленного комплекса, занимающая лидирующее положение среди всех отраслей животноводства [1, 2]. Мясо птицы за последние годы стало самым популярным в России по сравнению с другими видами мяса, и его потребление постоянно растет. Это объясняется не только питательностью, но и относительной дешевизной птицеводческой продукции, что делает ее более доступной для широких слоев населения, включая россиян с невысоким уровнем дохода [3]. В ряду ключевых проблем ближайших десятиле-

тий стоит необходимость удовлетворения нужд человечества в продовольствии и прежде всего в белках животного происхождения [4].

Интенсификация птицеводства подразумевает увеличение количества получаемой продукции, выход которой напрямую зависит от кормления и условий содержания поголовья. В настоящий момент в Российской Федерации наблюдается повышение цен на зерно. По словам Г. А. Бобылевой, это привело к увеличению себестоимости продукции на 30% [5]. В свою очередь увеличение себестоимости влечет за собой повышение цен для потребителя, тем самым снижая покупательский спрос.



Для решения данной проблемы производителями мяса птицы используются различные методы снижения себестоимости продукции. Одним из таких методов является использование различных стимуляторов роста. В качестве ростостимулирующих применяются препараты и биологически активные добавки разных фармакологических групп: антимикробные препараты [6], пробиотики [7, 8, 9], органические формы микроэлементов [10], сорбенты на основе природных минералов [11, 12], ферменты [13] и др.

Нами предложен новый фармакологический комплекс, относящийся к группе средств, активирующих метаболизм, предположительно обладающий ростостимулирующей и антистрессовой активностью на организм цыплят.

Цель исследования: изучить влияние фармакологического комплекса СМ на производственные показатели цыплят, а также выявить наиболее экономически целесообразную для применения дозу препарата.

Материалы и методы

Объектом исследования служила опытная партия фармакологической композиции СМ комплекс, разработанной на кафедре физиологии и фармакологии ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет». СМ-комплекс (метаболический комплекс для стимуляции роста и развития цыплят) – метаболическое средство, содержащее активный комплекс витаминов, витаминоподобных веществ и органических кислот.

Комплекс состоит из нетоксичных соединений с синергетическим действием, что позволяет использовать малые дозы для получения фармакологического эффекта. Доклинические исследования на лабораторных животных показали, что фармакологическая композиция СМ-комплекс оказывает стимулирующее влияние на все виды обмена веществ, способствует более эффективному использованию глюкозы, что способствует росту и развитию, особенно в первые дни жизни, и повышает резистентность животных с признаками слабого развития. Комплекс СМ оказывает анаболическое действие и способствует активации метаболизма при гипоксии, нормализует тканевое дыхание и энергетический баланс. По внешнему виду СМ-комплекс представляет собой порошок белого цвета, хорошо растворим в воде при температуре 25–30 °С.

Исследования проводились на базе ЗАО «Здоровая ферма», откормочная площадка «Иша-

лино». В эксперименте использовались цыплята-бройлеры кросса HubbardISAF15 обоих полов в возрасте от рождения до 42 суток. Кормление цыплят осуществляли по технологиям, принятым на предприятии, кормами производства собственного комбикормового завода. Цыплята выращивались в стандартных птичниках, оборудованных клеточным оборудованием. Всего в каждом птичнике использовалось 1152 клетки площадью 1,848 м².

Опытная партия фармакологического комплекса СМ задавалась с первого дня жизни цыплят с водой в течение 5 суток стандартным способом через систему медикаторов (дозаторов лекарственных средств). Цыплята первой группы препарат не получали и служили контролем. Цыплята второй, третьей и четвертой групп получали по 300 мг препарата с содержанием в составе фармакологически активного комплекса в количестве 10, 15 и 20% соответственно, остальная часть комплекса – компоненты, влияющие на фармакокинетику изучаемого препарата.

В процессе эксперимента учитывали основные производственные показатели, руководствуясь следующими расчетами: Количество посаженной птицы = цыплята, отправленные на убой + общее число павшей птицы + общее количество выбракованных бройлеров.

Средняя живая масса = общая масса всей забитой птицы/количество забитой птицы.

Потребление корма одной птицей = общее ежедневное потребление корма в птичнике/количество живой и павшей птицы в этот день.

Конверсия корма = общее потребление корма/общая масса забитой птицы.

Процент падежа = общее количество павшей птицы + общее количество отбракованной птицы/общее количество посаженной птицы.

Выход мяса с единицы площади птичника = (брак + частичный убой + убой)/м².

Европейский индекс продуктивности бройлеров = (средняя живая масса цыплят, г × 10)/(конверсия корма × возраст, дн).

Данные в работе представлены в виде средней с указанием стандартной ошибки. Математические процедуры по определению статистической достоверности неприменимы для данного типа исследований, но учитывая, что количество испытуемых в каждой группе было более 60 000, проведен анализ данных, основанный на сравнении производственных и экономических показателей, определяющих эффективность испытуемых фармакологических средств.

Результаты исследования и обсуждение

Результаты эксперимента показывают, что выход мяса в живом весе с птичника оказался самым высоким в четвертой группе и составил 135,56 тонн (табл. 1), что на 7,4% выше, чем в контрольном птичнике, соответствующим образом выше оказался и выход мяса с 1 м² площади на 9,3%. Наименьший выход мяса оказался в третьей группе, что связано с меньшим на 8,3% комплектованием этого птичника, несмотря на это выход мяса с 1 м² площади оказался ниже только на 2,2%. Результаты, полученные во второй группе ниже, чем в четвертой, на 6,2%, по сравнению с контрольной группой показатели выше на 1,2%.

Наиболее высокая сохранность цыплят наблюдается в 4 группе. По сравнению с контрольной группой разница показателей сохранности у цыплят четвертой группы выше на 2,3%, третьей группы выше на 2% и второй группы на 1,8%.

В таблице 2 представлена динамика изменения массы тела цыплят. Вес при рождении наиболее высокий у цыплят первой группы, он выше по сравнению с цыплятами второй на 6,1%, третьей на 6,6% и четвертой группы на 2,1%. Указанные отличия, не превышающие 10% вариации массы тела цыплят, допустимы для постановки экспериментов с высоким числом испытуемых организмов.

В семисуточном возрасте отличия массы по сравнению с контролем составляют 3%, 13,5% и 1,8% соответственно. На данном хронологическом периоде действие препарата не проявляется, а у цыплят третьей группы наблюдается отставание в росте, среднесуточный прирост по сравнению с контролем ниже на 3 грамма (13%). Среднесуточный прирост у цыплят дру-

гих опытных групп соответствует результатам, полученным в контрольной группе.

На следующих двух этапах сохраняется та же динамика приростов массы тела (табл. 2). К 21 суткам жизни масса тела цыплят второй и третьей групп ниже на 123 г (15,4%) и 139 г (17,4%), а в четвертой группе выше на 21 г (2,5%). Масса тела цыплят контрольной группы за этот период возросла в 18,9 раз, второй в 17, третьей в 16,7 и четвертой в 19,8 раз.

Период жизни цыплят с 21 по 28 сутки характеризовался подъемом среднесуточных приростов во второй и третьей группах. К 28 суточному возрасту масса тела цыплят второй группы была равна массе цыплят контрольной группы, а цыплята третьей и четвертой групп превосходили их на 45 г (3,7%) и 23 г (1,9%).

В 35 суточном возрасте отмечается отставание в росте цыплят опытных групп по сравнению с контрольными за счет повышения у них среднесуточных приростов массы тела, которые оказались в среднем на 14,9% выше. У цыплят второй группы масса тела ниже цыплят контрольной группы – на 3,2%, третьей – на 5,5% и четвертой – на 3,4%. Однако в этот период у цыплят контрольной группы начинается резкое снижение показателя сохранности.

На заключительной неделе откорма происходит дальнейшее усиление отхода цыплят контрольной группы и снижение среднесуточных приростов массы тела. В результате на убой масса тела цыплят опытных групп становится выше: на 29 г (1,4%) у цыплят второй группы, на 96 г (4,5%) третьей и 146 г (6,6%) четвертой.

Анализ экономических показателей (табл. 3) указывает на выраженную эффективность изучаемой фармакологической композиции СМ. Комплексный показатель европейский индекс продук-

Таблица 1 – Выход мяса на убой

Группа	Поголовье посажено, гол.	Поголовье на убой, гол.	Сохранность, %	Выход мяса в живой массе, кг	Выход мяса, кг с 1 м ²
1	65 647	61 053	93,0	125 569	59,0
2	64 303	60 943	94,8	127 120	59,7
3	60 143	57 105	95,0	122 940	57,7
4	64 585	61 530	95,3	135 560	63,7

Таблица 2 – Динамика изменения массы тела цыплят, г

Группа	Возраст цыплят, сут.						
	При рождении	7	14	21	28	35	На убой
1	42,3	163	404	799	1160	1694	2057
2	39,7	158	366	676	1160	1639	2086
3	39,5	141	326	660	1205	1600	2153
4	41,4	160	411	820	1183	1673	2203



Таблица 3 – Индексы продуктивности цыплят

Группа	Коэф. увеличения массы тела в 7 сут.	Коэф. увеличения массы тела в 42 сут.	Среднесуточный прирост, г	Конверсия	Возраст убоя, сут.	Индекс продуктивности бройлеров (ЕВІ)
1	3,86	48,7	48,9	2,01	42	243,7
2	3,98	52,6	49,5	2,06	41,5	244,0
3	3,57	54,5	50,3	2,02	42	253,8
4	3,86	53,2	51,6	1,98	42	264,9

тивности бройлеров наиболее высок в четвертой группе (264,9), а наименьшее значение имеет при откорме цыплят первой группы (243,7). При этом прослеживается четкая взаимосвязь применяемой дозы и величины этого показателя.

Экономическая эффективность применения состава СМ-комплекс, содержащего 10% активного комплекса составила 39,9 руб. на руб. затрат, 15% – 54,4 руб. на руб. затрат и 20% – 58,0 руб. на руб. затрат.

Выводы

1. СМ-комплекс повышает сохранность поголовья на 1,8–2,3%.
2. Применение фармакологического комплекса СМ позволяет получить дополнительную продукцию, не увеличивая объем корма.
3. Наиболее эффективным является состав СМ-комплекс, содержащий 20% активного комплекса.

Список литературы

1. Стрессы и стрессовая чувствительность кур в мясном птицеводстве. Диагностика и профилактика : монография / В. И. Фисинин [и др.]. Троицк : УГАВМ, 2013. 215 с.
2. Lopes Ed. C. The impact of feed withdrawal on quality, safety, yield of processed chickens // Poultry International. 2012. Vol. 50. № 3. P. 30–31.
3. Гушин В. В., Лищенко В. Ф. Мясное птицеводство России: уроки прошлого, достижения и перспективы // Птица и птицепродукты. 2012. № 5. С. 20–22.
4. Фисинин В. И. Птицеводство России в 2011 году: состояние и перспективы инновационного развития до 2020 года // Инновационные разработки и их освоение в промышленном

птицеводстве : матер. XVII междунар. конф. ВНАП. Сергиев Посад, 2012. С. 7–17.

5. Зимина Т. Росптицесоюз подвел итоги года // Животноводство России. 2013. № 2. С. 6–8.
6. Фисинин В. И. Тардатыян А. Г. Современные стратегии безопасного кормления птицы // Птица и птицепродукты. 2003. № 5. С. 21–26.
7. Ноздрин Г. А., Шевченко А. И. Прирост живой массы мясных гусей, бройлерных индек и цыплят при скармливании пробиотикаветом 1.1 // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 4. С. 44–45.
8. Ленкова Т. Н., Егорова Т. А., Меньшин И. А. Новый пробиотик А2 // Птицеводство. 2013. № 4. С. 23–26.
9. Овчинников А. А., Пластинина Ю. В., Ишимов В. А. Сравнительное применение пробиотиков в птицеводстве // Зоотехния. 2008. № 5. С. 8–10.
10. Применение препарата йоддар в комбикормах для цыплят-бройлеров / В. И. Фисинин, С. М. Юдин, И. А. Егоров, А. И. Панин // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 2. С. 38–41.
11. Овчинников А. А., Карболин П. В. Глауконит и цеолит в рационе цыплят-бройлеров // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2012. № 5. С. 62–68.
12. Evaluation of two adsorbents (mannan-oligosaccharides and clinoptilolite) in diets of broilers contaminated with fumonisin B1 / P. Landeros, W. P. Reyes, E. de Lucas, E. Albarran, Y. Lopez, T. Quezada // Revista de Salud Animal. 2008. Vol. 30. № 1. P. 50–58.
13. Ленкова Т. Н., Курманаева В. В. Использование ЦеллоЛюкса-Ф экономически выгодно // Птицеводство. 2013. № 1. С. 28–29.

Митрохина Анна Степановна, аспирант кафедры физиологии и фармакологии, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: anna.mitrokhina@inbox.ru.

* * *

ИЗУЧЕНИЕ РЕЖИМОВ ДОЗИРОВАНИЯ И КРАТНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОГО СПАО-КОМПЛЕКСА ПРИ ПРОФИЛАКТИКЕ СТРЕССОВ КУР

В. В. Пономаренко, А. В. Мифтахутдинов

В статье дан анализ результативной составляющей работы антистрессового фармакологического комплекса для промышленного птицеводства (СПАО-комплекс). Приведены данные по отработке режимов дозирования и кратности его применения при профилактике технологических стрессов у кур родительского стада мясного направления продуктивности. Доказано, что эффективной антистрессовой схемой применения СПАО-комплекса является применение с водой, через систему медикаторов в дозе 185–220 мг/кг массы тела по схеме за двое суток до, в день воздействия и в течение двух суток после воздействия стрессирующего фактора. Для оценки экономической эффективности СПАО-комплекса при содержании кур родительского стада фармакологическую профилактику стресса проводили трижды: в возрасте 120 суток при переводе и вакцинации, в 260 суток при вакцинации и в 290 суток при спайкинге. В группе, где применяли фармакологическую профилактику стрессов, по сравнению с контрольной группой получены более высокие экономические показатели: сохранность выше на 2,25%, яйценоскость – на 2,11%, вывод цыплят – на 4,11%, преимущественно за счет повышения оплодотворенности яиц на 4,30%. За счет использования СПАО-комплекса был предотвращен ущерб от падежа кур родительского стада и получена дополнительная продукция. Экономический эффект составил 2 091 080 руб. и включает предотвращенный ущерб в размере 335 980 руб. за счет снижения гибели кур родительского стада и 1 906 300 руб. за счет дополнительного получения цыплят-бройлеров, или 107,11 руб. на одну условную голову кур родительского стада. Экономическая эффективность на один рубль затрат, включающих приобретение фармакологического комплекса СПАО, составила 13,83 руб.

Ключевые слова: стресс кур, антистрессовые препараты, стресс-протектор, антиоксидант для кур, фармакологический комплекс, родительское стадо кур.

Введение

Стрессы являются одной из важнейших научных и практических проблем в промышленном птицеводстве. Профилактика стрессов кур включает широкий спектр методов и средств и предполагает применение препаратов разных фармакологических групп [1, 2, 3]. Современный подход к повышению стрессовой устойчивости кур в условиях промышленной среды обитания включает обязательное использование фармакологических средств, обладающих специфическим антистрессовым действием в сочетании с комплексом веществ, обладающих общим метаболическим воздействием на

организм и позволяющим добиться синергизма от их совместного применения [4, 5].

Используя, обозначенные положения, на кафедре физиологии и фармакологии ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ был разработан фармакологический комплекс СПАО (СПАО-комплекс – стресс-протектор антиоксидант для животных). СПАО-комплекс содержит активный комплекс, включающий лимоннокислую соль лития, витамины, витаминоподобные и другие вещества, оказывающие влияние на метаболизм. По внешнему виду препарат представляет собой порошок белого цвета, хорошо растворимый в воде.



Цель данного исследования – отработка режимов дозирования и кратности применения СПАО-комплекс и оценка его эффективности при профилактике стрессов в мясном промышленном птицеводстве.

Материалы и методы исследования

Отработку режимов дозирования и кратности применения разработанного фармакологического комплекса начинали с доз и кратности применения, отработанных для цитрата лития, разработанных научной школой профессора С.Н. Преображенского (2006). Исследование зависимости эффекта от дозы проводили на цыплятах-бройлерах возрастом 35 суток.

В качестве раздражителя использовали внутрикожное введение 70 % раствора скипидара в область гребешка в дозе 0,1 мл. Введение раствора скипидара осуществляли с помощью безыгольного инъектора для ветеринарии с плавной регулировкой доз от 0,05 до 0,2 мл. Использование безыгольного инъектора обосновано тем, что по сравнению с введением раздражающего вещества с помощью шприца с иглой экономится время введения в среднем в 3,8 раза, при введении с помощью безыгольного инъектора 4,1 сек против 15,6 сек при введении с помощью шприца с иглой. При этом введение с помощью шприца с иглой осложняется тем, что необходимо проводить стерилизацию инструмента или пользоваться одноразовыми шприцами, что экономически нецелесообразно при работе с большим поголовьем [4].

Доказано, что внутрикожное введение раствора скипидара курам и цыплятам в производные кожи в области головы и груди вызывает серию адаптационных реакций и стресс. Метод применяется для моделирования стресса у кур в стадии тревоги или стадии ориентировки стресса согласно теории неспецифических адаптационных реакций организма [4].

Для оценки степени выраженности адаптационного процесса у цыплят использовали определение в сыворотке крови уровня кортикостерона. Определение в крови глюкокортикоидных гормонов является общепризнанным методом определения активации стресс-реализующих механизмов организма. По данным многочисленных исследователей, кортикостерон является наиболее часто определяемым гормоном для диагностики стрессового состояния кур, вследствие того, что он является основным глюкокортикоидным гормоном у птиц [6, 7].

Взятие крови осуществляли в период не более 1 минуты с целью наименьшего стрессирующего воздействия на цыплят. Исследование кортикостерона в сыворотке крови цыплят проводили с помощью иммуноферментного анализа в условиях производственной лаборатории ЗАО «Уралбройлер» на ИФА-анализаторе Tecan Sunrise при длине волны 450 нм. В исследованиях использовали наборы «DRG Corticosterone ELISA KIT». Иммуноферментный метод в наборе Corticosterone EIA основан на принципе конкуренции с последующим разделением на твердой фазе микропланшета. Неизвестное количество кортикостерона, присутствующее в исследуемом образце, и фиксированное количество кортикостерона в пероксидазном конъюгате конкурируют за места связывания кортикостерона в поликлональной сыворотке, сорбированной в лунках планшета. Наименьшая измеряемая концентрация кортикостерона в данном тесте составляет < 1,631 нмоль/л. Перекрестная реакция к кортикостерону – 100%, прогестерону – 7,4%, дезоксикортикостерону – 3,4%, 11-дезоксикортикостерону – 1,6%, кортизолу – 0,3%, другим стероидам – < 0,1%.

Цыплятам опытных групп за двое и трое суток до стрессирующего воздействия и в день стрессирующего воздействия с водой применяли фармакологический комплекс СПАО в дозах 150, 250, 350 и 450 мг на 1 кг массы тела, с соответствующим содержанием цитрата лития 15, 25, 35 и 45 мг на 1 кг массы тела цыплят. В каждой группе проводили измерение уровня кортикостерона у 7 цыплят.

На втором этапе эксперимента по отработке режимов дозирования СПАО-комплекс было проведено изучение доз в интервале 150–250 мг/кг. Для этого по аналогии с предыдущим экспериментом была изучена эффективность доз 150, 185, 220 и 250 мг/кг по схеме за двое суток и в день до воздействия стрессирующего фактора в виде внутрикожного введения 70 % раствора скипидара. В каждой группе проводили измерение уровня кортикостерона у 10 цыплят.

Для оценки антистрессовой активности и эффективности использования СПАО-комплекс родительскому стаду кур в мясном промышленном птицеводстве были проведены исследования в период перевода кур из цеха выращивания ремонтного молодняка в цех взрослого стада в условиях Хуторского племрепродуктора ЗАО «Уралбройлер» в условиях напольного содержания на глубокой подстилке.

Экономическую эффективность рассчитывали по методике определения экономической эффективности ветеринарных мероприятий и рекомендациям И.Н. Никитина (2012), Н.А. Севастьяновой (2007) [8, 9]. Для оценки экономической эффективности использовали 4 стандартных птичника по 2 в опытной и контрольной группе по 11145 ± 662 голов в каждом (10% петухи). Комплектование цеха проводили в 120 суточном возрасте курами кросса Hubbard ISA F15 и петухами M99 в период перевода проводили ревакцинацию против инфекционного ринотрахеита, инфекционного бронхита кур, инфекционной бурсальной болезни, ньюкаслской болезни, реовирусного теносиновита кур путем внутримышечного введения вакцин Нобилис (Интервет). Для оценки антистрессовой активности данный период жизни птиц выбран вследствие сочетанного воздействия нескольких технологических факторов – комплектования цеха содержания взрослой птицы, сопровождающегося отловом кур, оценкой их габитуса, внутримышечным введением вакцин и подготовкой организма к яйцекладке, нарушением и формированием новых иерархий соподчиненности в стаде, изменением режима освещения и рациона кормления.

Формирование опытных и контрольных групп проводили в цехе выращивания, первая группа – опытная, с водой через систему медикаментов получала фармакологический комплекс СПАО в дозе 185 мг/кг массы тела, по схеме за 2 суток до перевода и вакцинации, в день и в течение 2 суток после перевода и вакцинации. Вторая группа – контрольная, при проведении перевода и вакцинации не получала фармакологических препаратов. В 260 суточном возрасте опытной группе кур применяли фар-

макологический комплекс СПАО при ревакцинации против инфекционного бронхита кур, инфекционной бурсальной болезни, ньюкаслской болезни, реовирусного теносиновита кур путем внутримышечного введения вирусвакцины Квадрактин (ABIC Biological Laboratories Teva Ltd). В 290 суточном возрасте для улучшения оплодотворяемости применяли спайкинг (подсадка молодых петухов в количества 40% от общего количества петухов) в опытной и контрольной группах. Петухам и курам опытной группы с целью снижения потерь вследствие социального стресса из-за нарушения иерархий соподчиненности в стаде и формирования новых иерархий применяли СПАО-комплекс по выше обозначенной схеме.

Сравнительные данные в таблицах представлены в виде средней с указанием стандартного отклонения. Для оценки межгрупповых различий использован непараметрический U-критерий Манна-Уитни, для оценки уровня статистических различий внутри группы в разные хронологические промежутки критерий Вилкоксона, статистическая достоверность между наблюдениями, отражающими хронологический порядок изменений рассчитана с помощью непараметрического критерия Краскала-Уоллиса (STATISTICA 10).

Результаты исследований и их обсуждение

Применение антистрессового фармакологического комплекса СПАО оказало выраженное влияние на уровень кортикостерона в крови кур.

Результаты исследований представлены в таблице 1.

Как видно из результатов исследований, представленных в таблице 1, доза 150 мг/кг массы тела цыплят при кратности за двое суток

Таблица 1 – Зависимость концентрации кортикостерона от дозы и кратности применения СПАО-комплексы

№ группы	Доза и кратность применения СПАО-комплекс	Концентрация кортикостерона в сыворотке крови, нмоль/л	Статистическая достоверность различий между опытом и контролем
1	150 мг/кг за двое суток	$34,71 \pm 10,83$	$P = 0,060$
2	250 мг/кг за двое суток	$29,14 \pm 9,39$	$P = 0,014$
3	350 мг/кг за двое суток	$28,71 \pm 12,85$	$P = 0,020$
4	450 мг/кг за двое суток	$29,29 \pm 7,72$	$P = 0,012$
5	150 мг/кг за трое суток	$32,29 \pm 12,58$	$P = 0,042$
6	250 мг/кг за трое суток	$28,57 \pm 11,21$	$P = 0,015$
7	350 мг/кг за трое суток	$28,86 \pm 10,53$	$P = 0,015$
8	450 мг/кг за трое суток	$29,71 \pm 8,62$	$P = 0,014$
Контроль	СПАО-комплекс не применялся	$51,00 \pm 17,73$	$P = 1,000$



до стрессирующего воздействия по сравнению с контрольным значением не оказала статистически выраженного эффекта ($P = 0,060$), однако в данном случае уместно говорить о выраженной статистической тенденции уровень кортикоостерона у цыплят первой опытной группы ниже на 68,0%. При использовании других доз и кратности применения СПАО-комплекс отмечается статистически достоверно выраженный эффект снижения уровня кортикоостерона по сравнению с контрольным значением. Уровень средних значений в опытных группах варьирует в пределах от 28,57 до 32,29 нмоль/л. Наивысший уровень кортикоостерона отмечается при применении СПАО-комплекс в дозе 150 мг/кг массы тела цыплят при кратности за трое суток до стрессирующего воздействия по сравнению с контрольным значением ($P = 0,042$).

Таким образом, наиболее низким диапазоном доз, обеспечивающим выраженный антистрессовый фармакологический эффект на уровне гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы является 150–250 мг/кг по схеме за двое суток и в день до воздействия стресс-фактора.

Учитывая, что доза в 150 мг/кг массы тела не оказала выраженного эффекта и учитывая, что препарат СПАО-комплекс планируется применять в условиях промышленного содержания кур на достаточно большом поголовье целесообразным является более детальное изучение доз в интервале 150–250 мг/кг. Для этого по аналогии с предыдущим экспериментом была изучена эффективность доз 150, 185, 220 и 250 мг/кг по схеме за двое суток и в день до воздействия стрессирующего фактора в виде внутрикожного введения 70% раствора скипидара. В каждой группе проводили измерение уровня кортикоостерона у 10 цыплят.

Как и в предыдущем исследовании, отмечается статистически недостоверное отличие уровня кортикоостерона в сыворотке крови цыплят при применении СПАО в дозе 150 мг/кг

массы тела, что однозначно свидетельствует о том, что такая доза не может обеспечить антистрессовый фармакологический эффект при применении по схеме за двое суток и в день до воздействия стрессирующего фактора. Остальные изучаемые дозы обеспечивают статистически выраженное более низкое значение уровня кортикоостерона по сравнению с контролем, что указывает на целесообразность использования СПАО-комплекс в диапазоне доз 185–220 мг/кг массы тела по схеме за двое суток до и в день воздействия стрессирующего фактора.

Научной школой профессора С.Н. Преображенского доказана целесообразность использования солей лития в течение 2–3 суток после действия стрессирующего фактора или в течение срока аналогичного периода применения до действия технологического фактора, вызывающего стресс у кур и цыплят [10]. Таким образом, опираясь на результаты собственных исследований, эффективной антистрессовой схемой применения СПАО-комплекса является применение с водой, через систему медикаторов в дозе 185–220 мг/кг массы тела по схеме за двое суток до, в день воздействия и в течение двух суток после воздействия стрессирующего фактора, т.е. всего 5 доз с содержанием цитрата лития 18,5–22 мг/кг массы тела.

В результате трехкратного применения СПАО-комплекса курам родительского стада в возрасте 120 суток при переводе и вакцинации, в 260 суток при вакцинации и в 290 суток при спайкинге получены следующие производственные показатели (табл. 3).

Наиболее высокие производственные показатели получены в опытной группе, сохранность кур родительского стада статистически достоверно выше в группе, где применяли фармакологическую профилактику стрессов на 2,25%, яйценоскость выше на 2,11%, вывод цыплят на 4,11%, преимущественно за счет повышения оплодотворенности яиц на 4,30%.

Таблица 2 – Зависимость концентрации кортикоостерона от дозы СПАО-комплекс

№ группы	Доза применения СПАО-комплекс	Концентрация кортикоостерона в сыворотке крови, нмоль/л	Статистическая достоверность различий между опытом и контролем
1	150 мг/кг	36,20±8,066	$P = 0,129$
2	185 мг/кг	30,00±7,468	$P = 0,020$
3	220 мг/кг	28,70±7,718	$P = 0,013$
4	250 мг/кг	30,20±8,390	$P = 0,023$
Контроль	СПАО-комплекс не применялся	46,70±19,27	$P = 1,000$

Таблица 3 – Показатели продуктивности и воспроизводства

Показатель	1 Опыт	2 Контроль
Сохранность, %	86,30±2,63	84,05±1,15
	<i>P</i> = 0,0277	
Яйценоскость, %	65,86±22,02	63,75±21,79
	<i>P</i> < 0,0001	
Вывод цыплят из яиц, %	71,83±16,87	67,71±18,81
	<i>P</i> < 0,0001	
Оплодотворенность яиц, %	80,40±19,14	76,10±20,85
	<i>P</i> < 0,0001	
Валовый выход яиц на начальную несушку, шт.	145,75±1,04	140,45±1,69
	<i>P</i> = 0,0277	
Количество инкубационных яиц на начальную несушку, шт.	139,10±0,32	134,20±0,54
	<i>P</i> = 0,0277	
Получено цыплят-бройлеров на начальную несушку, шт.	116,45±1,04	110,40±1,31
	<i>P</i> = 0,0277	

За счет использования СПАО-комплекса был предотвращен ущерб от падежа кур родительского стада и получена дополнительная продукция.

Экономический эффект составил 2 091 080 руб. и включает предотвращенный ущерб в размере 335 980 руб. за счет снижения гибели кур родительского стада и 1 906 300 руб. за счет дополнительного получения цыплят-бройлеров, или 107,11 руб. на одну условную голову кур родительского стада. Экономическая эффективность на один рубль затрат, включающих приобретение фармакологического комплекса СПАО, составила 13,83 руб.

Выводы

Фармакологический комплекс СПАО оказывает выраженное влияние на адаптационные системы организма кур. Наиболее целесообразным является использование СПАО-комплекса с водой, через систему медикаторов в дозе 185–220 мг/кг массы тела по схеме за двое суток до, в день воздействия и в течение двух суток после воздействия стрессирующего фактора. Применение СПАО-комплекс курам родительского стада при технологических операциях, сопровождающихся развитием стрессовых реакций в организме: переводе, вакцинациях и спайкинге экономически эффективно. Экономическая эффективность на один рубль затрат составила 13,83 руб.

Список литературы

1. Фисинин В. И., Папазян Т., Сурай П. Инновационные методы борьбы со стрессами в птицеводстве // Птицеводство. 2009. № 8. С. 10–14.

2. Janczak A. M., Riber A. B. Review of rearing-related factors affecting the welfare of laying hens // *Poult Sci.* № 94(7). 2015. p. 1454–1469.

3. Кавтарашвили А. Ш., Колокольникова Т. Н. Физиология и продуктивность птицы при стрессе (обзор) // *Сельскохозяйственная биология.* 2010. № 4. С. 25–37.

4. Стрессы и стрессовая чувствительность кур в мясном птицеводстве. Диагностика и профилактика : монография / В. И. Фисинин [и др.]. Триоцк : УГАВМ, 2013. 215 с.

5. Динамика изменения свободных аминокислот сыворотки крови цыплят-бройлеров при воздействии соли лития / И. И. Кочиш [и др.] // *Доклады РАСХН.* 2009. № 6. С. 47–49.

6. Мифтахутдинов А. В. Экспериментальные подходы к диагностике стрессов в птицеводстве (обзор) // *Сельскохозяйственная биология.* 2014. № 2. С. 20–30.

7. Effects of acute and chronic heat stress on plasma metabolites, hormones and oxidant status in restrictedly fed broiler breeders / J. Xie, L. Tang, L. Lu, L. Zhang, X. Lin, H.C. Liu, J. Odle, X. Luo // *Poult Sci.* 94(7). 2015. p. 1635–1644.

8. Никитин И. Н. Организация ветеринарного дела. СПб. : Лань, 2012. 288 с.

9. Севастьянова Н. А. Особенности определения экономической эффективности мероприятий по сохранению животноводческой продукции от загрязнения / Н. А. Севастьянова // *Фармакологические и экотоксикологические аспекты ветеринарной медицины : матер. науч.-практ. конф. фармакологов Российской Федерации.* Триоцк, 2007. С. 282–284.



10. Преображенский С. Н., Евтинов И. А.
Коррекция технологических стрессов в птицеводстве солями лития // Ветеринария. 2006. № 11. С. 46–49.

Пономаренко Виталий Викторович, аспирант кафедры физиологии и фармакологии, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».
E-mail: nirugavm@mail.ru.

Мифтахутдинов Алевтин Викторович, д-р биол. наук, профессор кафедры физиологии и фармакологии, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».
E-mail: nirugavm@mail.ru.

* * *

УДК 619.616.1 : 636.9

ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ВВЕДЕНИИ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА PER OS

И. Р. Шамсутдинова, М. А. Дерхо

Изучили влияние водной дисперсии наночастиц серебра на морфологический состав крови животных. Объектом исследования являлись самцы крыс линии Вистар с массой тела 240–270 г, содержащиеся в стандартных условиях вивария при естественном освещении. Наночастицы серебра в организм крыс вводили в течение 30 суток, добавляя в воду для животных в суточной дозе соответственно 4,25; 6,61 и 12,81 мг на 1 кг живой массы. Установили, что в организме крыс наночастицы серебра в суточной дозе 4,25 и 6,61 мг на 1 кг живой массы стимулировали дыхательную функцию крови, увеличивая в крови количество эритроцитов (6,66–22,14%) и гемоглобина (6,28–9,82), повышали защитные силы организма, увеличивая количество лейкоцитов на 16,65–32,57% на фоне снижения числа гранулоцитов и возрастания агранулоцитов. При дозе металла 6,61 мг/кг наблюдали снижение среднего содержания гемоглобина в эритроците на 10,45%. Соотношение Гра/агра уменьшилось на 14,28–16,67%. Установили, что поступление наночастиц серебра в суточной дозе 12,81 мг на 1 кг живой массы инициирует развитие в организме крыс признаков металлотоксикоза, обнаруживаемых по снижению количества эритроцитов и гемоглобина на фоне увеличения размера эритроцитов на 8,38%; уменьшению уровня лейкоцитов на 22,31%. Доля гранулоцитов в их пуле возрастает на 13,52%, соотношение Гра/агра – на 19,04%.

Ключевые слова: наночастицы серебра, крысы, клетки крови, биологический эффект.

В связи с развитием нанотехнологий резко возрос интерес к наночастицам металлов, которые, обладая малым размером и высокоразвитой межфазной поверхностью, имеют комплекс физико-химических и биологических свойств, отличающих их от свойств соответствующих аналогов в макродисперсной форме. В биологии особое внимание привлекают наночастицы серебра как альтернатива традиционным антимикробным, противогрибковым и дезинфицирующим средствам [10].

Установлено, что наносеребро легко проникает через биологические барьеры животного организма, поступает внутрь клеток, вза-

имодействует с клеточными структурами и макромолекулами [5]. При этом в организме оно может оказывать:

1. Токсическое действие. В экспериментальных работах *in vitro* было показано, что токсическое действие наночастиц серебра при инкубации с культурой клеток связано с индукцией внутриклеточного окислительного стресса [18], приводящего к апоптозу клеток [20]. Аналогичные данные получены при внутрижелудочном введении наночастиц серебра лабораторным крысам. Поступление наносеребра в организм животных вызывало структурные и функциональные изменения в тканях голов-



ного мозга и увеличивало экспрессию проапоптотического белка caspase 3 в его нейронах [8]. Кроме того, наносеребро способно блокировать SH-группы ферментных систем, угнетать тканевое дыхание [1], ингибировать образование церулоплазмينا [16], метаболизм некоторых биогенных аминов из ряда катехоламинов [19], изменять конформацию и биологическую активность биомолекул [17].

2. Биологическое действие. В биотических дозах наносеребро способно стимулировать обмен веществ и прирост массы тела [12], увеличивать количество бифидобактерий в составе микрофлоры желудочно-кишечного тракта [3]; снижать токсические свойства кадмия [14]; увеличивают упругость клеток [4]; повышать антиоксидантный статус организма [13].

Механизм биологического ответа организма на введение наночастиц серебра находится в зависимости от дозы, формы и размера частиц, а также способа экспонирования [6, 8].

Несмотря на имеющиеся данные, биологическая роль наносеребра в организме человека и животных до сих пор изучена недостаточно. В связи с этим изучение характера влияния наносеребра на организм является одной из актуальных проблем биологии.

Целью нашего исследования явилось изучение влияния водной дисперсии наночастиц серебра на морфологический состав крови лабораторных крыс.

Материал и методы исследования

Экспериментальная часть работы выполнена на базе вивария и кафедры органической, биологической и физколлоидной химии ФГБОУ ВО «Южно-Уральский ГАУ» в 2015 г. Объектом исследования являлись самцы крыс линии Вистар с массой тела 240–270 г, которые содержались в стандартных условиях вивария при естественном освещении.

Для проведения эксперимента было сформировано 4 группы ($n = 7$): первая – контрольная, содержалась на стандартном пищевом рационе, вторая, третья и четвертая – опытные. Животным данных групп в течение 30 суток добавляли в питьевую воду дисперсию наночастиц серебра, полученную химическим методом и стабилизированную цитратом натрия, в дозе, соответственно, 4,25; 6,61 и 12,81 мг на 1 кг живой массы в сутки.

Материал исследований (кровь) получали после декапитации крыс, которую проводили под наркозом эфира с хлороформом с соблю-

дением принципов гуманности, изложенных в директивах Европейского сообщества (86/609/ЕЕС) и Хельсинкской декларации. Мазки крови изготавливали сразу после взятия материала, затем окрашивали по методу Романовского-Гимзы. Подсчет эритроцитов, лейкоцитов проводили в камере Горяева, гемоглобин – колориметрическим методом; МСН (среднее содержание гемоглобина в эритроците – соотношение между концентрацией гемоглобина и количеством эритроцитов, пг) и Гра/агра – соотношение в лейкограмме гранулоцитов и аграулоцитов (усл. ед.) – расчетным методом.

Статистическую обработку данных проводили методом вариационной статистики на ПК с помощью табличного процессора «Microsoft Excel – 2003» и пакета прикладной программы «Биометрия». Для оценки достоверности различий сравниваемых средних между малыми выборками использовали параметрический критерий Стьюдента.

Результаты исследования

Для выявления возможных эффектов наночастиц серебра и выяснение того, что лежит в основе их биотических и цитотоксических эффектов, представляется возможным исследовать влияние водной дисперсии на количество клеток в кровяном русле, так как морфологический состав крови отражает состояние всего организма.

До начала эксперимента крысы опытных групп достоверно не различались по уровню изучаемых параметров крови (табл. 1, 2). Поступление водной дисперсии наночастиц серебра в организм крыс I и II опытных групп в течение 30 суток способствовало увеличению в кровяном русле количества эритроцитов, соответственно, на 6,66 и 22,14% ($p < 0,001$) по сравнению с контролем, что сопровождалось повышением содержания гемоглобина на 6,28–9,82%. Хотелось бы отметить, что во II группе крыс синтез гемоглобина не соответствовал степени стимуляции эритропоэза. Поэтому эритроциты были менее насыщены гемоглобином, чем в контроле, а величина МСН – на 10,45% ($p < 0,05$) ниже.

Результаты наших исследований согласуются с данными [3, 5, 12, 14]. Авторы тоже отмечали способность частиц серебра в биотических дозах стимулировать эритропоэтическую активность костного мозга, проявляющуюся увеличением в кровяном русле животных эритроцитов и гемоглобина.

Однако в III опытной группе крыс (табл. 1), в организм которых поступало 12,81 мг наносеребра на 1 кг живой массы в сутки, было отмечено снижение эритроцитов и гемоглобина на фоне увеличения размера эритроцитов (величина МСН превышала контроль на 8,38% ($p < 0,05$)). При этом уровень показателей не соответствовал границам нормы. Полученные данные свидетельствуют о развитии в организме лабораторных животных токсикоза, инициированного наносеребром. Данные изменения гематологических показателей неспецифичны и наблюдаются при любом металлотороксикозе [2, 7, 9, 11 и др.].

Количество лейкоцитов в крови крыс I и II опытных групп к окончанию эксперимента увеличивалось на 16,65 и 32,57% ($p < 0,001$) по сравнению с контролем (табл. 2). В лейкограмме животных снижалось количество гранулоцитов и увеличивалось агранулоцитов, что обуславливало уменьшение соотношения Гра/агра на 14,28–16,67%. Следовательно, наносеребро стимулировало иммунную защиту организма крыс. При этом иммуностимулирующее действие водной дисперсии во II опытных группе подтверждалось достоверным изменением параметров крови. Аналогичные данные получены [3, 14].

В III опытной группе животных (табл. 2) количество лейкоцитов, по сравнению с контролем, было снижено на 22,31% ($p < 0,001$) и не соответствовало граница нормы. Значит, наносеребро в дозе 12,81 мг на 1 кг живой массы в сутки оказывало иммуносупрессивное действие на организм крыс. Данное предположение подтверждалось увеличением в пуле лейкоцитов доли гранулоцитов (на 13,52%, $p < 0,05$) и соотношения Гра/агра (на 19,04%, $p < 0,05$). Результаты наших исследований согласуются с данными [10], установившими, что при поступлении наночастиц оксида серебра в лейкограмме животных увеличивается количество эозинофилов, палочкоядерных нейтрофилов и снижается – моноцитов. Аналогичные изменения в лейкограмме крови наблюдаются при различных металлотороксикозах [7, 9, 11, 15].

Таким образом, результаты наших исследований показали, что влияние наносеребра на клеточный состав крови зависело от количества водной дисперсии, вводимой в организм крыс пероральным путем. Наночастицы серебра в дозе 4,25 и 6,61 мг на 1 кг живой массы в сутки обладали биотическим эффектом: стимулировали дыхательную функцию крови, увели-

Таблица 1 – Гематологические показатели, ($n = 7$), $X \pm Sx$

Показатель	Время исследований	Опытные группы			
		контроль	I	II	III
Эритроциты, $10^{12}/л$	до опыта	7,51±0,17	7,39±0,15	7,72±0,33	7,44±0,17
	ч/з 30 сут.	7,77±0,11	8,29±0,48	9,49±0,27***	6,67±0,17***
Гемоглобин, г/л	до опыта	143,71±2,37	140,14±1,94	147,28±2,70	144,00±1,41
	ч/з 30 сут.	145,43±1,90	154,57±2,90	159,71±2,87**	136,00±1,46**
МСН, пг	до опыта	19,14±0,24	19,03±0,52	19,22±0,73	19,61±0,62
	ч/з 30 сут.	18,85±0,32	18,54±1,55	16,88±0,44*	20,43±0,38*

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ по отношению к величине «контроль».

Таблица 2 – Морфологические показатели крови, ($n = 7$), $X \pm Sx$

Показатель	Время исследований	Опытные группы			
		контроль	I	II	III
Лейкоциты, $10^9/л$	до опыта	9,87±0,44	9,97±0,0,40	8,94±0,0,29	10,10±0,25
	ч/з 30 сут.	9,67±0,42	11,28±0,49	12,82±0,43***	7,51±0,28***
Гранулоциты, %	до опыта	28,71±0,75	29,85±0,91	30,57±0,78	29,43±0,75
	ч/з 30 сут.	29,42±0,71	26,57±0,84	26,00±0,97*	33,29±0,81*
Гра/агра, усл. ед.	до опыта	0,43±0,014	0,43±0,018	0,44±0,016	0,42±0,015
	ч/з 30 сут.	0,42±0,014	0,36±0,016	0,35±0,018*	0,50±0,017*

Примечание: * – $p < 0,05$; *** – $p < 0,001$ по отношению к величине «контроль».



чивая количество эритроцитов и гемоглобина; повышали защитные силы организма, увеличивая в кровеносном русле число лейкоцитов за счет агранулоцитов. Данные свойства наиболее были выражены при поступлении водной дисперсии наночастиц серебра в дозе 6,61 мг на 1 кг живой массы в сутки. Изменения, происходящие в составе крови крыс на фоне введения наночастиц серебра в количестве 12,81 мг на 1 кг живой массы в сутки, отражали токсические эффекты препарата, которые проявлялись угнетением дыхательной функции крови и защитных сил организма.

Список литературы

1. Баранова Е. К. Структура и физико-химические свойства радиационно-генерированных наноструктур кластеров серебра и механизм их бактерицидного действия в пищевых средах : дис. ... канд. хим. наук. М. : РГБ, 2006. 152 с.
2. Дерхо М. А., Ткаченко Е. А., Мальцева Л. Ф. Некоторые гематологические параметры мышей на фоне кадмиевой интоксикации // Наука (спецвыпуск). 2013. С. 141–144.
3. Зинина Е. Н. Местная защита слизистых оболочек и состояние резистентности у кур после применения серебросодержащего препарата «Silvecoll» : автореф. дис. ... канд. вет. наук. Саранск : Мордовский ГУ им. Н. П. Огарева, 2013. 24 с.
4. Красочко П. А., Чижик С. А., Худoley А. Л. Оценка взаимодействия наночастиц серебра с перевариваемыми клетками МБДК. Режим доступа : <http://86.57.180.90/fulltext/stat/418.pdf> 2012 (дата обращения 26.03.2014).
5. Кульский Л. А. Серебряная вода. Киев : Наукова Думка, 1987. 152 с.
6. Оценка уровня накопления серебра в тканях и органах цыплят-бройлеров при пероральном и аэрозольном применении коллоидного серебра / В. Ю. Коптев [и др.] // Проблемы биологии продуктивных животных. 2014. № 3. С. 92–100.
7. Рыспекова Н. Н., Нурмухамбетов А. Н., Аскарлова А. Е. Роль тяжелых металлов в развитии анемий (обзор литературы) // Вестник КАЗНМУ. 2013. Режим доступа : <http://drcobez.narod.ru/st> (Дата обращения 03.11.2013).
8. Соседова Л. М., Новиков М. А., Титов Е. А. Морфофункциональная оценка эффектов действия наночастиц серебра, инкапсулированных в полимерную матрицу // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2014. № 3(37). С. 77–81.
9. Соцкий П. А., Дерхо М. А. Изучение воздействия тяжелых металлов на гематологические показатели крови // Ветеринарный врач. 2009. № 4. С. 13–15.
10. Структура, свойства и токсичность наночастиц оксидов серебра и меди / И. Н. Андрусишина [и др.] // Биотехнология. 2011. Т. 4. № 6. С. 51–58.
11. Таирова А. Р., Лазарева Е. В., Миргалимов Р. Л. Особенности неспецифической защиты организма бычков черно-пестрой породы, содержащихся на загрязненных тяжелыми металлами территориях // Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана. 2006. Т. 185. С. 296–300.
12. Тарабанова Е. В., Реймер В. А., Алексеева З. Н. Влияние серебряного нанобиокомпозита на физиологический статус цыплят кросса Ломан Браун // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2011. № 7. С. 43–48.
13. Ткач О. Б., Трохимчук А. К., Левицкий А. П. Биохимические маркеры воспаления и антиоксидантной защиты в тканях полости рта крыс при воздействии липополисахарида и наночастиц золота и серебра. Режим доступа : http://www.herald.com.ua/2013/03_13. (Дата обращения 25.03.2015).
14. Ткаченко Е. А., Дерхо М. А. Влияние α -токоферола и наночастиц серебра на морфологический состав крови мышей при экспериментальной кадмиевой интоксикации // Известия ОГАУ. 2015. № 1(51). С. 84–87.
15. Ткаченко Е. А., Дерхо М. А. Лейкоцитарные индексы при экспериментальной кадмиевой интоксикации мышей // Известия ОГАУ. 2014. № 3(47). С. 126–199.
15. Элементный статус населения России. Ч. 1 : Общие вопросы и современные методические подходы к оценке элементного статуса индивидуума и популяции / Е. Ю. Бонитенко [и др.]. СПб. : Медкнига «ЭЛБИС СПб», 2010. 416 с.
17. Norden B., Matsuda K. Interaction of silver ions with DNA // Biopolymers. 1986. Vol. 25. № 8. P. 1531–1545.
18. Oxidative stress-depend toxicity of silver nanoparticles in human hepatoma cells / S. Kim [et. al.] // Toxicology in Vitro. 2009. Vol. 23(6). P. 1078–1084.
19. Pribyl T., Schreiber V., Jahodova J. Polyphenol oxidase activity in the rat hypothalamus: stimulation after estrogens and inhibition after the administration of silver // Physiol. Bohemoslovaca. 1981. Vol. 30. № 6. P. 525–529.

20. Silver nanoparticles induce cytotoxicity by a Trojan-horse type mechanism / E. Park [et. al.] // *Toxicology in Vitro*. 2009. Vol. 4. P. 716–740.

Шамсутдинова Ирина Рафкатовна, аспирант кафедры органической, биологической и физколлоидной химии, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

Дерхо Марина Аркадьевна, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой органической, биологической и физколлоидной химии, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

* * *

**FACULTY OF TECHNICAL SERVICE IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX
(SOUTH-URAL STATE AGRARIAN UNIVERSITY):
ITS 50TH ANNIVERSARY AND MILESTONES**

**The layout of the cab of a mobile agricultural machine by means
of normalizing the microclimate in the warm period**

Yu. I. Averyanov, D. V. Smirnov

The article deals with the layout of the cab of a mobile agricultural machine, with the problem of providing the desired microclimatic conditions (the thermal comfort) for a human-operator being highlighted. The heat exchange between the human-operator and his environment is found to occur due to: radiation – 42%, convection – 26%, evaporation – 18%, respiration (heat and evaporation) – 14%, but changes of the environment settings can cause the percentage changes. The analysis of the existing devices for microclimate normalization has revealed a number of disadvantages: structural complexity and maintenance problems, high energy consumption and cost, possible harmful effects on a human-operator. The heat transfer from the human-operator's body can be achieved when combining the existing devices for microclimate normalization: a device to normalize the cab climate of a vehicle with air-conditioning and using secondary thermal resources, a local heat-regulating device placed on the operator's seat in the cab; a panel for radiation-convective heat transfer installed on the cab ceiling. The proposed cab layout will cause the microclimate normalization at the most appropriate level to ensure the thermal comfort of the human-operator due to the rational distribution and use of basic types of heat exchange, reducing the costs, energy consumption for microclimate normalization.

Keywords: microclimate, cab, mobile agricultural machine, types of heat exchange, thermal comfort, human operator.

References

1. Mr Dragan Ružić, Dr Ferenc Časnji. Agricultural tractor cab characteristics relevant for microclimatic conditions. *Journal of Applied Engineering Science* 9 (2011): 323-330. Print.
2. Aver'yanov Yu.I., Smirnov D.V. Analiz sposobov i sredstv obespecheniya termokomfortnosti operatora mobil'noi sel'skohozyaistvennoi mashiny v teplyi period goda. Materialy LII mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. "Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu", Chelyabinsk: ChGAA Publ., Part VI (2013): 95-101. Print.
3. Mihaylov V.A., Sharipova N.N. Innovatsiya v konstruktsii hladonovogo konditsionera vozduha v traktornoj kabine. *Traktory i sel'hozmashiny* 4 (2009): 56-60. Print.
4. Mihaylov V.A., Sharipova N.N. Innovatsiya v konstruktsii vodoisparitel'nyh ohladitelei vozduha v traktornyh kabinah. *Traktory i sel'hozmashiny* 4 (2010): 8-12. Print.
5. Pat. 2504485 RF, MKP7 B60H1/32, F25B5/00. Konditsioner transportnogo sredstva / V.M. Gureev, A.M. Ermakov, E.Yu. Kurchatov; zayavitel' i patentoobladatel' Kazanskii natsional'nyi issledovatel'skii tehnikeskii universitet im. A.N.Tupoleva – KAI. № 2012110641/11; zayavl. 20.03.2012; opubl. 27.09.2013.
6. Prospekt firmy OOO "Evrolab": Mnogokanal'naya sistema kontrolya mikroklimata ASKM-128/1, 2004. Print.
7. Ksenevich I.P. [i dr.] Traktory. Proektirovanie, konstruirovaniye i raschet. M.: Mashinostroenie, 1991. 544 p. Print.
8. Mihailov V.A., Sharipova N.N. Sredstva normalizatsii mikroklimata i ozdorovleniya vozduhnoi sredy v kabinah traktorov: ucheb. posobie /pod obshh. red. V.M.Sharipova. M.: MGTU «MAMI», 2002. 90 p. Print.
9. Kokorin O.Ya. Ustanovki konditsionirovaniya vozduha. M.: Mashinostroenie, 1978. 246 p. Print.
10. Bahindi L. Teplovoi mikroklimat pomeschenii: raschet komfortnyh parametrov po teplooschushheniyam cheloveka. M.: Stroiizdat, 1981. 248 p. Print.
11. Aver'yanov Yu.I. Uluchsheniye uslovii truda operatorov mobil'nyh sel'skohozyaistvennyh mashin primeneniem lokal'nogo termoreguliruyushchego ustroystva: dis. ... kand. tekh. nauk. Chelyabinsk: ChGAU, 2000. 197 p. Print.

12. Fanger P.O. Thermal comfort. New York: McGraw-Hill, 1970. 356 p. Print.
13. Parsons K. Human thermal environments: The effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance, 2nd ed. London: Taylor & Francis, 2003. 538 p. Print.
14. Machkashi A., Bahindi L. Luchistoe otoplenie /per. s veng. V.M.Belyaeva; pod red. V.N. Bogoslovskogo. M.: Stroizdast, 1985. 464 p. Print.
15. Aver'yanov Yu.I., Smirnov D.V. Teoreticheskoe issledovanie teplovogo balansa unifitsirovannoi kabiny traktora, osnaschennoi ohlazhdayucshei panel'yu. *Nauchnoe obozrenie* 1 (2014): 51-55. Print.
16. Andreev S.A., Borul'ko V.G., Viktorov A.I. Matematicheskaya model' temperaturnogo rezhima v kabine. *Traktory i sel'skohozyaistvennye mashiny* 1 (2003): 23-24. Print.
17. Hohryakov V.P. Ventilyatsiya, otoplenie i obespylivanie vozduha v kabinah avtomobilei. M.: Mashinostroenie, 1987. 150 p. Print.
18. Mihailov V.A., Sharipova N.N. Voprosy ekologichnosti i bezopasnosti konstruksii v diplomnyh proektah: ucheb. posobie /pod obshh. red. V.M.Sharipova. M.: MGTU «MAMI», 2002. 58 p. Print.
19. GOST SSBT 12.2.019.76. Traktory i mashiny samohodnye sel'skohozyaistvennye. Obschie trebovaniya bezopasnosti. M.: Izd-vo standartov, 1984. 20 p. Print.
20. MUK 4.3.2755-10. Metodicheskie ukazaniya. Metody kontrolya. Fizicheskie faktory. Integral'naya otsenka nagrevayushego mikroklimata. Print.
21. GOST 16527-80. Mashiny sel'skohozyaistvennye samohodnye. Rabochee mesto operatora. M.: Izdatel'stvo standartov, 1987. 10 p. Print.
22. GOST 12.2.120-89. Obschie sanitarno-gigienicheskie trebovaniya k vozduhu rabochei zony. M.: Standartinform, 2006. 9 p. Print.
23. GOST ISO 14269-2-2003. Traktory i samohodnye mashiny dlya sel'skohozyaistvennykh rabot i lesovodstva. Okruzhayushchaya sreda rabochego mesta operatora. Metod ispytaniy i harakteristiki sistem otopleniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya vozduha. Print.
24. Pat. 2537075 RF, MKP⁷ B60H1/02. Ustroistvo dlya normalizatsii mikroklimata salona transportnogo sredstva /Yu.I.Aver'yanov, A.G.Popova, D.V.Smirnov, V.A.Kel'dyshev; zayavitel' i patentoobladatel' Chelyabinskaya gos. agroinzhenernaya akademiya. № 2013129607/11; zayavl. 27.06.2013; opubl. 27.12.2014.
25. Pat. 148238 RF, MKP⁷ F24H 3/06, F28D 1/02, F28F 1/22. Panel' luchisto-konvektivnogo teploobmena /Yu.I.Aver'yanov, A.G.Popova, D.V.Smirnov; zayavitel' i patentoobladatel' Chelyabinskaya gos. agroinzhenernaya akademiya. № 2014131805; zayavl. 31.07.2014; opubl. 27.11.2014.

Averyanov Yury Ivanovich, Dr. Sci. (Engineering), Professor, South-Ural State Agrarian University, South Ural State University.

E-mail: awer541710@mail.ru.

Smirnov Dmitry Vasilyevich, the Chair "Life Safety", South-Ural State Agrarian University.

E-mail: dima_istorik@mail.ru.

Rationalizing the device for preventing a Kamaz 55102 driver from falling asleep

A. V. Bogdanov, S. Yu. Popova, A. P. Lacomov, Yu. A. Popov

The article deals with the problem of increasing the roadholding ability of a mobile wheeled vehicle (car) by preventing the driver from falling asleep at the wheel as the human reaction is reduced when falling asleep. This causes the reducing in the amount of precision steering necessary for proper roadholding, with the number of precision steerings in unit time being a criterion for evaluating the condition of the driver of a wheeled vehicle. It is also necessary to identify the steering-wheel angles caused by external factors (independent for the driver of a wheeled vehicle) and the steering-wheel angles caused by the driver's actions. Thus, the experimental studies of KAMAZ 55102 are conducted to find the limiting steering-wheel angle ($\alpha_{ext} = 4,6^\circ$), and in case the angle exceeds the driver is considered to steer the wheeled vehicle. The findings prove the minimum allowable number of the driver's steerings in a time unit to be

0.5 steerings per second. These results are necessary to design a device to prevent the driver's falling asleep at the wheel, with a design justifying the device to prevent sleep being proposed. In general, the studies are aimed at reducing the number of road accidents and more efficient using of wheeled vehicles (cars) for transporting produce in agriculture and other industries.

Keywords: roadholding, road accidents, prevention of a driver's falling asleep, sleepiness, mobile wheeled vehicle.

References

1. Perevozka sel'skohozyaistvennoi produktsii. Web. 10 Sept. 2015 <http://www.tschart.ru/perevozka_gruzov/perevozka_selhozprodukcii>.
2. Bezbedova L.G., Klyuchko V.I. Vybor kriteriev otsenki effektivnosti i kachestva perevozok sel'skohozyaistvennoi produktsii. *Reshenie problem razvitiya predpriyatii: rol' nauchnykh issledovaniy: mater. II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf*, Krasnodar, 2012. Print.
3. Osobennosti perevozki moloka i molochnykh produktov. Web. 10 Sept. 2015 <<http://optsz.ru/catalog/products/features-of-transport-of-milk-and-dairy-products.php>>.
4. Osobennosti perevozki produktov pitaniya. Web. 10 Sept. 2015 <<http://www.autoportal.ru/articles/?inf=688>>.
5. Perevozka sel'skohozyaistvennykh gruzov. Web. 10 Sept. 2015 <http://tourprim.com/razdel/gruzo-perevozki/58_perevozka_selskohozyajstvennykh_gruzov.html>.
6. Sel'skohozyaistvennaya perevozka. Web. 10 Sept. 2015 <<http://krakertrailers.ru/index.php/prime-neniya/selxoz>>.
7. Aldrich M. S. Automobile accidents in patients with sleep disorders. *Sleep* 12 (1989): 487-494. Print.
8. Kak spravit'sya s monotonnost'yu dvizheniya. Web. 10 Sept. 2015 <<http://serota.ru/kak-spravit-sya-s-monotonnostyu-dvizheniya>>.
9. Guseva N.L. Analiz psihofiziologicheskikh pokazatelei funktsional'nogo sostoyaniya cheloveka-operatora v usloviyah monotonnoi deyatel'nosti: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. SPb., 2005. 137 p. Print.
10. Keshava Murthy G.N., Ahmed Khan Z. Different techniques to quantify the driver alertness. *World Applied Sciences Journal*, Vol. 22, 8 (2013): 1094-1098. Print.
11. Informatsiya o naezdah na peshehodov v Rossiiskoi Federatsii za 2010-2014 goda. Web. 10 Sept. 2015 <https://www.gibdd.ru/stat/files/ped_2010-2014.pdf>.
12. Gorshkov Yu.G., Bogdanov A.V., Chetyrkin Yu.B., Leschenko E.A. Opredelenie ratsional'nykh davlenii vozduha v shinah kolesnykh mashin (traktorov) pri vypolnenii transportnykh rabot. *Vestnik ChGAU*, 61 (2013): 26-30. Print.
13. Gorshkov Yu.G. [i dr.] Analiz buksovaniya avtomobilya ZIL-4331. *Mehanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyaistva*, 4 (2005): 27-30. Print.
14. Pat. 2214931 RF MPK7 V60K 28/06. Ustroistvo dlya kontrolya za sostoyaniem boдрstvomaniya voditelya transportnogo sredstva. /V.V.Pletnev; zayavitel' i patentoobladatel' V.V.Pletnev. № 2001118939; zayavl. 27.06.2003; opubl. 27.10.2003.
15. Pat. 2390434 RF MPK7 V60K 28/02. Sposob predotvrascheniya zasypaniya voditelya transportnogo sredstva i ustroistvo dlya ego osuschestvleniya /V.V.Efanov; zayavitel' i patentoobladatel' V.V.Efanov. № 2009123748; zayavl. 22.06.2009; opubl. 27.05.2010, Byul. № 15.
16. Pat. 2478488 RF MPK7 V60K 28/06, V60T 7/14. Ustroistvo kontrolya funktsional'nogo sostoyaniya voditelya avtomobilya /V.A.Nebol'sin; zayavitel' i patentoobladatel' V.A.Nebol'sin. № 2011119137; zayavl. 20.11.2012; opubl. 10.04.2013, Byul. № 10.
17. Pat. 2511186 RF MPK7 V60K 28/02, 28/06. Sposob predotvrascheniya zasypaniya voditelya transportnogo sredstva i ustroistvo dlya ego osuschestvleniya /A.V.Bogdanov, S.Yu.Popova; zayavitel' i patentoobladatel' Chelyabinskaya gos. agroinzhenernaya akademiya. № 2012148343; zayavl. 13.11.2012; opubl. 10.04.2014, Byul. № 10.
18. Bogdanov A.V., Popova S.Yu. Uluchshenie kursovoi ustoichivosti kak faktor povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya kolesnykh mobil'nykh mashin i snizheniya dorozhno-transportnykh proisshestviy. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii* 1 (2015): 19-22. Print.
19. Bezrukova G.K., Litvinenko V.N. Geometriya. Spravochnye materialy, 2008. Print.

Bogdanov Andrey Vladimirovich, Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor, Head of the Chair «Life Safety», South-Ural State Agrarian University.
E-mail: bav-64@mail.ru.

Popova Svetlana Yuryevna, Associate Professor of the Chair «Life Safety», South-Ural State Agrarian University.
E-mail: vetochka.79@mail.ru.

Lakomov Andrey Pavlovich, Head of the Garage, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: mail@csaa.ru.

Popov Yury Alexeyevich, educational master of of the Chair «Technology of Metals, Mechanical Engineering and Metrology», South-Ural State Agrarian University.
E-mail: iuriy@yandex.ru.

State assessment of the gas distribution mechanism of an internal combustion engine

V. A. Borisenko, S. A. Baryshnikov

The article is concerned with the analysis of the causes of engine performance declining. The changing of the gas distribution mechanism state is noted to be latent, and wearing of the working surfaces of the kinematic chain parts leads to the opening delay of intake and exhaust valves, to a violation of the optimum conditions of the cylinder ventilation, to an increase the probability of «throwing» of exhaust gases into the adjacent cylinder when working modes are nearly nominal. At repair enterprises of the Agro-Industrial Complex there are no facilities to assess the phase states of the engine gas distribution mechanism after repairing, and the fault detection technique does not provide the control of profile changes of the incoming working surface of the cam. The wear of the working cam surface that corresponds to the top of the valve lift is found to greatly influence the angular position changing of the shaft relatively to the start of the valve lift.

Keywords: gas distribution mechanism, wear, phase control, gas distribution mechanism, cam profile change, shaft angular position change, camshaft fault detection technology.

References

1. Fedorov A.L. Metod diagnostirovaniya privoda gazoraspredelel'nogo mehanizma avtomobil'nyh DVS po parametram izmeneniya davleniya vo vpusknom kollektore: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. Irkutsk, 2011. 17 p. Print.
2. Stepanov V.N. Tyuning avtomobil'nyh dvigatelei. SPb., 2000. Print.
3. Borisenko V.A., Baryshnikov S.A. Vliyanie iznosa profilya kulachka raspredelitel'nogo vala DVS na izmenenie faz gazoraspredeleleniya. *Materialy XV mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. "Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu"*, Chelyabinsk: ChGAA Publ., Part III, 2015. Print.
4. Pat. № 2390637 Ros. Federacitsiya RU 2390637. Ustroistvo regulirovaniya faz gazoraspredeleleniya. № 2008126943/06; zayavl. 24.10.2006; opubl. 10.01.2010, Byul. № 15.
5. TK 10-05.0001.015-87. Dizel' A-41. Tehnicheskie trebovaniya na kapital'nyi remont. Print.
6. TK 10-05.0001.027-87. Dizeli JaMZ-238NB. Tehnicheskie trebovaniya na kapital'nyi remont. Print.

Borisenko Vasily Andreyevich, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Chair «Technology and Organization of Technical Service», South-Ural State Agrarian University.
E-mail: 2Serg_b@mail.ru.

Baryshnikov Sergey Alexandrovich, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Chair «Technology and Organization of Technical Service», South-Ural State Agrarian University.
E-mail: 2Serg_b@mail.ru.

The construction of a pneumatic tyre with pull-out cleats

Yu. G. Gorshkov, A. A. Kalugin

Engineering ways to enhance the towing characteristics of wheeled machines aim at increasing the cleat properties of tires on slippery roads. The analysis of the problem reveals that the most common means of increasing the towing characteristics of machines are spike tires of different designs as well as various construction trucks, chains and antislip shoes. Their common major disadvantage is the lack of versatility as their constructions are different as well as the operating conditions of machines. This leads to the fact that a set of means to improve the towing quality for every mass-produced car is chosen in almost every particular case. Thus, the paper aims at designing and justifying a universal tire construction with pull-out cleats. The cleats should “pull out” from the tire when moving on slippery bearing surfaces as well as on surfaces with a low bearing capacity. As for the rest the tyre will not differ from standard ones when moving on surfaces with a high bearing capacity. This enables to universalize the operation of the proposed tyres on slippery and dry surfaces. The article presents a diagram of the proposed tyre design, with its basic design parameters and operating modes being briefly justified.

Keywords: tyre, permeability, tyre deformation, power calculation.

References

1. Gorshkov Yu.G., Starunova I.N., Kalugin A.A., Belousov M.A. Issledovanie vliyaniya ugla sklon na disbalans nagruzheniya bortov kolesnoi mashiny i izmenenie napravleniya vektora centra tyazhesti. *Nauchnoe obozrenie* 1 (2014): 28-32. Print.
2. Gorshkov Yu.G., Starunova I.N., Kalugin A.A. Avtomaticheskoe regulirovanie davleniya vozduha v shinah – faktor bezopasnogo dvizheniya kolesnyh mashin na sklonah. *Tehnika v sel'skom hozyaistve* 1 (2014): 13-15. Print.
3. Biderman V.L. [i dr.] Avtomobil'nye shiny (konstruktsiya, raschet, ispytaniya, ekspluatatsiya). M.: Goshimizdat, 1963. Print.
4. Ul'yanov F.G. Povyshenie prohodimosti i tyagovyh svoystv kolesnyh traktorov na pnevmaticheskikh shinah. M.: Mashinostroenie, 1964. 135 p. Print.
5. Gorshkov Yu.G., Starunova I.N., Kalugin A.A., Behtol'd T.G. Universal'naya lenta dlya uluchsheniya stsepnnyh i tormoznyh kachestv pnevmaticheskikh shin. *Traktory i sel'hozmashiny* 12 (2012): n.pag. Print.
6. Katalog shin predpriyatiya «Torgovy dom Kama». Web. 10 Sept. 2015 <http://www.td-kama.com/ru/tyre_catalog>.
7. Novopol'skii V.I. Eksperimental'noe issledovanie poter' na kachenie avtomobil'nogo kolesa. *Avtomobil'naya i traktornaya promyshlennost'* 1 (1954): n.pag. Print.
8. OOO “Alcomex pruzhiny”, katalog izdelii. Web. 10 Sept. 2015 <<http://www.alcomex.ru/catalog.html>>.
9. Gorshkov Yu.G., Starunova I.N., Kalugin A.A. Ustoichivost' kolesnoi mashiny na povorote i pri udare o nepodvizhnoe prepyatstvie. *Traktory i sel'hozmashiny* 9 (2013): n.pag. Print.
10. Kalugin A.A. Uluchshenie uslovii i bezopasnosti truda operatorov kolesnyh mashin v sel'skohozyaistvennom proizvodstve za schet organizatsionnyh i tehnikeskikh meropriyatii: dis. ... kand. tehn. nauk. Chelyabinsk, 2012. Print.

Gorshkov Yury Germanovich, Dr. Sci. (Engineering), Professor, Professor of the Chair «Life Safety», South-Ural State Agrarian University.

E-mail: bnmcot@mail.ru.

Kalugin Anton Alexandrovich, Cand. Sci. (Engineering), assistant of the Chair “Machine Parts”, South-Ural State Agrarian University.

E-mail: starfruitworks@gmail.com.

Assessing the power transmission reliability indicators of a John Deere 9600 combine harvester

A. V. Egorov, E. V. Zubova, V. V. Vakhrushev

The insufficient reliability level reduces the technical and economic efficiency of a combine harvester, which leads to an increase of harvesting costs, unplanned repairs due to unit failures, problems with parts and entire assemblies. The studies prove a significant proportion of costs and downtime because of repairs to account for power transmission units. Thus, the aim of the work is to assess the power transmission reliability parameters of a John Deere 9600 combine harvester. The findings presented show the general laws of changing the resource, the time to failure and the time between failures of the power transmission units of the John Deere 9600 combine harvester. An algorithm for fixing unit failures and power transmission assemblies of the John Deere 9600 combine harvester.

Keywords: power transmission, average resource, time between failures, time to failure, John a Deere 9600 combine harvester.

References

1. John Deere. Tehnicheskoe rukovodstvo. Remont kombainov modelei 9400, 9500, 9600. John Deere Harvester Works, TM1634, 2005. 1108 p. Print.
2. Avdonkin F.N. Teoreticheskie osnovy tehnikeskoi ekspluatatsii avtomobilei. M.: Transport, 1985. 215 p. Print.
3. Kuznetsov E.S. Upravlenie tehnikeskoi ekspluatatsiei avtomobilei. M.: Transport, 1982. 272 p. Print.
4. Ushakov I.A. Spravochnik po raschetu nadezhnosti M.: Mashinostroenie, 1980. 606 p. Print.
5. GOST 27.503-81. Metody otsenki pokazatelei nadezhnosti. M.: Gosudarstvennyi komitet SSSR po Standartam, 1982. 56 p. Print.
6. Venttsel' E.S. Teoriya veroyatnosti. M.: Vyssh. shk., 1966. 576 p. Print.
7. Lipman L.N. Posobie dlya opredeleniya chisla ob'ektov nablyudenii (ispytanii). M.: Vyssh. shk., 1966. 200 p. Print.
8. Gnedenko B.V. Kurs teorii veroyatnostei. M.: Vyssh. shk., 1988. 488 p. Print.
9. Polozhenie o tehnikeskom obsluzhivanii i remonte podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta Minavtotransa RSFSR. M.: Transport, 1986. 73 p. Print.
10. Pituhin A.A. Nadezhnost' lesozagotovitel'nyh mashin i oborudovaniya: ucheb. posobie. SPb.: Lan', 2010. 288 p. Print.
11. Grunichev A.S. Tablitsy dlya raschetov nadezhnosti pri raspredelenii Veibulla. M.: Standart, 1974. 327 p.
12. Cherepanov S.S. Kompleksnaya sistema tehnikeskogo obsluzhivaniya i remonta mashin v sel'skom hozyaistve. M., 1985. Print.

Egorov Anatoly Vasilyevich, Cand. Sci. (Engineering), Professor, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: my-disk21@yandex.ru.

Zubova Elena Vitalyevna, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: my-disk21@yandex.ru.

Vakhrushev Vladimir Vladimirovich, senior teacher, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: my-disk21@yandex.ru.

Assessment features of evaluating the service properties of operating engine oils

A. V. Egorov, E. V. Zubova, V. V. Vakhrushev, S. O. Cherepakhin, A. M. Popov

One of the most common and reliable methods for assessing the quality of engine oil service properties is known to be the "drop test" method. Thus, the aim of the work was to specify the criteria

for assessing service properties of engine oils with the “drop test”, the engine oil functionality being evaluated according to its dispersing power coefficient K_D and the engine oil contamination with mechanical impurities K_{MI} . The calculations showed that the operating engine oil with $K_{MI} \geq 0.65$ and $K_D \geq 1.4$ is to be replaced. For greater reliability of its evaluation with K_D and K_{MI} a point scale (colour scale) was used. It is based on the principle of the gradient colour and pixel separation of the zone core when identifying images. The colour scale is divided into parts to indicate the shades from 0 up to 255 pixels for clear evaluating the level of service properties of operating motor oils. The functionality of analyzed oils was totally evaluated with the help of paper chromatography. A computerized optical system with automatic assessment of the area covered with the boiling-up coolant layer was used to quantify the coolant content; and the method of infrared thermography for chromatograms with further thermographic registering the visual information of distribution patterns for temperature fields was proposed to assess the boundaries of each zone. The findings analysed proved a coolant content to be present in 53% of the samples of Mobil 5W40 oils, 72% of the samples of Mobil 10W40 oils, 86% of the samples of Mobil 5W30 oils, with its concentration ranging from 0 to 7% and the most probable values being between 0 and 1.5%. The average fuel concentration in engine oils is 1.65% with the limiting value 0.6%. The operating time of engine oils is regulated with K_{MI} , with its limiting value being about 12,000 km.

Keywords: chromatogram, dispersing-stabilizing properties, engine oil, impurities.

References

1. Avduevskii V.S., Drozdov Yu.N. Tribologiya i nadezhnost' mashin. M.: Nauka, 1990. 144 p. Print.
2. Arabyan S.G. Masla i prisadki dlya traktornyh i kombainovyh dvigatelei: spravochnik. M.: Mashinostroenie, 1984. 256 p. Print.
3. Bazarov I.P. Termodinamika. Himiya i tehnologiya topliv i masel, Vol. 176, 4 (1961): 869-872. Print.
4. Baryshev V.I. Povyshenie nadezhnosti i dolgovechnosti gidrosistem traktorov i dorozhno-stroitel'nyh mashin v ekspluatatsii. Chelyabinsk, 1973. 110 p. Print.
5. Bol'shakov G.F. Vosstanovlenie i kontrol' kachestva nefteproduktov. 2-e izd., pererab. i dop. L.: Nedra, 1982. 148 p. Print.
6. Bol'shev L.N., Smirnov N.V. Tablitsy matematicheskoi statistiki. M.: Nauka, 1965. 473 p. Print.
7. Borzenkov V.A., Gulimov V.I. Tehnologiya otsenki kachestva nefteproduktov s pomoshch'yu polevoi laboratorii PL-2M. M.: GOSNITI, 1989. 32 p. Print.
8. Boshnyak L.L. Izmereniya pri teplotehnicheskikh issledovaniyah. L.: Mashinostroenie, 1974. 448 p. Print.
9. Bugaev V.N. Ekspluatatsiya i remont forsirovannyh traktornyh dvigatelei. M., 1981. 196 p. Print.
10. Butov N.P. Sistema vosstanovleniya i ispol'zovaniya otrabotannyh avtotraktornyh masel v APK: avtoref. dis. ... d-ra tehn. nauk. Zernograd, 1998. 39 p. Print.
11. Bystritskaya A.P., Petrischhev A.N. Ekspres-otsenka kachestva rabotayushhih masel. Traktory i avtomobili, 12 (1995): 21-25. Print.
12. Betchelor J. Vvedenie v dinamiku zhidkosti/ per. s angl. V.P.Pahomchika, A.S.Popova; pod red. G.Yu.Stepanova. M.: Mir, 1973. 760 p. Print.
13. Gur'yanov Yu.A. Ekspres-metody i sredstva diagnostirovaniya agregatov mashin po parametram masla: dis. ... d-ra tehn. nauk. Chelyabinsk, 2007. 371 p. Print.

Egorov Anatoly Vasilyevich, Cand. Sci. (Engineering), Professor, South-Ural State Agrarian University.

E-mail: my-disk21@yandex.ru.

Zubova Elena Vitalyevna, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, South-Ural State Agrarian University.

E-mail: my-disk21@yandex.ru.

Vakhruchev Vladimir Vladimirovich, senior teacher, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: my-disk21@yandex.ru.

Cherepakhin Sergey Olegovich, engineer, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: my-disk21@yandex.ru.

Popov Alexander Mikhailovich, engineer, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: my-disk21@yandex.ru.

Calculation technique of the carbon-black content in exhaust gases when disconnecting some of diesel engine cylinders

V. N. Kozhanov, A. A. Petelin, O. G. Zavyalov

This paper deals with the theoretical and experimental studies of the effect of disconnection of some of the diesel engine cylinders on its economic and environmental performance. Such disconnection is found to reduce fuel consumption on the average by 25-27%, carbon-black content in exhaust gases by 30-35%, depending on engine operating conditions. The studies have shown that the most appropriate method to disconnect some of the cylinders to improve efficiency and reduce the diesel engine emissions when idling and having light load up to the engine load factor at 0.23 of the nominal. This paper presents the techniques and results of the computed black-carbon content in the exhaust gases of the diesel engine when some of the operating cylinders are disconnected, with the algorithm for computing the black-carbon content in the exhaust gases of the diesel engine based on thermal calculations being shown. With the effective parameters of the diesel engine and the black-carbon content in the exhaust gases being computed in the computer algebra system and the software package Maple, the formula for calculating the computed black-carbon content in the exhaust gases of the diesel engine when some of the operating cylinders are disconnected is substantiated. The regression parameters are analysed, and the regression equation is chosen, with the least-squares method being used to estimate the regression parameters. And three models are considered: a linear regression, a power-law model and an exponential model, with the exponential one being chosen as the determination coefficient and Fisher's variance ratio ($F_{\text{exp}} = 2469.6$) are taken into account. Thus, the results of the computed black-carbon content in the exhaust gases and the excess-air coefficient of the diesel engine when some of the operating cylinders are disconnected are presented.

Keywords: carbon-black content, diesel engine, exhaust gases, excess-air coefficient, disconnection of some cylinders.

References

1. Surkin V.I., Petelin A.A., Fedoseev S.Yu. Eksperimental'noe issledovanie dymnosti otrabotavshih gazov dizelya pri otklyuchenii chasti ego tsilindrov. *Vestnik ChGAA* 61 (2012): 85-90. Print.
2. Bunova E.V. Snizhenie sazhesoderzhaniya v otrabotavshih gazah traktornogo dizelya za schet uluchsheniya uslovii smeseobrazovaniya i sgoraniya: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. Chelyabinsk, 1996. 18 p. Print.
3. Tuganbaev A.A., Krupin V.G. Teoriya veroyatnostei i matematicheskaya statistika: ucheb. posobie. SPb.: Lan', 2011. 224 p. Print.
4. Fedoseev S.Yu. [i dr.] Analiz harakteristik holostogo hoda dizelya D-240 pri otklyuchenii chasti tsilindrov. *Vestnik ChGAA* 58 (2011): 166-169. Print.
5. Petelin A.A., Fedoseev S.Yu. Analiz nagruzochnyh harakteristik dizelya D-240 pri otklyuchenii chasti tsilindrov. *Vestnik ChGAA* 58 (2011): 148-151. Print.

Kozhanov Vladimir Nikolayevich, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Chair «Tractors and Automobiles», South-Ural State Agrarian University.
E-mail: kozhanoww@mail.ru.

Petelin Andrey Alexandrovich, postgraduate student of the Chair «Tractors and Automobiles», South-Ural State Agrarian University.
E-mail: petelin_aa@mail.ru.

Zavyalov Oleg Gennadyevich, Cand. Sci. (Physics and Mathematics), Associate Professor, Head of the Chair «Information Technologies and Applied Mathematics», South-Ural State Agrarian University.
E-mail: zavog@yandex.ru.

Functioning features of a two-channel system with continuous loading

L. I. Korolkova

To study the operation parameters of the two-channel maintenance system and to compare the calculation results with the commonly used simplified methods are the aims of this work. The system indicators are calculated by means of using the method of conditional probabilities, as it does not restrict the law of service-time distribution. The method consists of three steps. The first stage -is the description of the service system structure and service discipline. At the second stage the repair (service) process is schematized, and this scheme differs from the vast majority of Markovian and semi-Markovian schemes in its unilateral transition from the previous state into the following one. At the third stage the functions of the residence time distribution in the states shown in the diagram, as well as the transition probabilities necessary to calculate the distribution function of durations between adjacent and non-adjacent states are computed. The latter allows calculating not only the functional and numerical characteristics of service durability, but also a more detailed analysing. The average service time of a batch is found to be 161 time units for a group of six objects, and for 75 % of batches the average service time will exceed this value or be close to it and will be 163.2 time units, and for the other 25 % the average service time the parties will be 154.6 time units. The service time approximation through exponential distribution is found to greatly underestimate the average service time. The analysis of the scheme proves the service of facilities not to be simultaneously finished on both workplaces (channels). The method allows obtaining the distribution function of the downtime of the second channel, whereas the well known methods do not indicate the downtime of one of two workplaces and do not allow estimating the average downtime. The method of conditional probabilities allows evaluating service time parameters, when calculating the distribution functions of durations of various states of the service (repair) system and transition probabilities of these states.

Keywords: service system, method of conditional probabilities, schematization, service duration, workplace downtime.

References

1. Korol'kova L.I., Pereverzev P.P. Optimizatsiya processov predpriyatiya na osnove novoi metodiki rascheta harakteristik mnogofaznoi sistemy massovogo obsluzhivaniya s nepreryvnoi zagruzkoi bez promezhutochnykh nakopitelei. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* 3 (2012). Web. 10 Sept. 2015 <<http://www.science-education.ru/103-6424>>.
2. Korol'kova L.I. Trehstadiinyye povtoryayuschiesya processy. *Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal* 2 (2012): 49-53. Print.
3. Korol'kova L.I., Ignat'ev G.S., Mashrabov N. Bezotkaznost' gruppy kombainov s nenagruzhennym rezervom. *Traktory i sel'hozmashiny* 8 (2014): 46-48. Print.
4. Gopalan M.N., Ramesh T.K. Probabilistic analysis of queues in tandem. *International Journal of Management System*, Vol. 4, 1 (1988): 50-66. Print.
5. Srinivasan S.K., Subramanian R. Reliability analysis of a three unit warm standby redundant system with repair. *Journal Annals of Operations Research*, Vol. 143, 1 (2006): 227-235. Print.
6. Wu J., Liu Z., Yang G. Analysis of the finite source MAP/PH/N retrial G-queue operating in a random environment. *Appl. Math. Model*, Vol. 35, 3 (2011): 1184-1193. Print.
7. Gurov S.V. Analiz nadezhnosti tekhnicheskikh sistem s proizvol'nymi zakonami raspredelenii otkazov i vosstanovlenii. *Kachestvo i nadezhnost' izdelii*. M.: Znanie (1992): 3-37. Print.

8. Korol'kova L.I. Raschet dlitel'nosti deistviya odnotipnyh parallel'nyh processov s vozobnovleniem. *Obozrenie prikladnoi i promyshlennoi matematiki* Vol. 8, 2 (2001): 615-616. Print.
9. Konkin Yu.A. Tehnicheskii servis v APK: problemy i puti ih resheniya. *Traktory i sel'skohozyaistvennyye mashiny* 4 (1999): 2-6. Print.
10. Golovko N.I., Karetnik V.O., Peleshok O.V. SMO s beskonechnym nakopitelem i skachkoobraznoi intensivnost'yu vhodnogo potoka. *Avtomatika i telemekhanika* 10 (2009): 75-96. Print.
11. Zhidkova L.A., Moiseeva S.P. Issledovanie sistemy parallel'nogo obsluzhivaniya kratnyh zayavok prosteishego potoka. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* 4 (2011): 49-54. Print.
12. Zaryadov I.S. Sistema massovogo obsluzhivaniya GI/M/n s obobschennym obnovleniem. *Avtomatika i telemekhanika* 4 (2010): 130-139. Print.
13. Ivanovskaya I.A., Moiseeva S.P. Matematicheskaya model' parallel'nogo obsluzhivaniya zayavok v raspredelennyh vychislitel'nyh sistemah. *Sbornik nauchnykh statei*, Minsk, 3 (2010): 123-128. Print.
14. Kim Ch.S., Klimenok V.I., Orlovskii D.S. Mnogolineinaya sistema obsluzhivaniya s grupovym markovskim potokom i otritsatel'nymi zayavkami. *Avtomatika i telemekhanika* 12 (2006): 106-122. Print.
15. Razumchik R.V. Mnogolineinaya eksponentsial'naya sistema massovogo obsluzhivaniya s otritsatel'nymi zayavkami i dopolnitel'noi ochered'yu dlya vytesnennykh zayavok. *Telekommunikatsii i Transport* 7 (2011): 129-133. Print.
16. Chaplygin V.V. Mnogolineinaya sistema massovogo obsluzhivaniya s konechnym nakopitelem, blokirovkoi polumarkovskogo potoka zayavok i vybivaniem vseh zayavok iz sistemy. *Informacionnye processy*, Vol. 10, 3 (2010): 224-236. Print.
17. Chakravarthy S. R. A disaster queue with Markovian arrivals and impatient customers. *Applied Mathematics and Computation* 214 (2009): 48-59. Print.
18. Kamlesh K., Madhu J. Threshold F-policy and N-policy for multi-component machining system with warm standbys. *Journal of Industrial Engineering International* 9 (2013): 15-23. Print.
19. Jongyoon K., Stanley B. G. Integrated quality and quantity modeling of a production line. *Journal OR spectrum*, Vol. 27, 2-3 (2005): 287-314. Print.
20. Wang K.H., Kuo C.C., Pearn W.L. A recursive method for the F-policy G/M/1/K queueing system with an exponential startup time. *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 32, 6 (2008): 958-970. Print.

Korolkova Lyubov Ivanovna, Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor, Professor of the Chair «Theoretical Mechanics and Theory of Mechanisms and Machines», South-Ural State Agrarian University.
E-mail: korolkovali@rambler.ru.

Justification of the method for detecting the temperature field when thermal and mechanical processing and surfacing

N. Mashrabov, A. V. Gerenshtein, E. A. Gerenshtein

The article deals with the results of the analysis and justification of the method for calculating the temperature field for surfacing, thermally and mechanically treating such parts as rotary bodies. Determination of the temperature at the surface and deeply from the action of external heat source is an important stage when detecting and establishing the technological parameters of welding, surfacing, machining and heat treatment, which should enhance the durability of parts in production and renewal as well as in designing and manufacturing of equipment. When analysing the following methods to solve the thermo-physical problem are examined: analytical, analytical-experimental, experimental, and numerical. The features of the assigned technological thermo-physic task are estimated in points. The result of 49 points leads to the choice of the finite difference method. To determine the temperature field in the cylinder under the action of surface heat sources, the differential-difference scheme as a result from the combination of explicit and implicit schemes is developed. When using this scheme, the explicit scheme is absolutely stable, and the problem is solved. Then a flow chart for calculating the temperature field in arc welding and thermal treatment of such parts as rotary bodies under the action of surface heat sources. On the basis of the flow chart the software "Heat 6.0" is developed.

Keywords: renewal, temperature, heat source, stability, finite difference method, explicit scheme, implicit scheme.

References

1. Chernouvanov V.I., Lyalyakin V.P. Organizatsiya i tehnologiya vosstanovleniya detalei mashin. M.: GOSNITI, 2003. 488 p. Print.
2. Sidorov A.I. Vosstanovlenie detalei mashin napyleniem i naplavkoi. M.: Mashinostroenie, 1987. Print.
3. Nefedov B.B. Teplovaya effektivnost' plazmenno-poroshkovoi naplavki pri vosstanovlenii detalei sel'skokozyaistvennoi tehniki: avtoref. dis. ... dokt. tehn. nauk. M., 2002. 35 p. Print.
4. Mashrabov N. [i dr.] Sposoby i sredstva povysheniya effektivnosti vosstanovleniya detalei s.h.t. Tehnologicheskie rekomendatsii. M.; Chelyabinsk, 2009. 35 p. Print.
5. Mahnenko V.I., Kravtsov T.G. Teplovye processy pri mehanizirovannoi naplavke detalei tipa kru-govyh tsilindrov. Kiev: Naukova dumka, 1976. Print.
6. Mashrabov N., Ignat'ev A.G., Suchilin V.I. Svoistva i harakteristiki poverhnostnogo sloya pri vosstanovlenii detalei vysokoskorostnoi argono-dugovoi naplavkoi. *Vestnik ChGAA* 57 (2010): 115-122. Print.
7. Mashrabov N. Ustanovka dlya vysokoskorostnoi naplavki. *Vestnik ChGAU* 29 (2000): 69-70. Print.
8. Rykalin N.N. Raschety teplovyh processov pri svarke. M.: Mashgiz, 1951. Print.
9. Petrov G.L., Tumarev A.S. Teoriya svarochnyh processov. M.: Vyssh. shk., 1977. 392 p. Print.
10. Wear Resistance of Plasma-Hardened Materials. *Journal of Friction and Wear*, Vol. 32, 1 (2011): 17-22. Print.
11. Korotkov V.A. Experience of Application of Plasma Hardening Unit UDZ-200 at Enterprises of the Urals Region. *The Paton Welding Journal* 5 (2012): 46-48. Print.
12. Mashrabov N., Gerenshtein A.V., Gerenshtein E.A. Ustoichivye yavnye skhemy uravneniya teploprovodnosti dlya odnomernoi zadachi. *Vestnik ChGAA* 67/1 (2014): 50-55. Print.
13. Gerenshtein A.V., Mashrabov N. Nagrevanie kruga dvizhuchimsya teploistochnikom (tezisy). *Obozrenie prikladnoi i promyshlennoi matematiki*, Vol. 15, 5 (2008): 870-871. Print.
14. Verzhbickii V.M. Osnovy chislennykh metodov. M.: Vyssh. shk., 2002. 847 p. Print.
15. Shup T. Reshenie inzhenernykh zadach na EVM. M.: Mir, 1982. 235 p. Print.
16. Samarskii A.A. Teoriya raznostnykh skhem. M.: Nauka, 1989. 614 p. Print.
17. Godunov S.K., Ryaben'kii V.S. Raznostnye skhemy. M.: Nauka, 1977. 439 p. Print.
18. Gerenshtein A.V., Gerenshtein E.A., Mashrabov N. Ustoichivye yavnye skhemy dlya uravneniya teploprovodnosti dlya osesimetricnoi zadachi. *Vestnik YuUrGU. Ser.: Matematika. Mehanika. Fizika*. Issue 2, № 9(185), 2010: 4-9. Print.
19. Gerenshtein A.V., Mashrabov N., Gerenshtein E.A. Ustoichivye yavnye shemy dlya uravneniya teploprovodnosti. *Vestnik YuUrGU. Ser.: Matematicheskoe modelirovanie i programirovanie*, Issue 1, № 15(115), 2008: 9-11. Print.
20. Svidetel'stvo o registratsii elektronnoho resursa № 19347. Raschet temperaturnykh polei v polykh valah ot deistviya poverhnostnykh teplovykh istochnikov "Teplo 6.0" (programma) /zayavitel' FGBOU ChGAA. 03.07.2013 g. M.: FGNU INIPI, 2013. Print.

Mashrabov Nematulla, Dr. Sci. (Engineering), Professor of the Chair "Technology and Technical Service Organization", South-Ural State Agrarian University.

E-mail: nmashrabov@yandex.ru.

Gerenshtein Arcady Vasilyevich, Cand. Sci. (Physics and Mathematics), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Applied Mathematics, the Faculty Mechanics and Mathematics, South Ural State University.

E-mail: Ark239@yandex.ru.

Gerenshtein Evgenya Arcadyevna, Cand. Sci. (Engineering), senior lecturer, the Chair of Applied Mathematics, the Faculty of Mechanics and Mathematics, South Ural State University.

E-mail: H-Jane@rambler.ru.

TECHNICAL SCIENCES

Somebody else's bread won't feed us

V. V. Blednykh

The paper describes the main components of increasing the yield of crops, with the question "Why we shouldn't compare the yield of grain crops in Russia and America?" being answered. The effect of the sunshine duration, heat, moisture and nutrients during the vegetation period on the yield is established.

Keywords: land, property, commodity producer, yield, moisture content, climatic resources, equipment, personnel.

References

1. Blednyh V.V., Svechnikov P.G. Gor'kaya sud'ba sel'skogo hozyaistva Rossii. M.: Kolos, 2007. 52 p. Print.
2. Blednyh V.V., Svechnikov P.G. Mozhet li Rossiya sebya kormit'? Chelyabinsk: OOO «Abrisprint», 2010. 72 p.
3. Blednyh V.V., Sinyavski I.V., Svechnikov P.G. Proektirovanie tehnologicheskikh processov v rasnievodstve. *Vestnik ChGAA* 70 (2014): 219-223. Print.
4. Blednyh V.V. Matematicheskaya model' klimaticheskikh uslovii (na primere Chelyabinska). *Vestnik ChGAA* 71 (2015): 15-17. Print.

Blednykh Vasily Vasilyevich, full member of Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Engineering), Professor, South-Ural State Agrarian University.

E-mail: mail@csaa.ru.

Optimizing the batch sizes of goods supplies and the parameters of cargo-handling transit terminals in interterminal traffic

K. V. Glemba, Z. V. Almetova

The aim is to improve the efficiency of the transport system in the regions of the Russian Federation, with the interterminal traffic of the route Moscow-Chelyabinsk being taken as an example. To achieve the aim there appear some problems for researching: to develop the methodical regulations to optimize batch sizes of goods supplies in the interterminal traffic along the route Moscow-Chelyabinsk; to develop the methods to optimize the parameters of cargo-handling facilities in transit terminals; to develop the recommendations to improve the efficiency of the transit freight transport system in the region. The main research direction is to develop the interterminal traffic between regions. When solving the problems in this area the following issue are to be considered: the optimization of technological parameters of storage facilities; the minimization of terminal powers; the downtime reduction for vehicles when loading and unloading; the optimization of parameters of carriers and transport-logistic centers. Thus, using the methodology developed to optimize batch sizes in interterminal traffic, the optimal supply of goods along the route Moscow-Chelyabinsk is defined for a terminal for retail trading networks. The effect of reducing the total costs of transportation and storage of goods in reserve exceeded 2.4 million rubles per year. By adopting the method to optimize the parameters of the cargo-handling complex of transit terminals (which includes methods for calculating the optimum amount of cargo-handling equipment and loading-unloading stations), an optimal variant of the loading-unloading organization of the transit terminal complex of the region within the boundaries of Chelyabinsk region and carrying out distribution functions on the territory of several regions of the Urals and Siberia. The effect is more than 9 million rubles per year. As a result, the models for forming the costs of transportation and storage of goods to optimize batch sizes of goods supplies in interterminal traffic were developed, the cost-based criterion to determine the optimal number of loading-unloading facilities and the number of stations in transit terminals being proposed.

Keywords: transport system, transit traffic and terminals, transport and storage of goods, cargo-handling procedures, facilities, resources and stations, models to form expenses, cost criteria.

References

1. Al'metova Z.V., Larin O.N. Voprosy sokrascheniya porozhnykh probegov avtomobilei pri tranzitnykh gruzovykh perevozkah. *Transport Urala*, 4 (2012): 54-58. Print.
2. Al'metova Z.V., Larin O.N. Ispol'zovanie tranzitnykh terminalov dlya povysheniya effektivnosti tranzitnykh perevozok. *Avtotransportnoe predpriyatie*, 4 (2014): 25-27. Print.
3. Michael D. Benson, Robert B. Noland, Alan. M. Voorhees. Friday Exception Scheduling in Transit Systems: An Exploratory Analysis When Data Are Limited. *Journal of Public Transportation*, Vol. 17, 4 (2014): 35-49. Print.
4. Jeffrey M. Casello, Geoffrey McD. Lewis, Kevin Yeung, and Deborah Santiago-Rodríguez. A Transit Technology Selection Model. *Journal of Public Transportation*, Vol. 17, 4 (2014): 50-75. Print.
5. Joshua K. Anderson and Josh Ellis. Integrating Livability Principles into Transit Planning: Screening Chicago Bus Rapid Transit Opportunities. *Journal of Public Transportation*, Vol. 17, 3 (2014): n.pag. Print.
6. Larin O.N., Mirotin L.B., Goryaev N.K., Al'metova Z.V. Nauchnye osnovy organizatsii tranzitnykh terminalov: monografiya. Chelyabinsk: Izdatel'skii tsentr YuUrGU, 2014. 147 p. Print.
7. Mirotin L.B., Bul'ba A.V., Demin V.A. Logistika, tehnologiya, proektirovanie skladov, transportnykh uzlov i terminalov. Rostov n/D: Feniks, 2009. 408 p. Print.
8. Malindretos G., Christodoulou-Varotsi I., Postan M.Ya., Moskvichenko I.M., Balobanov A.O. Logistics: Freight Transport, Shipping, Intermodal Systems. Geneva-Athens-Odessa-Ilyichevsk "Astroprint", 2004. 67 p. Print.
9. Glemba K.V., Aver'yanov Yu.I. Vyyavlenie i sovershenstvovanie problemnykh vzaimosvyazei strukturnykh elementov sistemy bezopasnosti dvizheniya mobil'nykh mashin. *Vestnik ChGAA*, 66 (2013): 25-34. Print.
10. Glemba K.V., Aver'yanov Yu.I., Glemba V.K. Metody otsenki informatsionnoi peregruzki operatora v processe upravleniya mashinoy. *Vestnik ChGAA*, 56 (2010): 5-10. Print.
11. Al'metova Z.V., Glemba K.V. Printsipy optimizatsii parametrov raboty pogruzochno-razgruzochnykh kompleksov. *Materialy LIV mezhdunar. nauch.-tehn. konf. "Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu"*. Chelyabinsk: ChGAA Publ., 2015.
12. Al'metova Z.V. Integratsiya gruzopotokov v tranzitnykh transportnykh uzlah. *Vestnik YuUrGU. Ser.: Ekonomika i menedzhment*, 44 (303) 2012: 180-183. Print.
13. Al'metova Z.V., Larin O.N. Voprosy razmeshcheniya tranzitnykh terminalov v regionah. *Transport: nauka, tehnika, upravlenie*, 11 (2012): 45-46. Print.
14. Al'metova Z.V. Optimizatsiya parametrov tranzitnykh terminalov. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* 1 (2014). Web. 21 Feb. 2014 <<http://www.science-education.ru/115-12160>>.
15. Al'metova Z.V. Povyshenie effektivnosti tranzitnykh perevozok v mezhterminal'nykh soobshheniyah (na primere Chelyabinskoi oblasti): dis. ... kand. tehn. nauk. Chelyabinsk: YuUrGU, 2014. 185 p. Print.

Glemba Konstantin Vyacheslavovich, Cand. Sci. (Engineering), Assistant Professor, the Chair "Transport Operation and Industrial Training", South-Ural State Agrarian University.

E-mail: glemba77@mail.ru.

Almetova Zlata Viktorovna, Cand. Sci. (Engineering), Assistant Professor, the Chair "Automobile Transport Operation", South Ural State University.

E-mail: zlata.almetova@yandex.ru.

The turbocharger lubrication system with electronic controlling

A. M. Plaksin, A. Yu. Burtsev, A. V. Gritsenko

Currently, in order to provide high power and environmentally friendly performance, more than 70% of the total number of newly produced mobile machines is equipped with engines with

gas-turbine charging systems. However, the intensive operation of turbocompressors with the rotor speed being 40000-170000 min⁻¹ and the exhaust gas temperature reaching 650-700°C causes a noticeable increase in the number of failures. Reducing the failure flow is achieved with effective lubrication of the rotor bearings of the turbocompressor. The developed system design allows controlling the air temperature for additional cooling of the turbocompressor turbine, depending on the outside temperature after stopping the internal combustion engine and when the turbocompressor operates in the rotor rundown mode. The system design also allows changing the temperature of the oil supplied lubricate and cool the bearing of the turbocompressor to avoid thermal shocks and as a result, breakages of the turbine parts. The proposed lubrication system of the turbocompressor of the internal combustion engine excludes the gumming-up of the lubricating oil in the lubrication system channels of the turbocompressor when the internal combustion engine suddenly stops (an emergency under load) because of the rotor-rundown mode of the turbocompressor. The proposed lubrication system is based on the regulated (volume, time and temperature) oil supply to the turbocompressor bearing and the controlled (temperature) supply of the air compressed by the turbocompressor impeller to the input of the turbocompressor turbine wheel to a decrease the temperature of the turbine parts heated up to the temperature 600-700°C, with the operational reliability of the bearings of the rotor, case and the turbocompressor as a whole being increased.

Keywords: lubrication system, turbocharging, turbocompressor, diagnosis, turbocompressor rundown, breaking device, reliability, durability.

References

1. Zyryanov A.P. Perspektiva razvitiya mashinno-traktornogo parka v rastenievodstve. Vestnik ChGAA 63 (2013): 47-50.
2. Plaksin A.M. Tehnicheskii uroven' mashin v rastenievodstve: sostoyanie i perspektivy. Vestnik ChGAA 58 (2011): 67-73. Print.
3. Kuznetsov N.A., Vorokosov I.V. Otsenka variantov agregatirovaniya pochvoobrabatyvayushhego i posevnogo kompleksa dlya vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur. Vestnik ChGAA 58 (2011): 43-46. Print.
4. Okunev G.A., Rahimov I.R., Kuznetsov N.A. Sovremennye tendentsii tehnikeskogo pereosnascheniya proizvodstvennykh formirovaniy razlichnogo tipa. Vestnik ChGAA 69 (2014): 55-58. Print.
5. Okunev G.A., Rahimov I.R., Kuznetsov N.A. Tendentsii razvitiya mehanizirovannykh processov v zemledelii. Vestnik ChGAA 68 (2014): 53-59. Print.
6. Malahoveckii A.F. Povyshenie nadezhnosti turbokompressorov avtotraktornykh dvigatelei putem snizheniya ih teplonapryazhennosti: dis. kand. ... tehn. nauk. Saratov, 2005. 141 p. Print.
7. Patrah'al'tsev N.N., Savastenko A.A. Forsirovanie dvigatelei vnutrennego sgoraniya nadduvom. M.: Legion-Avtodata, 2007. 176 p. Print.
8. Potapov S.V. Povyshenie dolgovechnosti kapital'no otremonirovannykh traktornykh dizelei primeneniem gidroakkumulyatora v smazochnoi sisteme: dis. ... kand. tehn. nauk. Chelyabinsk, 1999. 181 p. Print.
9. Denisov A.S., Kulakov A.T. Obespechenie nadezhnosti avtotraktornykh dvigatelei. Sarat. gos. tehn. un-t (Saratov). Saratov: SGTU, 2007. 422 p. Print.
10. Denisov A.S. [i dr.] Povyshenie ekspluatatsionnoi nadezhnosti turbokompressorov TKR 7N. Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta 4 (2004): 67-74. Print.
11. Korkin A.A. Povyshenie dolgovechnosti turbokompressorov avtotraktornykh dvigatelei putem ispol'zovaniya gidroakkumulyatora v sisteme smazki: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. Saratov, 2010. 24 p. Print.
12. Gritsenko A.V., Plaksin A.M., Burtsev A.Yu. Issledovaniya vybega rotora turbokompressora TKR-11. Agropodovol'stvennaya politika Rossii 1 (2015): 52-55. Print.
13. Gritsenko A.V. Razrabotka metodov testovogo diagnostirovaniya rabotosposobnosti sistem pitaniya i smazki dvigatelei vnutrennego sgoraniya (eksperimental'naya i proizvodstvennaya realizatsiya na primere DVS avtomobilei): dis. ... dokt. tehn. nauk. Chelyabinsk, 2014. 397 p. Print.
14. Gritsenko A.V. [i dr.] Diagnostirovanie sistemy vypuska dvigatelei vnutrennego sgoraniya putem kontrolya soprotivleniya vypusknogo trakta. Fundamental'nye issledovaniya 8, Part 5 (2014): 322-326. Print.

15. Gritsenko A.V. [i dr.] Diagnostirovanie sistemy vpuska dvigatelei vnutrennego sgoraniya meto-
dami testovogo diagnostirovaniya. *Fundamental'nye issledovaniya* 8, Part 5 (2014): 1053-1057. Print.
16. Plaksin A.M. [i dr.] Prodlenie sroka sluzhby turbokompressorov avtotraktornoj tehniky prime-
neniem gidroakkumulyatora v sisteme smazki. *Fundamental'nye issledovaniya* 6. Part 4 (2014):
728-732. Print.
17. Plaksin A.M. [i dr.] Uvelichenie nadezhnosti turbokompressorov avtotraktornoj tehniky prime-
neniem gidroakkumulyatora. *Vestnik Krasnoyarskogo GAU* 8 (2014): 176-180. Print.
18. Plaksin A.M., Gritsenko A.V., Burtsev A.Yu. Rezul'taty eksperimental'nyh issledovaniy vremeni
vybega rotora turbokompressora TKR-11. *Vestnik ChGAA* 70 (2014): 130-135. Print.
19. Prokopyev V.N., Boyarshinova A.K., Zadorozhnaya E.A. Non-linear dynamic of turbocharger
journal bearing elements. *Papers of International Forum of science, technique and education problems.
Academy of science about Earth.* 3-7 dec., 2001, Moscow, Russia, pp. 10-14.
20. Roach P. The Role of CFD in Turbocharger Performance Improvement. Paper № 51, CIMAC
2007, Vienna.

Plaksin Aleksey Mikhailovich, Dr. Sci. (Engineering), Professor, the Chair «Operation of Machine and Tractor Fleet», South-Ural State Agrarian University.

E-mail: mtp@mail.ru.

Burtsev Alexander Yuryevich, post graduate student, the Chair “Operation of Machine and Tractor Fleet”, South-Ural State Agrarian University.

E-mail: burceval2009@yandex.ru.

Gritsenko Alexander Vladimirovich, Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor, the Chair “Trans-
port Operation and Industrial Training”, South-Ural State Agrarian University.

E-mail: alexgrits13@mail.ru.

Energy efficiency and effective work of combined sowing units

A. M. Plaksin, V. A. Zabelina, A. V. Plaksin

The paper deals with the significance and energy efficiency of combined sowing units used in large agricultural enterprises and agricultural holding companies in the Southern Urals, with the methods for calculating the energy performance of units, their technical and economic characteristics and effective work being given. On the basis of the calculation results the energy and technical-economic efficiency of combined sowing units is evaluated, with their advantage over single-purpose units being highlighted. A special attention is focused on environmental and energy efficiency of the use of caterpillar tractors in combined sowing units.

Keywords: combined sowing units, energy consumption, effective power, labor inputs, energy efficiency of units.

References

1. Lipkovich E.I. Traktor T-250, zhizn' i sud'ba. *Traktory i sel'hozmashiny* 8 (2012): 3-12. Print.
2. Nungezer V.V. [i dr.] Indikatory razvitiya inzhenerno-tehnologicheskoi sel'skohozyaistvennogo proizvodstva. *Tehnika i oborudovanie dlya sela* 1 (2010): 28-32. Print.
3. Plaksin A.M. Potentsial posevnyh kompleksov. *Sel'skii mehanizator* 11 (2014): 16+. Print.
4. Plaksin A.M. Energetika mobil'nyh agregatov v rastenievodstve: ucheb. posobie. Chelyabinsk: ChGAU, 2005. 204 p. Print.
5. Plaksin A.M., Plaksin A.V. Effektivnost' ispol'zovaniya gusenichnyh traktorov v sostave kombinirovannyh posevnyh agregatov. *Vestnik ChGAA* 68 (2014): 60-63. Print.

Plaksin Aleksey Mikhailovich, Dr. Sci. (Engineering), Professor, the Chair “Operation of Machine and Tractor Fleet”, South-Ural State Agrarian University.

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

Zabelina Victoria Alexandrovna, postgraduate student, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: vicyla27@mail.ru.

Plaksin Andrey Vyacheslavovich, engineer, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: plax74@yandex.ru.

AGRONOMIC SCIENCES

Microbocenosis of leached chernozem and organic matter dynamics with tillage minimizing under the conditions of the Trans-Urals

S. D. Gilev, I. N. Tymbalenko, A. P. Kurlov, I. V. Rusakova

The article is concerned with the results of studying the reaction of the leached chernozem microflora on the minimum and zero tillage systems, as well as the soil organic matter changes in the central forest-steppes of the Trans-Urals. The research has proved the total amount of the leached chernozem microbial biomass to increase from 366 ± 30 up to 486 ± 1 mg/kg when changing annual ploughing (the moldboard tillage system) to direct seeding of spring wheat for stubble (the zero or stubble system). At the same time the stubble system causes the decrease in the number of physiological groups of the following microorganisms: ammonifying bacteria from 7011 up to 3842 thousand CFU/gm of soil (1.8 times); amylolytic bacteria and actinomycetes from 9747 up to 5820 (1.7 times); nitrifiers from 6.4 to 3.0 thousand CFU/gm of soil (2.1 times). The amount of denitrifiers, on the contrary, increases from 456 to 10740 thousand CFU/gm of soil, and this indicates the soil nitrogen impoverishment. When using nitrogen fertilizers (the average dose is 40 kg per 1 ha) combined with the zero tillage system, the total amount of the microbial biomass increases by 16%, the microorganisms utilizing nitrogen organic compounds for beef-extract agar-agar (50%), the microorganisms consuming mineral nitrogen for SAA (76%) and the nitrifiers (110%) in comparison with the variants without fertilizers. When cultivating spring wheat according to the zero technology on leached chernozem of the central forest-steppe zone of the Trans-Urals, mineral nitrogen causes the number increase of the studied groups of microorganisms in the topsoil. The amount of total and easy-mineralized organic carbon in the leached chernozem after the prolonged use of different tillage systems in the grain-fallow rotation is established to increase, with the positive role of the zero-tillage system to reduce the mineralization intensity of the organic matter of chernozem to maintain higher levels of total and labile humus being determined. The zero tillage is characterized by higher levels of all forms of humus: both the general and the easy-decomposed does not still achieve the level of virgin lands because of low amounts of crop residues in the soil.

Keywords: tillage system, microbial biomass, physiological groups of microorganisms, easy-mineralized organic carbon, nitrogen fertilizers, crop residues, crop yield.

References

1. Ivanov A.L. Sel'skohozyaistvennaya mikrobiologiya i problemy povysheniya effektivnosti i ekologicheskoi bezopasnosti zemledeliya na landshaftnoi osnove. Tezisy dokl. Vseros. konferencii. SPb., 2001, pp. 9-11. Print.
2. Tihonovich I.A., Kruglov Yu.V. Mikrobiologicheskie aspekty plodorodiya pochvy i problemy ustoychivogo zemledeliya. Plodorodie 5 (2006): 9-12. Print.
3. Sveshnikova A.A., Polyanskaya L.M., Lukin S.M. Mikrobnye komplekсы pochv razlichnykh ugodii Vladimirovskoi oblasti. Pochvovedenie 4 (2001): 461-468. Print.
4. Telegin V.A. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya azotnykh udobrenii na urozhainost' sel'skohozyaistvennykh kul'tur i plodorodie chernozema vysshelochennogo v Kurganskoj oblasti: dis. ... kand. s.-h. nauk. M., 2007. 139 p. Print.
5. Kucherov V.S., Kenenbaev S.B., Chekalin S.G. Plodorodie pochv v Priural'e. Dostizheniya nauki i tehniki APK 4 (1993): 1113+. Print.
6. Mocshenko Yu.B. Sovershenstvovanie elementov sistem zemledeliya pri vyraschivanii yarovoi pshenitsy na chernozemah stepnoi zony Zapadnoi Sibiri: avtoref. dis. ... d-ra s.-h. nauk. Omsk, 1990. 32 p. Print.

7. Kiryushin V.I., Lebedeva I.N. Opyt izucheniya izmeneniya organicheskogo veschestva v chernozemah Severnogo Kazahstana pri ih sel'skokozyaistvennom ispol'zovanii. Pochvovedenie 8 (1972): Print.
8. Konceptsiya optimizatsii rezhima organicheskogo veschestva pochv v agrolandshaftah. V.I.Kiryushin [i dr.]. M.: Izd-vo MSHA, 1993. 99 p. Print.
9. Holmov V.G., Yushkevich L.V. Intensifikatsiya i resursosberezhenie v zemledelii lesostepi Zapadnoi Sibiri: monografiya. Omsk: Izd-vo FGOU VPO OmGAU, 2006. 396 p. Print.
10. Gluhih M.A. Vlaga chernozemov Zaural'ya i puti ee effektivnogo ispol'zovaniya. Chelyabinsk: ChGAU, 2003. 358 p. Print.
11. Blagodatskii S.A., Blagodatskaya E.V., Gorbenko A.A., Panikov N.S. Regidratatsionnyi metod opredeleniya biomassy mikroorganizmov v pochve. Pochvovedenie 4 (1987): 71-81. Print.
12. Tepper E.Z., Shil'nikova V.K., Pereverzeva G.I. Praktikum po mikrobiologii. M.: Agropromizdat, 1987. 239 p. Print.
13. Metody opredeleniya aktivnykh komponentov v sostave gumusa pochv. M.: VNIIA, 2010. 32 p. Print.
14. Orlov D.S., Grishina L.A. Praktikum po himii gumusa: ucheb. posobie. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1981. 272 p. Print.
15. Gilev S.D., Cymbalenko I.N., Zamyatin A.A., Kurlov A.P. Effektivnost' tehnologii pryamogo poseva v usloviyah Zaural'ya. Zemledelie 6 (2014): 19-22. Print.
16. Agroekologicheskaya ocenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotehnologii: metod. rukovodstvo/ pod red. V.I.Kiryushina, A.L.Ivanova. M.: FGNU Rosinformagroteh, 2005. 784 p. Print.
17. Kogut B.M. Printsipy i metody otsenki sodержaniya transformiruemogo organicheskogo veschestva v pahotnykh pochvah. Pochvovedenie 3 (2003): 308-316. Print.
18. Semenov V.M. [i dr.] Otsenka obespechennosti pochv aktivnym organicheskim veshchestvom po rezul'tatam dlitel'nykh polevykh opytov. Agrohimiya 3 (2013): 19-31. Print.
19. Sharkov I.N., Danilova A.A. Vliyanie agrotehnicheskikh priemov na izmenenie sodержaniya gumusa v pahotnykh pochvah. Agrohimiya 12 (2010): 72-81. Print.
20. Balabanova N.F., Voronkova N.A. Soderzhanie labil'nogo organicheskogo veschestva v pochve v zavisimosti ot dlitel'nogo primeneniya mineral'nykh udobrenii i solomy v sevooborotah. Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashh. 75-letiyu so dnya rozhd. V.G.Holmova. Omsk, 2012, pp. 184-187. Print.

Gilev Sergey Dmitryevich, Cand. Sci. (Agriculture), Deputy Director for Research, Kurgan Scientific Research Institute of Agriculture.

E-mail: kniish@ketovo.zaural.ru.

Tsymbalenko Ivan Nikolayevich, Cand. Sci. (Agriculture), leading researcher of the Agriculture Laboratory, Kurgan Scientific Research Institute of Agriculture.

E-mail: kniish@ketovo.zaural.ru.

Kurlov Alexander Petrovich, a senior researcher of the Agriculture Laboratory, Kurgan Scientific Research Institute of Agriculture.

E-mail: kniish@ketovo.zaural.ru.

Rusakova Irina Victorovna, Cand. Sci. (Biology), Deputy Director for Research, All-Russian Scientific Research Institute of Organic Fertilizers and Peat.

E-mail: vnion@vtsnet.ru.

Sowing periods for naked barley varieties in the conditions of southern forest-steppes

A. A. Gryaznov, A. V. Loykova

The reaction of naked barley varieties of contrasting sowing periods in conditions of the southern forest-steppes of Chelyabinsk region: the ultra-early sowing – 22-27 April (according to the date of soil readiness for crumbling) and the late sowing May 28 – June 4 (normal for production). The objects of research were:

the multi-row barley L-32 (var. Aethiops Koern. – the ear and grain are black) and the two-row awned barley variety Nudum 95 (var. Nudum L. – the ear and grain are yellow). It was revealed that early sowing causes a significant delay in development: from sowing to germination – up to 16 days, from tillering to booting – up to 5 days. The early sowing leads to a significant increase in productivity: the germination of seeds of the sown multi-row barley is up to 12.5%, of the two-row barley is up to 22.6%; the survival rate of the multi-row barley is up to 34.8%, of the two-row is up to 26.9%; the increase in the number of fertile flowers of the multi-row barley is up to 7.2%, of the two-row barley is up to 4.6%; the increase in the number of grains per one ear of the multi-row barley is 5.3, of the two-row barley is 1.9; the increase in the weight of grain ears of the multi-row barley is 0.21 g, of the two-row barley is 0.10 g. The grain productivity of the varieties early sown in comparison with the ones late sown increases: the multi-row varieties L-32 – three times (2.51 t/ha to 0.84 t/ha), the two-row Nudum 95 – 1.6 times, reaching the level 3.51 t/ha.

Keywords: sowing periods, barley varieties, naked barley, southern forest-steppes, productivity indicators, technology of growing.

References

1. Bolotov A.T. Izbrannye sochineniya po agronomii, plodovodstvu, lesovodstvu, botanike. M.: Izd-vo Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody, 1952. pp. 118-119. Print.
2. Gryaznov A.A., Bidyanov V.A. Reaktsiya sortov yachmenya na sroki seva i udobreniya v Zaural'e. Vestnik ChGAA 62 (2012): 89-91. Print.
3. Gryaznov A.A., Loikova A.V. Reaktsiya golozernykh yachmenei na kontrastnye sroki poseva v usloviyakh izmenyayushhegosya klimata yuzhnoi lesostepi Chelyabinskoi oblasti. Vestnik Altaiskogo GAU 4 (2009): 12-17. Print.
4. Ivanova E.S. Zernovoe sorgo v Zaural'e. Vestnik ChGAA 70 (2014): 193-197. Print.
5. Kirnos G., Chuchko N. Vozdelyvanie yarovoi pshenicy v Severnom Kazahstane. Alma-Ata: Kazgosizdat, 1959. 130 p. Print.
6. Konovalov N.D., Konovalov S.N. Izmenenie pogodnykh uslovii i urozhainost' zernovykh kul'tur v Tambovskoi oblasti. Zemledelie 6 (2008): 36-37. Print.
7. Krasnozhon S.M. Ispol'zovanie sudanskoi travy dlya uluchsheniya kormovoi bazy zhivotnovodstva v severnoi lesostepi Zaural'ya. Vestnik ChGAA 62 (2012): 100-105. Print.
8. Kushnirenko Yu. Opyt vozdelyvaniya yachmenya v Chelyabinskoi oblasti. Chelyabinsk: Chelyabinskii NIISH, 1962. pp. 15-20. Print.
9. Loykova A.V. Reaktsiya sortov golozernogo yachmenya na sroki poseva i normy vyseva semyan v yuzhnoi lesostepi Chelyabinskoi oblasti: dis. ... kand. s.-h. nauk. Chelyabinsk, 2009. 146 p. Print.
10. Savostin V.G. Akademiya v stepi. M.: Kolos, 1974. 55 p. Print.
11. Panfilov A.E. Problemy i perspektivy vyrashchivaniya kukuruzy na zerno v Zaural'e. Vestnik ChGAA 61 (2012): 115-119. Print.
12. Sadohina T.P., Vlasenko N.G. Rol' sroka poseva v formirovanii urozhainosti yachmenya v Zapadnoi Sibiri. Sibirskii vestnik s.-h. nauki 3-4 (2011): 24-30. Print.

Gryaznov Anatoly Alexandrovich, Dr. Sci. (Agriculture), senior researcher, Professor of the Chair "Production and Processing of Agricultural Produce", South-Ural State Agrarian University.

E-mail: granal@yandex.ru.

Loykova Alena Vladimirovna, Cand. Sci. (Agriculture), Russian Agricultural Center for Chelyabinsk region.

E-mail: loykova@mail.ru.

Precipitation infiltration into soil in the Middle Urals

L. P. Ogorodnikov, P. A. Postnikov

The lysimetric installation of the Agriculture Department of Ural Scientific Research Institute for Agriculture constructed in 1989 consists of 46 concrete rings with the total area of 0.75 m². The rings are

dug in the soil according to its horizons at the depth of 70 cm. The water infiltrating into a polyethylene tube enters the ten-liter bottles. In 2011-2014 a lysimetric experiment was conducted on dark-gray forest and soddy-podsol soils to study the effect of various nutrient statuses and field crop rotations on precipitation infiltration into the root-inhabited soil layer. The infiltration recording showed a significant portion of water to infiltrate in early spring when the air temperature became positive. On average, during the four years of studies 46-64 l/lysimeter of water infiltrated depending on the nutrient status and the type of crop rotation during the growing season. The used organic fertilizers (manure, green manure, straw) in combination with mineral statuses $N_{30}P_{30}K_{30}$ and $N_{60}P_{60}K_{60}$ helped to reduce the water infiltration up to 9-21 % as compared with the control. The clover cultivation in lysimeters provided the decrease in precipitation infiltration by 7-12 % against crop rotations with no perennial legumes. In the lysimetric installation water infiltration under the plants in summer occurs when there is excessive moisture and the everyday (or alternate) precipitation is at least 20-25 mm. The maximum precipitation infiltration through the 70-cm soil layer during the growing season is recorded in 2014.

Keywords: crop rotation, nutrition status, mineral fertilizers, organic fertilizers, infiltrate, lysimetric installation.

References

1. Golubev B.A. *Primenenie lizimetriceskogo metoda v agrohimicheskikh issledovaniyakh. Lizimetricheskie metody issledovaniya v pochvovedenii i agrohimii.* M.: Nauka, 1967. 112 p. Print.
2. Kolodyazhnaya A.A. *Rezhim himicheskogo sostava atmosferynykh osadkov i ih metamorfizatsiya v zone aeratsii.* M.: AN SSSR, 1963. 158 p. Print.
3. Peterburgskii A.V. *Krugovorot i balans pitatel'nykh veshhestv v zemledelii.* M.: Nauka, 1979. 168 p. Print.
4. Korotkov A.A., Burkova O.A. *Vymyvanie elementov pitaniya iz dernovo-podzolistykh pochv suhodol'nogo luga.* *Pochvovedenie* 3 (1994): 63-68. Print.
5. Chesnokov N.A., Karpova M.N. *Lizimetricheskie issledovaniya v usloviyakh Srednego Urala.* *Agrohimicheskii Vestnik* 2 (2003): 20-21. Print.
6. Ogorodnikov L.P. *Obosnovanie tehnologii vozdeleyvaniya yachmenya na Srednem Urале: avtoref. dis. ... d-ra s.h. nauk.* Omsk. 1994. 32 p. Print.
7. Karpova M.N., Postnikov P.A. *Infil'tratsiya vlagi i vymyvanie pitatel'nykh elementov v zavisimosti ot sevooborota i fona pitaniya.* *Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v sovremennykh usloviyakh: mater. Vseros. nauch.-prakt. konfer., 15-18 fevralya 2011 g.* Izhevsk: FGOU VPO Izhevskaya GSHA, Vol. 1 (2011): 61-66. Print.

Ogorodnikov Leonid Petrovich, Dr. Sci. (Agriculture), leading researcher of the Department of Agriculture and Fodder Production, Ural Scientific Research Institute for Agriculture.

E-mail: Postnikov.ural@mail.ru.

Postnikov Pavel Afanasyevich, Cand. Sci. (Agriculture), leading researcher of the Department of Agriculture and Fodder Production, Ural Scientific Research Institute for Agriculture.

E-mail: Postnikov.ural@mail.ru.

Winter rye selection and its results in Ural Scientific Research Institute for Agriculture

G. N. Potapova, T. N. Zvereva, K. A. Galimov

This article contains the general information about the direction, methods and findings of the winter rye breeding in Ural Scientific Research Institute for Agriculture during the past 15 years. The selection for improving the adaptability, including winter resistance, and the productivity of plants allowed creating rye varieties which yields with favorable weather conditions up to 6-7 t/ha. The pabular tall variety Pishma has high winter resistance and in early spring (May) forms the herbage higher than other varieties. It is not resistant to lodging and not affected by leaf diseases. It is precocious and has high baking

properties. The rye varieties Iset, Parom, Alice are short-stemmed, resistant to lodging and high-yielding. They have high winter resistance and high baking properties, their ability for grain yield is up to 5-7 t/ha. The winter rye variety Amber (Yarovaya) is undergoing state tests, but it has great potential for grain yield and is not inferior to other varieties as it contains crude protein and has high baking properties.

Keywords: winter rye, variety, selection, seed growing, crop yield.

References

1. Goncharenko A.A. Aktual'nye voprosy selektsii ozimoi rzhii. M., 2014. 372 p. Print.
2. Kul'turnaya flora SSSR. T. 2. Rozh' /pod red. V.D.Kobylyanskogo. L.: Agropromizdat, 1989. Print.
3. Sysuev A.V. [i dr.]. Energiya rzhii dlya zdorov'ya cheloveka. Kirov: NIISH Severo-Vostoka, 2010. 103 p. Print.
4. Sysuev V.A., Kedrova L.I. [i dr.] Ozimaya rozh'. Vozdelyvanie i ispol'zovanie na pischevye i kormovye tseli. Problemy i resheniya. M.: FGNU "Rosinformagroteh", 2007. 172 p. Print.
5. Potapova G.N., Zhakubekov K.K. Ozimye rozh' i tritikale – vazhnaya chast' zelenogo konveiera. Zemledelie 6 (2009): 24-25. Print.
6. Zholobova M.S., Potapova G.N. Izuchenie vliyaniya otdel'nykh elementov tehnologii vozdelyvaniya ozimyykh kul'tur v usloviyakh Sverdlovskoi oblasti. Dostizheniya nauki i tehniki APK 6 (2011): 31-33. Print.
7. Kobylyanskii V.D. [i dr.] Izuchenie innovatsionnoi zernofurazhnoi nizekoptozanovoi ozimoi rzhii. Permskii Agrarnyi Vestnik 1 (2014): 10-16. Print.

Potapova Galina Nikolayevna, Cand. Sci. (Agriculture), leading researcher of the Department of Selection and Seed Growing of Winter Crops, Ural Scientific Research Institute for Agriculture.

E-mail: uralniishoz@mail.ru, kabyr@mail.ru.

Zvereva Tatyana Nikolayevna, leading researcher of the Department of Selection and Seed Growing of Winter Crops, Ural Scientific Research Institute for Agriculture.

E-mail: uralniishoz@mail.ru, kabyr@mail.ru.

Galimov Konstantin Arturovich, leading researcher of the Department of Selection and Seed Growing of Winter Crops, Ural Scientific Research Institute for Agriculture.

E-mail: uralniishoz@mail.ru, kabyr@mail.ru.

Improving the cultivation efficiency of perennial grasses in the Middle Urals

M. A. Tormozin, A. E. Nagibin

A brief overview of the distribution, the importance and the role of perennial grasses when creating a stable food supply in the Middle Urals. Achieving the maximum yield of digestible protein and metabolizable energy with optimal fiber amount per an area unit is possible with using the feedstock-based conveyor system of perennial and annual fodder crops. On the basis of the field experiments and detailed biochemical studies in 2006-2012 some patterns of productivity and chemical composition were revealed, and they are described in this article.

Keywords: fodder production, perennial grasses, alfalfa, clover, goat's-rue, metabolizable energy, crude protein.

References

1. Konceptsiya razvitiya kormoproizvodstva v RF. M., 1999. 70 p. Print.
2. Nagibin A.E., Tormozin M.A. Bobovye travy – glavnyi istochnik ob'emistykh kormov. Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvjashh. 55-letiyu GNU Ural'skii NIISH, Rasteniyevodstvo 1 (2011): 333-337. Print.
3. Shpaar D. Kormovye kul'tury. M.: MD OOO "Agrodelo", Vol. 1, 2009. 464 p. Print.

Tormozin Maksim Alexandrovich, Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Laboratory Selection and Seed Growing of Perennial Legumes, Ural Scientific Research Institute for Agriculture.

E-mail: tormozinma@mail.ru

Nagibin Alexander Yegorovich, Cand. Sci. (Agriculture), senior researcher of the Laboratory Selection and Seed Growing of Perennial Legumes, Ural Scientific Research Institute for Agriculture, Honored agronomist of the Russian Federation.

E-mail: uralniishoz@inbox.ru.

STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCE

Acceleration of growth and development of plants when using organic irrigation solutions in hydroponic forage production

M. L. Gordievskikh, E. I. Stolbovaya, V. V. Kolyagina

Irrigation solutions for vegetable forage in greenhouses contain different synthetic stimulators for stimulating growth and development of plants that can lead to accumulated chemical compounds in the hydroponic green forage (HGF). The use of liquid humic preparations obtained from vermicompost with simultaneous combining of ultrasound and an ozono-air mixture on the suspension «water-vermikompost» is found to cause obtaining solutions with highly favourable agrotechnical characteristics. The experiment resulted in establishing the rational parameters of the ultrasonic impact on the «water-vermikompost» suspension at the ratio of the vermikompost and water as 1:100. Thus, the ultrasonic power output is 1,1...1,3 W/cm², the frequency is 20...22 kHz, the amplitude of fluctuations is 0,9...1,1·10⁻⁶ m, the ozone concentration is 13,32 g/m³, the speed of the ozono-air stream movement is 3,2 m/s. The solution saturation with organic compounds is found to reach its maximum when the treated layer height is not more than 6 cm. The obtained solution is evaluated with the transmission coefficient and its changes. The diagrams are built in the coordinates «transmission – exposure duration». The agronomic characteristics of the vermisolution are determined by its effect on the germination and growth of wheat seeds. Water being used for controlling, the ultrasonication in the ozone-air mixture on the solution «water-vermikompost» is revealed to increase the transfer efficiency of the organic vermicompost substance into a solution available to plants. The ultrasonication simultaneous combined with ozone treatment is found to create favourable conditions for obtaining an organic solution (vermisolution) with higher agronomic characteristics. The use of this solution helps to accelerate the growth of the wheat «Chelyaba-2» by 6...8% and increase the biomass amount by 4...5%.

Keywords: irrigation solution, hydroponic green forage (HGF), humic substances, vermicompost, vermisolution, ultrasound, ozone-air mixture, plant growth stimulator.

References

1. Popov A.I. Teoreticheskoe obosnovanie primeneniya guminovykh veschestv v sel'skohozyaistvennom proizvodstve. Web. 10 Sent. 2015 <<http://www.stepmichail.narod.ru>>.
2. Pat. na izobretenie № 1711733 MPK A01G31/00 15.02.1992. Pitatel'nyi rastvor dlya gidroponogo vyraschivaniya basmy / Sh.A. Markaryan [i dr.].
3. Zayavka na izobretenie № 2004115192 MPK A01G31/00 10.11.2005. Preparat dlya gidroponogo vyraschivaniya rastenii / A.Yu. Vinarov [i dr.].
4. Pat. na izobretenie № 2142706 MPK A01N37/44, A01N59/00, C05G3/02 20.12.1999. Kompozitsiya i sposob uskoreniya rosta rastenii / Alan M. Kinnersli [i dr.].
5. Pat. RU №2535739. Sposob vyraschivaniya zelenoi kormovoi massy na substrate / E.I. Stolbovaya, M.L. Gordievskikh; zajavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO ChGAA. № 2013117679113; zayav. 16.04.2013; opub. 20.12.2014, Byul. № 35.
6. Moskalenko T.V., Miheev V.A., Daneelov O.S. Vozdeistvie ul'trazvukovym polem na torf pri ekstragirovanii guminovykh kislot. *Gornyi informatsionno-analiticheskiy byulleten'* 3 (2010): 209-213. Print.

7. Orlov D.S. Himiya pochv: uchebnik. M.: Izd-vo MGU, 1992. 400 p. Print.
8. Ul'trazvuk. Fiziko-himicheskoe i biologicheskoe deistvie /pod red. I.E.El'pinera. M.: Fizmatgiz, 1973. 420 p. Print.
9. Agranat B.A. Ul'trazvuk v poroshkovoi metallurgii. M.: Metallurgiya, 1986. 168 p. Print.
10. Stolbovaya E.I. Fiziko-himicheskie parametry zhidkogo organicheskogo udobreniya v zavisimosti ot kavitatsionnogo ul'trazvukovogo vozdeistviya. *Vestnik ChGAA* 63 (2014): 100-107. Print.
11. Kasatkin A.G. Osnovnye processy i apparaty himicheskoi tehnologii: uchebnik dlya vuzov. 10-e izd., ster., dorab. Perepech. s izd. 1973 g. M.: OOO TID «Al'yanS», 2004. 753 p. Print.

Gordievskikh Mikhail Leonidovich, Dr. Sci. (Engineering), Professor, the Chair «Storage and Processing of Agricultural Produce», South-Ural State Agrarian University.
E-mail: pererabotkashp@mail.ru.

Stolbovaya Elena Ivanovna, senior lecturer, the Chair «Storage and Processing of Agricultural Produce», South-Ural State Agrarian University.
E-mail: pererabotkashp@mail.ru.

Kolyagina Victoria Vadimovna, post graduate student, the Chair «Storage and Processing of Agricultural Produce», South-Ural State Agrarian University.
E-mail: pererabotkashp@mail.ru.

Technological features of cultivation and assessment of toxicological safety oyster

N. L. Naumov A. V. Buchel, V. V. Chaplinsky

The oyster mushroom is a common fungus cultivated in vitro. For many years the oyster mushroom has been cultivated in the Netherlands, Germany, France, Poland, and recently has been cultivated in Russia. The oyster mushroom has an ability to accumulate pesticides, toxic elements and radioactive isotopes from the environment. Chelyabinsk region as an industrial center of metallurgy and mechanical engineering is one of the most environmentally unfriendly. Intensive cultivation techniques provide the oyster mushroom cultivation in special rooms with controlled environmental conditions. The aim of our research being to study the peculiarities of the oyster mushroom cultivation under controlled conditions and to assess their toxicological safety, as a result, the substrate for cultivating oyster mushrooms at LLC “Crystal” (Chelyabinsk region, Chesmensky District, v.Chesma) was found to be a mixture of shredded cereal straw, corn stalks, sunflower husks and the sawdust of broad-leaved trees. The mycelia mass grow in plastic bags, then the bags are vertically put in the basement on lattice racks in three rows at the distance of 30-40 cm to leave the space for the mycothalli of future mushrooms. Each production cycle of oyster mushrooms is impossible without the due requirements for temperature, humidity and light conditions. The content of cadmium, arsenic and mercury in the forest mushrooms is 5, 3 and 280 times higher, accordingly, than in the cultivated ones. As for the lead content “wild” mushrooms it exceeded the maximum permissible concentration by 14%. The determined content of dichlorodiphenyltrichloroethane and its metabolites, as well as the hexachlorane content in the “wild” fungi exceeded 4 and 12 times the ones in the cultivated oyster mushrooms. The content of cesium-137 in mushrooms grown in the controlled environment is 33 times lower than in mushrooms grown in natural conditions, with Strontium-90 also being 70 times lower.

Keywords: mushrooms, oyster mushrooms, cultivation under controlled conditions, intensive cultivation, quality, safety.

References

1. Berdyshev S.N. Griby. M.: Mir knigi, 2003. 191 p. Print.
2. Il'ina T.A. Griby. Atlas-opredelitel'. M.: Eksmo, 2014. 256 p. Print.
3. Vse o s'edobnyh gribah: atlas-spravochnik. Bestiary, 2013. 128 p. Print.
4. Deacon J.W. Modern Mycology. Oxford, Blackuell Science, 1997. 303 p. Print.

5. Bartnicki-Garcia S. Cell wall chemistry, morphogenesis and taxonomy of fungi. *Ann Rev. Microbiol.* 1968. № 22. pp. 87-108. Print.
6. Capalova I.Ye., Bakaitis V.I., Kutaf'eva N.P., Poznjakovskii V.M. Ekspertiza gribov: ucheb.-sprav. posobie. Novosibirsk: Sib. univ. izd-vo, 2002. 256 p. Print.
7. Galynkin V.A., Zaikina N.A., Mindukshev I.V., Orlova N.A. Promyshlennaya mikologiya: monografiya. SPb.: Izd-vo SPHFA, 2003. 220 p. Print.
8. Dudka I.A., Bis'ko N.A., Bilai V.T. Kul'tivirovanie s'edobnyh gribov. Kiev: Urozhai, 1992. 158 p. Print.
9. Kopyl'tsov, S.V. Sozdanie ishodnogo materiala dlya selektsii gibridnyh shtammov *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm na osnove metoda otbora gaplotipov s povyshennoi aktivnost'yu lakkaz: dis. ... kand. biol. nauk. Krasnodar, 2009. 127 p. Print.
10. Gertman A.M. Nezaraznaya patologiya krupnogo rogatogo skota v tehnogennyh provintsiyah Yuzhnogo Urala i sposoby ee korrektsii: dis. ... d-ra vet. nauk. Kazan', 2005. 427 p. Print.
11. Gribovskii G.P., Gribovskii Yu.G., Plohih N.A. Biogeohimicheskie provintsii Urala i problemy tehnogeneza. Tehnogenez i biogeohimicheskaya evolyutsiya taksonov biosfery. M.: Nauka, 2003. 362 p. Print.
12. Tairova A.R. Soderzhanie tyazhelyh metallov vo vneshnei prirodnoi srede SHP «Ozernoe». *Aktual'nye problemy veterinarnoi mediciny, zhivotnovodstva, tovarovedeniya, obschestvoznaniya i podgotovki kadrov na Yuzhnom Urale: mater. mezhvuz. nauch.-prakt. konf. (19-20.03.98.)*. UGIVM, Part 1 (1998): 113-114. Print.
13. Semenets N.N. Vidovaya zavisimost' pogloscheniya kormovymi kul'turami tyazhelyh metallov v zone ekologicheskogo neblagopoluchiya. *Perspektivnye napravleniya nauchnyh issledovaniy molodyh uchenykh, specialistov Urala i Sibiri: mater. V nauch.-prakt. konf. Troitsk*. UGAVM (2001): 84-85. Print.
14. Bashkin V.N., Galiulin R.V., Galiulina R.A. Geoekologicheskaya otsenka putei postupleniya kantserogennyh veshhestv v okruzhayuschuyu sredu. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* 3 (2009): 55-57. Print.
15. Ivanov D.V. Radioekologicheskie issledovaniya urovnei oblucheniya zhitelei Ural'skogo regiona metodom EPR dozimetrii: dis. ... kand. fiz.-mat. nauk. Ekaterinburg, 2005. 147 p. Print.
16. Yarmoshenko I.V., Kon'shina L.G., Lezhnin V.L. Analiz otdalennyh effektov oblucheniya naseleniya severnoi chasti Vostochno-Ural'skogo radioaktivnogo sleda. *Gigiena i sanitariya* 3 (2009): 49-51. Print.
17. Shagina N.B. Razrabotka polovozrastnoi modeli metabolizma strontsiya dlya zhitelei Ural'skogo regiona: dis. ... kand. fiz.-mat. nauk. Chelyabinsk, 2003. 126 p. Print.

Naumova Natalya Leonidovna, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Technology and Catering Organization, South Ural State University (National Research University).

E-mail: n.naumova@inbox.ru.

Buchel Alexander Vitautasovich, Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Food Merchandising and Veterinary-Sanitary Examination, South-Ural State Agrarian University.

E-mail: 1515-84@mail.ru.

Chaplinsky Vyacheslav Valentinovich, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor, Head of the Chair "Storage and Processing of Agricultural Produce", South-Ural State Agrarian University.

E-mail: pererabotkashp@mail.ru.

Estimating the spectrum of toxic substances in tillering spring wheat in contaminated soil

S. I. Silkov, V. V. Chaplinsky, Ts. V. Prokopov

The analysis of the soil pollution with toxic substances shows that zinc and cadmium are highly concentrated in plants reducing their quality indicators. Thus, the purpose of research is to study

the effect of zinc and cadmium in the soil on the physical and chemical composition and the properties of spring wheat in its tillering phase. Thus, the accumulation of toxic substances in spring wheat plants is evaluated quantitatively and qualitatively, as they lead to changes in the chemical composition and affect the food quality. The high degree of soil pollution with zinc oxide and cadmium leads to high concentrations of these elements in the vegetative parts of spring wheat in the initial phase of development, i.e. tillering. Depending on the degree of soil pollution, self-preservation occurs due to the protective barriers of plants themselves. The maximum allowable level (MAL) in spring wheat in its tillering phase is exceeded: with the zinc content by 6,3-15,9% for the variants with Cd 2-16 mg/kg, and by 225,3-517,4% for the variants with Zn 200-1600 mg/kg; with the nickel content by 3,7-27,0% for the variants with Cd 200-1600 mg/kg (2 times); with the cobalt content by 14,8-64,8% for the variants with Cd 200-1600 mg/kg, by 40,7-200,0% for the variants with Zn 200-1600 mg/kg (1.5 times); with the iron content by 22,3-85,7% for the variants with Cd 200-1600 mg/kg (3-7 times); with the Cadmium content for the variants with Cd 2-16, 200-1600 mg/kg, and for the variants with Zn 200-1600 mg/kg (20 times); with the Chromium content for the variants with Cd 8-12, 800-1600 mg/kg (30 times). Additional soil pollution with heavy metals (HM) leads to a sharp increase of their concentration in plants. For crop production, free of heavy metals on soils with high levels of their concentration it's necessary to carry out chemical analysing of soils considering the content of the most dangerous metals, to choose crops consuming the minimum of these elements, and on highly polluted soils to grow crops for technical processing.

Keywords: soil contamination, toxic substances, spring wheat, heavy metals, zinc, cadmium, copper, lead, cobalt, iron, forage quality.

References

1. Titov A.F., Talanova V.V., Kaznina N.M., Laidinen G.F. Ustoichivost' rastenii k tyazhelym metallam. Institut biologii KarNC RAN. Petrozavodsk: Karel'skii nauchnyi centr RAN, 2007. 172 p. Print.
2. SanPiN 2.3.2.1078-01 Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishhevoi tsennosti pischevyh produktov. Print.
3. Il'in V.B. Tyazhelye metally v sisteme pochva-rastenie. Novosibirsk: Nauka, 1991. 151 p. Print.
4. Firsova V.P., Pavlova T.S., Toshhev V.V., Prokopovich E.V. Sravnitel'noe izuchenie sodержaniya tyazhelyh metallov v lesnyh, lugovyh i pahotnyh pochvah lesostepnogo Zaural'ya. *Ekologiya* 2 (1997): 96-101. Print.
5. Lushnikov E.K. Klinicheskaya toksikologiya. M.: Medicina, 1990. 365 p. Print.
6. SanPiN 2.1.7.573-96. Gigienicheskie trebovaniya k ispol'zovaniyu stochnykh vod i ih osadkov dlya orosheniya i udobreniya. Print.
7. Alekseev Yu.V. Tyazhelye metally v pochvah i rasteniyah. L.: Agropromizdat, 1987. 142 p. Print.
8. Muhamaturov M.M. Tehnogennoe zagryaznenie sel'hozugodii tyazhelymi metallami. *Vestnik ChGAU* 37(2002): 105-110.
9. Ischenko G.S., Butnik A.S., Afanas'eva T.F. Otsenka sovместnogo zagryazneniya urozhaya pshenicy svintsom, kadmiem, strontsiem-90 i tseziem-137. *Agrohimiya* 6 (1995): 99-103. Print.
10. Pervunina R.I., Zyrin N.G. Migratsiya soedinenii kadmiya v model'nom agrobiotsenoze. Migratsiya zagryaznyayuschih veshchestv v pochvah i sopredel'nyh sredah: trudy II Vsesoyuzn. soveschaniya. L.: Gidrometeoizdat, 1980. pp. 182-191. Print.
11. Strnad V. [i dr.] Vliyanie vneseniya vodorastvorimyyh solei svintsy, kadmiya i medi na ih postuplenie v rasteniya i urozhainost' nekotoryh sel'skohozyaistvennyh kul'tur. *Agrohimiya* 4 (1991): 76-83. Print.
12. Bose S., Bhattacharyya A. K. Heavy metal accumulation in wheat plant grown in soil amended with industrial sludge. *Chemosphere*, 70, 2008, pp. 1264-1272. Print.
13. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants of foodstuffs. *Official Journal of the EU*, L364, 20.12.2006. Print.
14. Gisbert C. et al. Tolerance and accumulation of heavy metals by Brassicaceae species grown in contaminated soils from Mediterranean region of Spain. *Environmental and Experimental Botany*, 56, 2006, pp. 19-27. Print.
15. Jamali M.K. et al. Heavy metal accumulation in different varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in soil amended with domestic sewage sludge. *Journal of Hazardous Materials*, 164, 2009, pp. 1386-1391. Print.

16. Sinhg R. et al. Accumulation and translocation of heavy metals in soil and plants from fly ash contaminated area. *Journal of Environmental Biology*, July 2010, pp. 421-430. Print.

Silkov Sergey Ilyich, Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Chair of “Storage and Processing of Agricultural Produce”, South-Ural State Agrarian University.

E-mail: pererabotkashp@mail.ru.

Chaplinsky Vyacheslav Valentinovich, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor, Head of the Chair “Storage and Processing of Agricultural Produce”, South-Ural State Agrarian University.

E-mail: pererabotkashp@mail.ru.

Prokopov Tsvetko Velchev, Dr. Sci., Associate Professor of the Chair «Engineering Ecology», University of Food Technologies, Plovdiv, Bulgaria.

E-mail: tsvetko_prokopov@abv.bg.

VETERINARY SCIENCES

Comparative effects of lithium-containing pharmacological agents on the prooxidant and antioxidant systems of a chicken's body when beak trimming

D. E. Anosov, A. V. Miftahutdinov

Negative consequences of beak trimming of meat-cross chickens is stress, bleeding, increased recovery period and developmental lag. To reduce the recovery period and prevent stress when beak trimming chickens, a method involving the use of vitamin K and developed pharmaceutical compositions SPAO-complex and SM-complex is developed. The scheme of using the method is the following: SM-complex from the birth and during the following is to be daily used with water (300 mg/kg of the body weight during the first seven days of chickens' life, SPAO-complex (240 mg/kg of the body weight) with water, according to the scheme 2 days before, on the beak trimming day and during 2 days after the operation, and vitamin K in the feed (100 mg per a chicken) daily during 4 days, with the first day being the third day before the beak trimming. The paper deals with the study of the beak trimming effects on the prooxidant and antioxidant systems of a chicken's body and the comparative evaluation of the influence degree on the level of oxidation modifications of proteins and ceruloplasmin, the proposed pharmacological methods to reduce the negative effects of beak trimming. The longest recovery of chickens after beak trimming is observed in the reference group, with the chickens' safety over the studied period being 98.34% which is 0.7% lower than in the group in which the lithium citrate is used and 1.24% lower than in the group in which the proposed scheme is used. Lithium citrate causes a strong anti-stress effect without direct stimulation of the body's antioxidant system and antihemorrhagic effect. This makes it less effective preventing stress caused by beak trimming of chickens. The proposed method is more effective with beak trimming of chickens due to the adaptogenic and antihemorrhagic effect of used pharmacological preparations and makes the prophylactic measures effective to reduce the chickens' recovery period, to increase the average daily gain of body weight. It has a high antioxidant activity as direct stimulation of ceruloplasmin and less induction of oxidative protein modification appear.

Keywords: chickens' stress, beak trimming, oxidative protein modification, ceruloplasmin, SM-complex, SPAO-complex, vitamin K.

References

1. Kavtarashvili A.Sh., Kolokol'nikova T.N. Fiziologiya i produktivnost' ptitsy pri stresse (obzor). *Sel'skohozyaistvennaya biologiya* 4 (2010): 25-37. Print.
2. Fisinin V.I., Surai P. Pervye dni zhizni cyplyat: ot zaschity ot stressov k effektivnoi adaptatsii. *Ptitsevodstvo* 2 (2012): 11-15. Print.
3. Fisinin V.I., Surai P. Mikotoksiny i antioksidanty: neprimirimaya bor'ba (T-2 toksin – metabolizm i toksichnost'). *Ptitsa i ptitseprodukty* 3 (2012): 38-41. Print.

4. Fisinin V.I., Papazyan T., Surai P. Innovatsionnye metody bor'by so stressami v pitsevodstve. *Pticevodstvo* 8 (2009): 10-14. Print.
5. Fisinin V. I. [i dr.]. Stressy i stressovaya chuvstvitel'nost' kur v myasnom pitsevodstve. Diagnostika i profilaktika. Troitsk: UGAVM, 2013. 215 p. Print.
6. Utrera M., Estévez M. Oxidative damage to poultry, pork, and beef during frozen storage through the analysis of novel protein oxidation markers. *J Agric Food Chem.* 2013. № 21(33). pp. 7987–7993. Print.
7. Panin L.E. Biohimicheskie mehanizmy stressa. Novosibirsk: Nauka, 1983. 233 p. Print.
8. Baraboi V.A. Mehanizmy stressa i perekisnoe okislenie lipidov. *Uspehi sovrem. Biologii* Vol. 111, 6 (1991): 923-932. Print.
9. Dubinina E.E. Rol' aktivnyh form kisloroda v kachestve signal'nyh molekul v metabolizme tkanei pri sostoyaniyah okislitel'nogo stressa. *Vopr. med. Himii* Vol. 47, 6 (2001): 561-581. Print.
10. Pantke U., Volk T., Schmutzler M., Kox W. J., Sitte N., Grune T. Oxidized proteins as a marker of oxidative stress during coronary heart surgery. *Free Radic. Biol. Med.* 1999. № 27. pp. 1080–1086. Print.
11. Huang C., Jiao H., Song Z., Zhao J., Wang X., Lin H. Heat stress impairs mitochondria functions and induces oxidative injury in broiler chickens. *J. Anim. Sci.* 2015. № 93(5). pp. 2144-2153. Print.
12. Preobrazhenskii S.N., Evtinov I.A. Korrektsiya tehnologicheskikh stressov v pitsevodstve solyami litiya. *Veterinariya* 11 (2006): 46-49. Print.
13. Dubinina E.E., Burmistrov S.O., Hodov D.A., Porotov I.G. Okislitel'naya modifikatsiya belkov syvorotki krovi cheloveka, metod ee opredeleniya. *Voprosy meditsinskoj himii* 41 (1995): 24-26. Print.
14. Muravleva L.E. [i dr.] Okislitel'naya modifikatsiya belkov: problemy i perspektivy issledovaniya. *Fundament. issled.* 1 (2010): 18-24. Print.
15. Miftahutdinov A.V. [i dr.] Effektivnost' stimulyatora metabolizma SM-complex pri otkorme tsyplyat-broilerov. *Dostizheniya nauki i tehniki APK* 12 (2014): 54-56. Print.
16. Pat. № 2310865. Sposob diagnostiki narushenii perekisnogo okisleniya lipidov i antioksidantnoi aktivnosti pri stress-reaktsii posle operatsii na schitovidnoi zheleze /O.S.Olifirova, O.L.Nizel'nik; opubl. 20.11.2007.

Anosov Dmitry Yevgenyevich, post graduate student of the Chair of Physiology and Pharmacology, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: nirugavm@mail.ru.

Miftahutdinov Alevtin Victorovich, Dr. Sci. (Biology), Professor of the Chair of Physiology and Pharmacology, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: nirugavm@mail.r

Heifers' age effect on their reproductive qualities at first insemination

D. S. Vilver, A. S. Vilver

The paper deals with the age effect on reproductive qualities of the first-calving cows at first (achieved) insemination and then of the cows of the third lactation. The animals are cows of the black-and-white breed, which parameters are studied and analysed. According to all the investigated qualities the cows of the first group are established to have better reproductive ability, with the cows of the second group being slightly inferior to them, and the animals of the third group having the worst reproductive qualities. First-calf heifers and cows, despite their extended service period, don't show higher milk production. Thus, when breeding the late first insemination of heifers is not desirable, and it is sure to have a negative impact on the reproductive performance of cows in the future

Keywords: service period, dry period, first-calving cows, full-grown cows.

References

1. Vil'ver D.S. Molochnaya produktivnost' korov cherno-pestroi porody i vzaimosvyaz' hozyaistvenno poleznykh priznakov. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* 1 (15), 2015, pp. 107-109. Print.

2. Vil'ver D.S. Vliyanie genotipicheskikh faktorov na hozyaistvenno poleznye priznaki korov pervogo otela. *Nauchno-metodicheskii elektronnyi zhurnal Koncept* 13 (2015): pp. 2051-2055.
3. Mironenko S.I., Kosilov V.I., Nikonova E.A. Myasnye kachestva sverhremontnykh tyolok krasnoi stepnoi porody i eyo pomesei . *Strategiya osnovnykh napravlenii nauchnykh razrabotok i ih vnedreniya v zhivotnovodstve*. Orenburg. 2014. pp. 9-13. Print.
4. Sonck B., Daelemans J., Langenakens J. Preference test for free stall surface material for dairy cows. *Emerging Technologies for the 21st Century*, July 18-21, Paper No. 994011. ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, MI. 2011. pp. 85-89. Print.
5. Daniel Z. Caraviello Length of Productive Life of High Producing Cows. *Dairy Updates Reproduction and Genetics*. 2009. No. 612. pp. 1-8. Print.
6. Stavetska R.V., Babenko E.I. Формування відтворювальної здатності корів у високопродуктивних стадах молочної худоби. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: сільськогосподарські науки. 2014. Vol. 2. № 1. pp. 199-205. Print.
7. Gorelik O.V., Vil'ver D.S., Vzaimosvyaz' morfofunktsional'nykh svoystv vymeni i vosproizvoditel'nykh kachestv s molochnoi produktivnost'yu korov. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* 3 (2009): 60-62. Print.
8. Vil'ver D.S. Vliyanie vozrasta pervogo osemneniya telok na molochnuyu produktivnost'. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta* 4 (2008): 159-160. Print.
9. Caraviello D.Z., Weigel K.A., Gianola D. Analysis of the relationship between type traits and functional survival in Jersey cattle using Weibull proportional hazards model. *J. Dairy Sci.* 2010. 86. C. 2984–2989. Print.
10. Seltsov V. I., Sermyagin A. A. Assessment of persistence components of milk from Simmental cows-heifers of different origin. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences* vol 36, 12 (2014): 3-8. Print.
11. Pelekhaty M., Piddubna L., Kucher D. Breeding selection in an open populyatsii of milk cattle. *Technology Production i pererabotki produktsii zhivotnovodstva* 7 (2012): 94-98. Print.
12. Havturina A. Especially feeding high productive cows of Holstein under syndrome of fatty liver. *Vestnik Dnepropetrovskogo derzhavnogo agrarnogo universiteta* 2 (2011): 162-164.
13. Kosilov V.I., Mironenko S.I., Nikonova E.A., Andrienko D.A. Vosproizvoditel'naya funktsiya chistoporodnykh i pomesykh matok. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, Vol. 5, 37-1 (2012): 83-85. Print.
14. Hansen L. B., Cole J. B., Marx G. D. Body size of lactating dairy cows: results of divergent selection for over 30 years. Web. 10 Sept. 2015 <http://www.funjackals.com/publications/6wecalp_25035.pdf. 2013>.
15. Milostiviy R., Vysokos M. Resistant and productive qualities of the imported Holstein cattle of different origin. *Vestnik Dnepropetrovskogo derzhavnogo agrarnogo universiteta* 1 (2009): 104-106. Print.
16. Vil'ver D.S. Hozyaistvenno-poleznye priznaki korov cherno-pestroi porody v zavisimosti ot fenotipicheskikh faktorov. dis. ... kand. sel'skhoz. nauk. Troitsk: UGAVM, 2009. 208 p.

Vilver Dmitry Sergeevich, Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Genetics and Breeding of Farm Animals, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: dmitriy.vilver@mail.ru.

Vilver Alex Sergeevich, undergraduate, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: dmitriy.vilver@mail.ru.

Comparative efficiency of different doses of the pharmaceutical compound SM-complex when fattening broiler chickens

A. S. Mitrokhina

The increased intensity of broiler poultry production as the most dynamic and knowledge-based industry can eliminate the problem of providing the population with nutritious and relatively cheap

meat of high quality. To increase the produced output it is necessary to solve the problem of increasing the poultry safety and reducing the feed per one unit of live weight gain. Thus, to use stimulators for growth and development is reasonable. The use of existing pharmacological preparations is aimed at correcting the intestinal microflora and improving the nutrient absorption of food. Opposed to them the authors propose a pharmacological complex for activating the poultry metabolism, and thereby increasing the conversion of feed into produce. This article presents the results of the effect of the pharmacological composition CM-complex on the dynamics of the live weight and safety of chickens. The investigated pharmacological complex is fed during the first five days of a chick's life in a standard way through the medicator system. The poultry of the first group serve as a reference one and do not consume the complex, and on the contrary the second, third and fourth groups of chickens consume the SM-complex, with the dose being 300 mg and containing 10, 15 and 20% of the preparation respectively. Thus, the safety in the experimental groups is higher than in the reference one. In the second group the chickens' safety exceeded the safety in the reference on by 1.8%, in the third – by 2.0% and in the fourth – by 2.3%. The body weight of slaughtered chickens in the experimental groups is also higher in comparison with the reference one: in the second, the third and fourth by 1.4%, 4.5% and 6.6% respectively. The economic effectiveness of the used SM-complex is 39,9-58,0 rubles per one ruble of expenses.

Keywords: SM-complex, broiler chickens, stimulators for growth, pharmacological complex, economic effectiveness.

References

1. Fisinin V.I. [i dr.]. Stressy i stressovaya chuvstvitel'nost' kur v myasnom ptitsevodstve. Diagnostika i profilaktika: monografiya. Troitsk: UGAVM, 2013. 215 p. Print.
2. Lopes Ed. C. The impact of feed withdrawal on quality, safety, yield of processed chickens. *Poultry International*, Vol. 50, 3 (2012): 30-31. Print.
3. Guschin V.V., Lischenko V.F. Myasnoe ptitsevodstvo Rossii: uroki proshlogo, dostizheniya i perspektivy. *Ptitsa i ptitseprodukty* 5 (2012): 20-22. Print.
4. Fisinin V.I. Ptitsevodstvo Rossii v 2011 godu: sostoyaniye i perspektivy innovatsionnogo razvitiya do 2020 goda. *Innovatsionnye razrabotki i ih osvoenie v promyshlennom ptitsevodstve: mater. XVII mezhdunar. konf. VNAP. Sergiev Posad, 2012. pp. 7-17.*
5. Zimina T. Rosptitsoyuz podvel itogi goda. *Zhivotnovodstvo Rossii* 2 (2013): 6-8. Print.
6. Fisinin V.I., Tardat'yan A.G. Sovremennyye strategii bezopasnogo kormleniya ptitsy. *Ptitsa i ptitseprodukty* 5 (2003): 21-26. Print.
7. Nozdrin G.A., Shevchenko A.I. Prirost zhivoi massy myasnyh gusei, broilernykh indeek i tsyplyat pri skarmlivanii probiotikavetom 1.1. Dostizheniya nauki i tehniki APK 4 (2009): 44-45. Print.
8. Lenkova T.N., Egorova T.A., Men'shenin I.A. Novyi probiotik A2. *Ptitsevodstvo* 4 (2013): 23-26. Print.
9. Ovchinnikov A.A., Plastinina Yu.V., Ishimov V.A. Sravnitel'noe primeneniye probiotikov v ptitsevodstve. *Zootehniya* 5 (2008): 8-10. Print.
10. Fisinin V.I., Yudin S.M., Egorov I.A., Panin A.I. Primeneniye preparata yoddar v kombikormah dlya tsyplyat-broilerov. Dostizheniya nauki i tehniki APK 2 (2013): 38-41. Print.
11. Ovchinnikov A.A., Karbolin P.V. Glaukonit i tseolit v ratsione tsyplyat-broilerov. *Kormlenie sel'skohozyaistvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo* 5 (2012): 62-68. Print.
12. Landeros P., Reyes W.P., E. de Lucas, Albarran E., Lopez Y., Quezada T. Evaluation of two adsorbents (mannanoligosaccharides and clinoptilolite) in diets of broilers contaminated with fumonisin B1. *Revista de Salud Animal* Vol. 30, 1 (2008): 50-58. Print.
13. Lenkova T.N., Kurmanaeva V.V. Ispol'zovanie TselloLyuksa-F ekonomicheskii vygodno. *Ptitsevodstvo* 1 (2013): 28-29. Print.

Mitrokhina Anna Stepanovna, post graduate student of the Chair of Physiology and Pharmacology, South-Ural State Agrarian University.

E-mail: anna.mitrokhina@inbox.ru.

The study of dosing regimes and the repetition factor of using the pharmacological SPAO-complex when preventing stresses of chickens

V. V. Ponomarenko A. V. Miftahutdinov

The paper deals with the analysis of the work effective component of the anti-stress pharmacological complex for the poultry industry (SPAO-complex), with the data concerning the dosing regimens and the repetition factor of its use for preventing technological stresses of parent flocks of meaty chickens being given. The effective anti-stress outline of using the SPAO-complex is proved to be used with water through the medicator system with the dose 185-220 mg/kg of body weight according to the outline two days before, on the day of exposure and during two days after the exposure of stressing factors. To assess the economic efficiency of the SPAO-complex when keeping the parent flock of chickens, the prophylactic measures of pharmacological stresses are taken three times: at the age of 120 days when transferring and vaccinating, at the age of 260 days when vaccinating and at the age of 290 days when spiking. The group, which undergoes the prophylactic measures of pharmacological stresses, if compared with the reference group demonstrates better economic performance: the safety, the egg production and the output of chickens are higher by 2.25 %, 2.11 % and 4.11 % accordingly due to the increase of fertile eggs by 4.30 %. When using the SPAO-complex, the damage due to the loss of chickens of the parent flock is prevented to get more produce. The economic effect is to 2 091 080 rubles and includes the prevented damage in the amount of 335 980 rubles due to less losses of chickens of the parent flock and 1 906 300 rubles due to the additionally produced broiler chickens, or 107.11 rubles per one chicken of the parent flock. Thus, economic effectiveness per one ruble of expenses, including the purchase of the pharmacological SPAO-complex is 13.83 rubles.

Keywords: stress on chickens, anti-stress preparations, stress protector antioxidant for chickens, pharmacological complex, parent flock of chickens.

References

1. Fisinin V.I., Papazyan T., Surai P. Innovatsionnye metody bor'by so stressami v pticevodstve. *Pticevodstvo* 8 (2009): 10-14. Print.
2. Janczak A.M., Riber A.B. Review of rearing-related factors affecting the welfare of laying hens. *Poult Sci.* № 94(7). 2015. pp. 1454-1469. Print.
3. Kavtarashvili A.Sh., Kolokol'nikova T.N. Fiziologiya i produktivnost' ptitsy pri stresse (obzor). *Sel'skohozyaistvennaya biologiya* 4 (2010): 25-37. Print.
4. Fisinin V.I. [i dr.]. Stressy i stressovaya chuvstvitel'nost' kur v myasnom ptitsevodstve. Diagnostika i profilaktika: monografiya. Troitsk: UGAVM, 2013. 215 p. Print.
5. Kochish I.I. [i dr.]. Dinamika izmeneniya svobodnyh aminokislot syvorotki krovi tsyplyat-broilerov pri vozdeistvii soli litiya. *Doklady RASHN* 6 (2009): 47-49. Print.
6. Miftahutdinov A.V. Eksperimental'nye podhody k diagnostike stressov v ptitsevodstve (obzor). *Sel'skohozyaistvennaya biologiya* 2 (2014): 20-30. Print.
7. J. Xie, L. Tang, L. Lu, L. Zhang, X. Lin, H.C. Liu, J. Odle, X. Luo. Effects of acute and chronic heat stress on plasma metabolites, hormones and oxidant status in restrictedly fed broiler breeders. *Poult Sci.* 94(7). 2015. pp. 1635-1644. Print.
8. Nikitin I. N. Organizacija veterinarnogo dela. SPb. : Lan', 2012. 288 s.
9. Sevast'yanova N.A. Osobennosti opredeleniya ekonomicheskoi effektivnosti meropriyatii po sohraneniю zhivotnovodcheskoi produkcii ot zagryazneniya. *Farmakologicheskie i ekotoksikologicheskie aspekty veterinarnoi mediciny: mater. nauch.-prakt. konf. farmakologov Rossiiskoi Federatsii.* Troick, 2007. pp. 282-284. Print.
10. Preobrazhenskii S.N., Evtinov I.A. Korrektsiya tehnologicheskikh stressov v ptitsevodstve solyami litiya. *Veterinariya* 11 (2006): 46-49. Print.

Ponomarenko Vitaliy Victorovich, post graduate student, the Chair of Physiology and Pharmacology, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: nirugavm@mail.ru.

Miftahutdinov Alevtin Victorovich, Dr. Sci. (Biology), Professor of the Chair of Physiology and Pharmacology, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: nirugavm@mail.ru.

Changes of blood morphological parameters of laboratory animals when introducing silver nanoparticles PER OS

I. R. Shamsutdinova, M. A. Derkho

The paper deals with water dispersion of silver nanoparticles and their effect on the blood morphology of animals. Thus, the object of the study are Wistar male rats weighing 240-270 g living in standard vivarium conditions with natural light. During 30 days silver nanoparticles are added to water for the rats, with the daily dose being 4.25, 6.61 and 12.81 mg per 1 kg of live weight accordingly. Silver nanoparticles dosed daily as 4.25 and 6.61 mg per 1 kg body weight are found to stimulate the blood respiratory function and increase the number of red blood cells (6.66-22.14%), the hemoglobin (6.28-9.82%), the body defence, increasing the number of leukocytes by 16.65-32.57% combined with decreased number of granulocytes and increased number of agranulocytes. With the metal dose being 6.61 mg/kg, the average hemoglobin content in erythrocytes decreases by 10.45%. The ratio Gras/agra decreases by 14.28-16.67%. Silver nanoparticles in rats organisms daily dosed as 12.81 mg per 1 kg of live weight are also found to initiate metal-toxicosis and to cause the number reduce of erythrocytes and hemoglobin along with increasing the size of erythrocytes by 8.38% and decreasing the level of white blood cells by 22.31%, accompanied by an increase in the pool share of granulocytes by 13.52% and the ratio Gras/agra by 19.04%.

Keywords: silver nanoparticles, rats, blood cells, biological effect.

References

1. Baranova E.K. Struktura i fiziko-himicheskie svoistva radiatsionno-generirovannykh nanostruktur klasterov serebra i mehanizm ih baktericidnogo deistviya v pischevykh sredah: dis. ... kand. him. nauk. M.: RGB, 2006. 152 p. Print.
2. Derho M.A., Tkachenko E.A., Mal'tseva L.F. Nekotorye gematologicheskie parametry myshei na fone kadmievoi intoksikatsii. *Nauka (spetsvypusk)*. 2013. pp. 141-144. Print.
3. Zinina E. N. Mestnaja zashhita slizistyh obolochek i sostojanie rezistentnosti u kur posle primeneniya serebrosoderzhashhego preparata «Silvecoll»: avtoref. dis. ... kand. vet. nauk. Saransk: Mordovskij GU im. N. P. Ogarjova, 2013. 24 s.
4. Krasochko P.A., Chizhik S.A., Hudolei A.L. Otsenka vzaimodeistviya nanochastits serebra s perevarivaemymi kletkami MBDK. Web. 26 March 2014 <<http://86.57.180.90/fulltext/stat/418.pdf> 2012>.
5. Kul'skii L.A. Serebryanaya voda. Kiev: Naukova Dumka, 1987. 152 p. Print.
6. Koptev V.Yu. [i dr.] Otsenka urovnya nakopleniya serebra v tkanyah i organah cyplyat-broilerov pri peroral'nom i aerazol'nom primenenii kolloidnogo serebra. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh* 3 (2014): 92-100. Print.
7. Ryspekova N.N., Nurmuhambetov A.N., Askarova A.E. Rol' tyazhelykh metallov v razvitii anemii (obzor literatury). *Vestnik KAZNMU*, 2013. Web. 03 Nov. 2013 <<http://drcobez.narod.ru/st>>.
8. Sosedova L.M., Novikov M.A., Titov E.A. Morfofunktsional'naya otsenka effektivnosti deistviya nanochastits serebra, inkapsulirovannykh v polimernuyu matritsu. *Aktual'nye problemy transportnoi mediciny* 3 (2014): 77-81. Print.
9. Sotskii P.A., Derho M.A. Izuchenie vozdeistviya tyazhelykh metallov na gematologicheskie pokazateli krovi. *Veterinarnyi vrach* 4 (2009): 13-15. Print.
10. Andrusishina I.N. [i dr.] Struktura, svoistva i toksichnost' nanochastits oksidov serebra i medi. *Biotehnologiya*, Vol. 4, 6 (2011): 51-58. Print.
11. Tairova A.R., Lazareva E.V., Mirgalimov R.L. Osobennosti nespetsificheskoi zashchity organizma bychkov cherno-pestroi porody, sodержaschihsya na zagryaznennykh tyazhelymi metallami territoriyah. *Uchenye zapiski KGAVM im. N.Ye.Baumana*, Vol. 185 (2006): 296-300. Print.

12. Tarabanova E.V., Reimer V.A., Alekseeva Z.N. Vliyanie serebryanogo nanobiokompozita na fiziologicheskii status tsyplyat krossa Loman Braun. *Kormlenie sel'skohozyaistvennyh zhyvotnyh i kormo-proizvodstvo* 7 (2011): 43-48. Print.
13. Tkach O.B., Trohimchuk A.K., Levitskii A.P. Biohimicheskie markery vospaleniya i antioksi-dantnoi zaschity v tkanyah polosti rta krysa pri vozdeistvii lipopolisaharida i nanochastic zolota i serebra. Web. 23 March 2015 <http://www.herald.com.ua/2013/03_13>.
14. Tkachenko E.A., Derho M.A. Vliyanie α -tokoferola i nanochastic serebra na morfologicheskii sostav krovi myshei pri eksperimental'noi kadmievoi intoksikatsii. *Izvestiya OGAU* 1 (2015): 84-87. Print.
15. Tkachenko E.A., Derho M.A. Leikotsitarnye indeksy pri eksperimental'noi kadmievoi intoksi-katsii myshei. *Izvestiya OGAU* 3 (2014): 126-199. Print.
16. Bonitenko E.Yu. [i dr.]. Elementnyi status naseleniya Rossii. Ch. 1: Obschie voprosy i sovremen-nye metodicheskie podhody k otsenke elementnogo statusa individuumy i populyatsii. SPb.: Medkniga «YeLBISPb», 2010. 416 p. Print.
17. Norden B., Matsuda K. Interaction of silver ions with DNA. *Biopolymers*. 1986. Vol. 25. № 8. pp. 1531-1545. Print.
18. Kim S. [et. al.] Oxidative stress-depend toxicity of silver nanoparticles in human hepatoma cells. *Toxicology in Vitro*. 2009. Vol. 23(6). pp. 1078-1084. Print.
19. Pribyl T., Schreiber V., Jahodova J. Polyphenol oxidase activity in the rat hypothalamus: stimula-tion after estrogens and inhibition after the administration of silver. *Physiol. Bohemoslovaca*. 1981. Vol. 30. № 6. pp. 525-529. Print.
20. Park E. [et. al.] Silver nanoparticles induce cytotoxicity by a Trojan-horse type mechanism. *Toxicol-ogy in Vitro*. 2009. Vol. 4. pp. 716-740. Print.

Shamsutdinova Irina Rafkatovna, post graduate student, the Chair of Organic, Biological and Physical-Colloidal Chemistry, South-Ural State Agrarian University.

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

Derkho Marina Arcadyevna, Dr. Sci. (Biology), Professor, Head of the Chair of Organic, Biologi-cal and Physical-Colloidal Chemistry, South-Ural State Agrarian University.

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

Вниманию читателей!
Подписку на журнал можно оформить в почтовых отделениях ФГУП «Почта России».
Издание включено в каталог «Издания органов научно-технической информации» Агентства «Роспечать» и объединенный и электронный каталог «Пресса России».

Требования к статьям, представляемым к публикации, размещены на сайте журнала <http://www.rusapk.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 catalog «Issued Scientific and Technical Information» of the Agency «Rospechat» and the combined and the electronic catalog «Press of Russia.»

Requirements for articles submitted for publication, available on the website: <http://www.rusapk.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.



Ответственный секретарь
С. А. Медведева
E-mail: medvedevasa@list.ru
Тел.: +79514823578

Верстка
М. В. Шингареева

Корректор
М. В. Вербина

Перевод на англ. язык
И. Ю. Новикова

Подписано в печать 30.09.2015.
Формат 60×84/8. Гарнитура Times.
Усл. печ. л. 23,5. Тираж 300 экз.
Заказ № 117.

Адрес редакции: 454080, г. Челябинск,
пр. им. В. И. Ленина, 75. Тел.: 8(351) 266-65-39

Издательско-полиграфический центр
ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет» Адрес:
454080, г. Челябинск, пр. им. В. И. Ленина, 75
Тел.: 8(351) 266-65-39. Факс: 8(351) 266-65-30

Отпечатано ИПЦ Южно-Уральского ГАУ,
Адрес: 454080, г. Челябинск, ул. Энгельса, 83

Executive Editor
S. A. Medvedeva
E-mail: medvedevasa@list.ru
Phone: +79514823578

Makeup
M. V. Shingaryova

Proof reader
M. V. Verbina

English rendering
I. Y. Novikova

Signed to print 30.09.2015.
Format 60×84/8. Times script.
Conventional printed sheet 23,5.
Circulation 300 copies.
Order № 117.

Editors' office: 454080, Chelyabinsk,
Lenin Avenue, 75. Phone: 8(351) 266-65-39

South-Ural State Agrarian University
Publishing House:
454080, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 75
Phone: 8(351) 266-65-39.
Fax: 8(351) 266-65-30

Printed in South-Ural State Agrarian University
Publishing House: 454080, Chelyabinsk,
Engels Str., 83