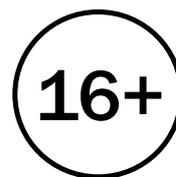


ISSN 2227-7005



АПК России

Научный журнал

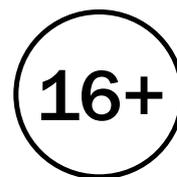
Представлены результаты научных исследований, экспериментальных, теоретических и методических разработок в различных областях сельскохозяйственной науки и практики, выполненных в разных природно-экономических зонах

Основан в 1993 году

Том 74

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 74

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

канд. с.-х. наук *В. Г. Литовченко*

Editor-in-Chief

V. G. Litovchenko, Dr. Sci. (Agriculture)

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. Копченко, 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. Kucherov, 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 Сереаль» (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

CONTENTS

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

TECHNICAL SCIENCES

Ахметвалиев М. С.

Анализ процесса разделения суспензий и совершенствование вибрационно-центробежной центрифуги.....9

Бердов Е. И., Алябьев В. А.

Кинематика и динамика неведущих ветвей гусеничного обвода тягово-транспортной машины.....15

Бурцев А. Ю.

Способ обеспечения работоспособности турбокомпрессора.....23

Власов Д. Б.

Повышение эффективности процесса диагностирования систем питания на основе реализации новых методов и средств тестового диагностирования.....30

Возмилов А. Г., Гумерова Э. А.,

Андреев А. А., Калмаков В. А.

Использование математического моделирования для изучения влияния различных факторов на характеристики аккумулятора.....36

Возмилов А. Г., Илимбетов Р. Ю.,

Баканов А. В., Малюгин С. А.

Разработка системы управления электроболитом с учетом регламента «Formula Student Electric».....42

Жилкин В. А.

Численное исследование напряженного состояния кронштейна и вариант его расчета по формулам теории упругости.....47

Жилкин В. А.

Численное исследование напряженного состояния образцов из древесины на скалывание вдоль волокон.....55

Илимбетов Р. Ю., Сенченко Е. А.,

Астафьев Д. В., Салимоненко Г. Н.

Обзор существующих конструкций комбинаций приборов и их влияние на информативность управления автомобилем.....66

Исмагилов Р. Я., Куков С. С.

Диагностирование цилиндропоршневой группы ДВС.....71

Качурин В. В.

Особенности процесса использования специализированного транспорта при перевозке скоропортящихся грузов.....76

Ahmetvaliev M. S.

Analysing the process of suspension fractionating and improving the vibrational centrifuge.....9

Berdov E. I., Alyabyev V. A.

The kinematics and dynamics of non-driving branches of the caterpillar bypass of traction-transportation vehicles.....15

Burtsev A. Yu.

A method of providing the turbocharger performance.....23

Vlasov D. B.

Improving the efficiency of diagnosing feed systems when implementing new methods and means of testing.....30

Vozmilov A. G., Gumerova E. A.,

Andreev A. A., Kalmakov V. A.

Mathematical modeling to study the influence of various factors on the accumulator performance.....36

Vozmilov A. G., Ilimbetov R. Yu.,

Bakanov A. V., Malyugin S. A.

The development of Control system for electric cars according to the regulations “Formula Student Electric”.....42

Zhilkin V. A.

Numerical investigation of the stressed state of a bracket and a way of its calculation using the formulae of the elasticity theory.....47

Zhilkin V. A.

The stress state numerical investigation of wood samples for shearing parallel to fibers...55

Ilimbetov R. Yu., Senchenko E. A.,

Astafyev D. V., Salimonenko G. N.

The review of existing combinations for appliances and their effect on driving information content.....66

Ismagilov R. Ya., Kukov S. S.

Diagnosing the ICE cylinder-piston group.....71

Kachurin V. V.

Specifics of using specialized vehicles when transporting perishable foodstuffs.....76

Козлов А. Н. Проблемы эксплуатации резервуаров первичного охлаждения молока.....	81
Коробков Д. С., Хазиев Г. Р., Присёлков В. Б., Малюгин С. А. Компоновка тягового электропривода для электроболида «Формулы студент» класса «Электрик».....	86
Кошелев Н. Е. Контроль сопротивления выпускного тракта ДВС.....	90
Ларин О. Н., Глемба К. В., Гриценко А. В. Исследование факторов и параметров безопасности пешеходов на нерегулируемых пешеходных переходах...	97
Мусурмонов А. Т., Буранов Н. К., Бекназаров А. Ж., Арипов А. О. Разработка и внедрение ресурсосберегающих технических средств в садоводстве и виноградарстве Республики Узбекистан.....	105
Рахимов Р. С., Рахимов И. Р., Касымов Ф. Ф., Невзоров А. С., Ружьева Г. В. Определение металлоемкости орудий при их проектировании.....	110
Холопов В. Н., Невзоров В. Н., Бырдин П. В. Модернизация технологического оборудования для заготовки и транспортировки недревесного растительного сырья.....	118
Чигак А. С. Устройство автономного солнечного энергоснабжения с использованием фотоэлектрических преобразователей.....	124

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Грязнов А. А., Красножон С. М., Сухорукова Д. А. Приемы повышения посевных качеств семян голозерного ячменя сорта Л-32.....	128
Красножон С. М. Влияние элементов технологии возделывания на сорный компонент агроценоза яровой пшеницы.....	134
Максимов Р. А. Изучение сортообразцов ячменя мировой коллекции ВИР в условиях Среднего Урала...	141
Панфилов А. Э., Сайтов С. Б., Гайнитдинова Л. А., Юсупова Г. Е. Почвенный эффект некоторых послевсходовых гербицидов в посевах кукурузы.....	145

Kozlov A. N. The problems of using milk tanks for primary cooling.....	81
Korobkov D. S., Khaziev G. R., Prisyolkov V. B., Malyugin S. A. The design of the traction electric drive for electric cars «Formula Student Electric»...	86
Koshelev N. E. Controlling the resistance of the ICE exhaust system.....	90
Larin O. N., Glemba K. V., Gritsenko A. V. Studying the factors and parameters of pedestrian safety at unregulated pedestrian crossings.....	97
Musurmonov A. T., Buranov N. K., Beknazarov A. Zh., Aripov A. O. The development and introduction of resource-saving tools in the horticulture and viticulture in the Republic of Uzbekistan...	105
Rakhimov R. S., Rakhimov R. I., Kasymov F. F., Nevzorov A. S., Ruzhyeva G. V. Determining the specific metal content when designing tools.....	110
Kholopov V. N., Nevzorov V. N., Byrdin P. V. Modernization of technological equipment for harvesting and transporting of non-timber vegetal raw material.....	118
Chigak A. S. The autonomous solar-powered device with photoelectric converters.....	124

AGRICULTURAL SCIENCES

Gryaznov A. A., Krasnozhon S. M., Sukhorukova D. A. Methods of increasing the sowing qualities of L-32 naked barley seeds.....	128
Krasnozhon S. M. The influence of cultivation technology elements on the weed agrocenosis component of spring wheat.....	134
Maksimov R. A. Studying the barley varieties of VIR world collection in the conditions of the Middle Urals...	141
Panfilov A. E., Saitov S. B., Gainitdinova L. A., Yusupova G. E. The soil effect of some post-emergence herbicides for sown maize.....	145

Пономарев А. Б., Постников П. А.
Формирование сырьевого конвейера
из крестоцветных масличных культур
на Среднем Урале.....152

Ponomarev A. B., Postnikov P. A.
Forming the raw-material conveyor
of cruciferous oil-bearing crops
in the Middle Urals.....152

ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCE

Джурков Т. Г.
Исследование сушки биопродуктов
в ротационно-импульсном
псевдоожигенном слое. Кинетика сушки...157

Dzhurkov T. G.
Studying of the bio-produce drying
in a rotary pulse fluidized bed. Drying kinetics...157

Наумова Н. Л., Чаплинский В. В.
Анализ состояния программ реализации
государственной поддержки отрасли
животноводства (на материалах
Челябинской области).....162

Naumova N. L., Chaplinsky V. V.
Analysing the implementation of the state
support programs for the livestock sector
(according to the materials
of Chelyabinsk region).....162

ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ

VETERINARY SCIENCES

**Голобородко Г. Н., Дерхо М. А.,
Середа Т. И.**
Особенности действия пищевых добавок
на организм животных в модельной системе
лабораторных крыс.....168

**Goloborodko G. N., Derkho M. A.,
Sereda T. I.**
Some action peculiarities of food additives
on animals in the laboratory rat model system...168

Дерхо М. А., Ткаченко Е. А.
Влияние наночастиц серебра
на токсичность кадмия в организме
кур-несушек.....173

Derkho M. A., Tkachenko E. A.
The effect of silver nanoparticles
on the cadmium toxicity in the bodies
of laying hens.....173

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

ECONOMIC SCIENCES

Рубаева О. Д., Панкратова Д. Ю.
Детерминанты развития
сельскохозяйственных кредитных
потребительских кооперативов.....178

Rubaeva O. D., Pankratova D. Yu.
Determinants of the development
of agricultural credit consumer cooperatives...178

**Старцев А. В., Вагина О. Н.,
Романов С. В., Вагин Д. В.**
Экономическая оценка использования
водной и водоспиртовой инъекции
в дизельных двигателях.....183

**Startsev A. V., Vagina O. N.,
Romanov S. V., Vagin D. V.**
Economic evaluation of using
of water-methanol injections in diesel engines...183

УДК 621.928.3 : 361.363

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ СУСПЕНЗИЙ
И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВИБРАЦИОННО-ЦЕНТРОБЕЖНОЙ
ЦЕНТРИФУГИ**

М. С. Ахметвалиев

В статье рассмотрена классификация устройств для механического фракционирования суспензий, выявлены их основные конструктивные особенности, а также проанализированы теоретические предпосылки к обоснованию основных параметров эффективных центрифуг с применением осевой вибрации ротора. Целью исследований является повышение эффективности процесса разделения пивной дробины на густую и жидкую фракции и срока службы вибрационно-центробежной установки путем применения реверсного движения ротора и оптимизации в дальнейшем его основных параметров. В результате исследований выявлены основные недостатки существующих центрифуг, такие как недостаточная продолжительность непрерывной работы ротора из-за забивания перфорированных сит криволинейных лопастей материалом и отсутствие их очистки в процессе работы, вследствие чего снижается эффект влаговыделения, а также предложена новая, усовершенствованная конструкция вибрационно-центробежного устройства, криволинейные лопасти которой выполнены двухсторонними, позволяющими осуществлять реверсное движение ротора, что создает наиболее благоприятные условия для перемещения частиц, разрушения структуры осадка, уменьшения сопротивления осадка фильтрованию и для самоочистки фильтрующих поверхностей лопастей, что способствует повышению эффективности разделения пивной дробины на густую и жидкую фракции и увеличению срока службы установки.

Ключевые слова: фильтрование, центрифуга, пивная дробина, вибрация, влаговыделение.

Повышение продуктивности животных и птицы – одна из основных задач животноводства, которая реализуется за счет применения новых видов кормов и внедрения передовых ресурсосберегающих машин и технологий для качественного их приготовления [1, 2].

Одним из решений данной задачи является применение в рационе высококонцентрированного корма (пивной дробины), рекомендованной рядом автором [3–5], а заодно и решается проблема утилизации пивной дробины, так как зачастую пивоваренные заводы из-за непрерывного производства просто избавляются от ценного по питательности корма.

Пивная дробина является отходом пивоваренного производства – гуща, остающаяся после варки и отсасывания ячменного сусла. Представляет собой суспензию (смесь), состоящую из воды (жидкости) и осадка (частиц ядер и оболочки зерна).

Однако у пивной дробины имеются недостатки, а именно невысокий срок хранения в сыром виде (не более 24 часов), а также неполная усвояемость отдельных ингредиентов скотом.

Недостаток в хранении решается обезвоживанием пивной дробины с последующей сушкой или прессованием, что позволит хранить сухой корм длительное время.

Цель исследования

Повышение эффективности процесса разделения пивной дробины на густую и жидкую фракции и срока службы вибрационно-центробежной установки путем применения реверсного движения ротора и оптимизации в дальнейшем его основных параметров.

Материалы и методы

Для обезвоживания или разделения неоднородных систем применяют метод центрифугирования. Он основан на воздействии центробежного силового поля на неоднородную систему, состоящую из двух или более фаз – суспензию (жидкость – твердое тело).

Процессы центрифугирования относятся к наиболее сложным процессам технологии, а центрифуги – к сложнейшим технологическим аппаратам. Далеко не все вопросы теории работы центрифуг получили достаточное развитие и освещение. Не всегда существуют возможности точного прогноза процесса разделения неоднородных систем на центрифугах [3].

Сложность проведения полного анализа существующих конструкций машин и аппаратов, применяемых для разделения суспензий на фракции, обусловлена следующими причинами. Во-первых, существует огромное количество центрифуг разной конструкции, во-вторых, в имеющейся литературе авторы приводят классификацию по-разному: одни и те же установки и аппараты часто применяют для фракционирования суспензии с различными физико-механическими свойствами и т.д.

Все устройства механического фракционирования (за исключением флотационных, образующих обособленную группу) по принципу действия делятся на устройства фильтрования и осаждения (рис. 1) фильтрование основано на том принципе, что твердые частицы суспензии, поступающей под действием движущей силы на фильтровальную перегородку, задерживаются ею, а жидкая фракция проходит за перегородку сквозь поры в ней [5].

Фильтрование осуществляется в полях механических сил: инерционных и поверхностных сил давления. Наибольшее распространение на производстве нашли установки фильтрующего типа. Простота конструкции, малые энергозатраты, большая удельная пропускная способность фильтрующей перегородки.

Фильтрование с использованием вибрации дополнительно создает благоприятные условия обезвоживания жидкого материала (нашло широкое применение в различных отраслях) [6].

Вибрационные центрифуги фильтрующего типа не имеют каких-либо выгружающих устройств, сопрягающихся с центрифугируемым осадком. Выгрузка производится в результате действия на него, кроме составляющих центробежных сил, также сил, возникающих в осадке благодаря вибрациям ротора. Это является несомненным преимуществом центрифуг данного типа.

Исследования [5, 7, 8] и др. показали что время пребывания суспензии в рабочем органе и характер движения твердой фракции (осадка) в фильтрующих центрифугах оказывают реша-

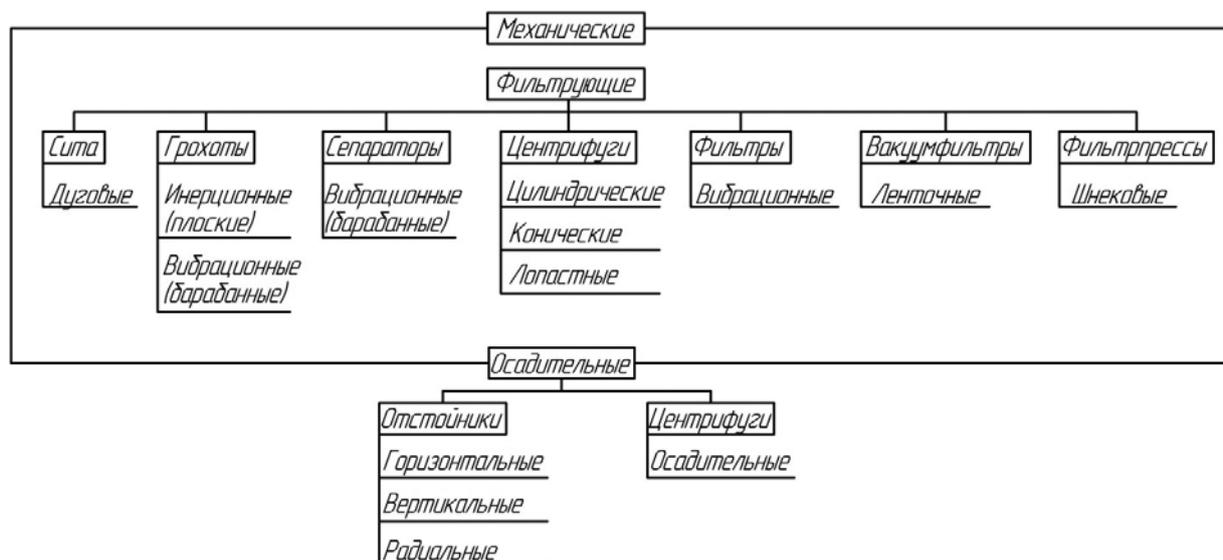


Рис. 1. Основные устройства, применяемые для механического фракционирования суспензий



ющее влияние на количественные и качественные показатели работы установок.

Процессы седиментации и фильтрования могут проходить пассивно под действием сил тяжести или разностей жидкости перед и за фильтровальной перегородкой. Большой эффект процесса разделения можно получить изменением пористости и толщины слоя осадка на стенке перфорированного ротора. Процесс этот можно интенсифицировать, используя дополнительные силы, например, в центрифугах и других установках с активными рабочим органом. Таких условий можно добиться при совершении ротором одновременно вращательного и колебательного движений [8].

Вибрационное воздействие роторов центрифуг на суспензию даст возможность изменить угол трения в меньшую сторону, что позволяет при прочих равных условиях снизить габариты ротора и машины, а следовательно, и металлоемкость. Центрифуги, имеющие ротор вращения в виде цилиндра и конуса, с осевыми и крутильными колебаниями, нашли свое широкое применение. Они просты и компактны, легко исполняемы.

Их технологические и технические данные вполне универсальны, но вместе с тем следует отметить, что осадок, находящийся на поверхности перфорированного ротора испытывает очень большое давление, которое способствует уплотнению, вследствие чего происходит забивание перфораций и износ рабочей поверхности.

Учитывая изложенные достоинства фильтрующих установок с использованием вибрации и перспективность данного метода фракционирования суспензии, нужно признать необходимость их дальнейшего исследования.

Центробежно-лопастные сита, рабочим органом которых являются лопасти или диск с лопастями, используются крайне мало. Эти конструкции эксплуатируются в основном в угольной, крахмало-паточной промышленности и практически не применяются в сельском хозяйстве из-за своих специфических роторов.

Конструкции такого типа машин более универсальны, чем вышеперечисленные центрифуги, тем, что изменением радиуса кривизны и положением самих лопастей на диске можно регулировать толщину и скорость схода осадка, тем самым влияя на процесс фильтрации, без изменения габаритов самой центрифуги [5].

Применение вибрации в этом случае позволяет еще более улучшить процесс влагоот-

деления по скорости по времени нахождения и качеству центрифугируемого материала.

Теория процесса разделения пивной дробины на густую и жидкую фракции является частью общей теории фильтрования, вытекающей из закона Дарси. Большой вклад в дальнейшее исследование общей теории фильтрования внесли В. И. Аснер, В. С. Каминский, В. И. Соколов, П. И. Леонтьев и другие ученые. Ими были получены зависимости для описания процесса фильтрования различных суспензий с образованием осадка.

Объем фильтрата, получаемого с единицы поверхности фильтра за определенный промежуток времени, прямо пропорционален разности давлений и обратно пропорционален вязкости фильтрата и общему сопротивлению осадка и фильтровальной перегородки [9].

В дифференциальной форме это можно записать в виде:

$$\frac{dV}{S \cdot d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu(R_{oc} + R_{\phi})}, \quad (1)$$

где V – объем фильтрата;

S – поверхность фильтрования;

τ – продолжительность фильтрования;

ΔP – разность давлений между внутренней и внешней сторонами ротора;

μ – вязкость жидкой фазы суспензии;

R_{oc} – сопротивление слоя осадка;

R_{ϕ} – сопротивление фильтрованной перегородки.

Отношение $\frac{dV}{S \cdot d\tau} = W$ представляет собой переменную скорость фильтрования, м·с⁻¹.

Чтобы проинтегрировать уравнение (1), необходимо установить зависимость между сопротивлением слоя осадка и объемом полученного фильтрата. С учетом пропорциональности объема осадка и фильтрата и выражая их отношение через X_0 толщина равномерного слоя осадка на фильтровальной перегородке составит:

$$h_{oc} = X_0 \frac{V}{S}. \quad (2)$$

Сопротивление слоя осадка:

$$R_{oc} = r_0 \cdot h_{oc} = r_0 \cdot X_0 \frac{V}{S}, \quad (3)$$

где r_0 – удельное объемное сопротивление осадка.

После несложных преобразований получим основное дифференциальное уравнение фильтрования с образованием осадка [10]:

$$\frac{dV}{S \cdot d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu \left(r_0 \cdot X_0 \frac{V}{S} + R_\phi \right)}. \quad (4)$$

А.И. Дарханов и П.И. Леонтьев [5], исследуя процесс разделения пивной дробины на жидкую и густую фракции, в итоге получили уравнение производительности по объему выхода фильтра V_ϕ :

$$V_\phi = \xi \cdot \frac{1}{\tau} \cdot \left(\frac{v_e^2 + v_r^2 - 2 \cdot v_e \cdot v_r \cdot \cos(v_e \cdot v_r)}{2g} \times K_1 + 2 \cdot K_2 \right); \quad (5)$$

$$\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot r \cdot \left(\frac{1 - \frac{1}{16} \cdot r \cdot f^2}{f} \right) \right) \cdot \frac{0,246 \cdot B^3 \cdot d^2}{36 \cdot (1-B)^2 \cdot \mu} \cdot \rho_f;$$

$$\left(\frac{2 \cdot \omega_1 \cdot v_r + \omega_1^2 \cdot r \cdot \sin \varphi}{1 - A \cdot \omega_2^2 \cdot \sin \omega_2 \cdot t/g} \right),$$

где v_e, v_r – результирующие абсолютной скорости движения материала по лопасти ротора центрифуги;

K_1, K_2 – коэффициент использования времени;

τ – коэффициенты наполнения ротора;

ξ – удельная площадь отверстий фильтрационной поверхности;

μ – динамическая вязкость суспензии;

ρ_f – плотность дисперсной среды;

ω_1 – частота вращения ротора;

ω_2 – частота осевых колебаний ротора;

A – амплитуда осевых колебаний ротора;

f – коэффициент трения;

r – радиус ротора;

φ – угол поворота текущего радиуса;

B – часть объема суспензии, занятая дисперсной средой;

d – эквивалентный диаметр частицы.

Авторами установлено, что производительность центрифуги зависит не только от ее конструктивных и кинематических параметров, но и от степени заполнения лопастей суспензией. Кроме того, при определении времени нахождения материала на поверхности ротора необходимо учитывать коэффициенты использования времени K_1, K_2 . В результате теоретического обоснования основных параметров вибрационно-центробежной установки ими разработана эффективная конструкция фильтрующего типа, которая обладает наибольшими достоинствами в сравнении с существующими центрифугами.

Однако следует отметить, что недостатками этого устройства являются: недостаточная продолжительность непрерывной работы ротора из-за забивания перфорированных сит криволинейных лопастей материалом и отсутствие их очистки в процессе работы, вследствие чего снижается эффект влаговыведения.

Результаты исследований

Устранение этих недостатков возможно за счет применения реверсного движения ротора и оптимизации его основных параметров.

В соответствии с поставленной целью нами предлагается усовершенствование конструкции. Предлагаемое устройство для обезвоживания пивной дробины (рис. 2) состоит из корпуса 6 с входным 7 и выходными 8, 9, 10, 11 патрубками и радиально-секторного днища 20 с отводящими влагу трубками 21, расположенными с зазором, соосно на валу 4 в подшипниковых опорах 5 и упруго посредством пружин 3 на опорах 2 закреплены на раме 1 с возможностью осуществления осевых колебаний от привода 23. Внутри корпуса 6 соосно установлен с возможностью совершать вращение от привода 22 и осевые колебания от привода 23 диск 12 с отверстиями 13, на котором жестко закреплены разделенные на сектора 15 криволинейные лопасти 14, снабженные перфорированными ситами 17. Каждая лопасть 14, выполнена в виде верхнего 18 и нижнего 19 секторов круга, боковые радиальные стороны которых искривлены внутрь. Сектора 18, 19 по центру жестко прикреплены к противоположным сторонам прямоугольной пластины 16, а нижний 19 сектор лопасти 14 жестко закреплен на диске 12.

Исходная пивная дробина через входной патрубок 7 корпуса 6 подается на вращающийся от привода 22 и совершающий осевые колебания от привода 23 диск 12 с криволинейными лопастями 14, и под действием центробежной силы перемещается вдоль перфорированных сит 17 криволинейных лопастей 14 от центра к периферии вращения диска 12. Влага проходит через перфорированное сито 17, попадая в сектора 15 забора влаги криволинейной лопасти 14, упирается в перегородку 16 и стекает через отверстия 13 диска 12 в радиально-секторное днище 20, откуда по отводящим влагу трубкам 21 попадает в приемник влаги. Выделенный осадок под действием центробежной силы, осевых колебаний и подпора поступающей массы пивной дробины движется к периферии вращения диска 12 с криволинейными

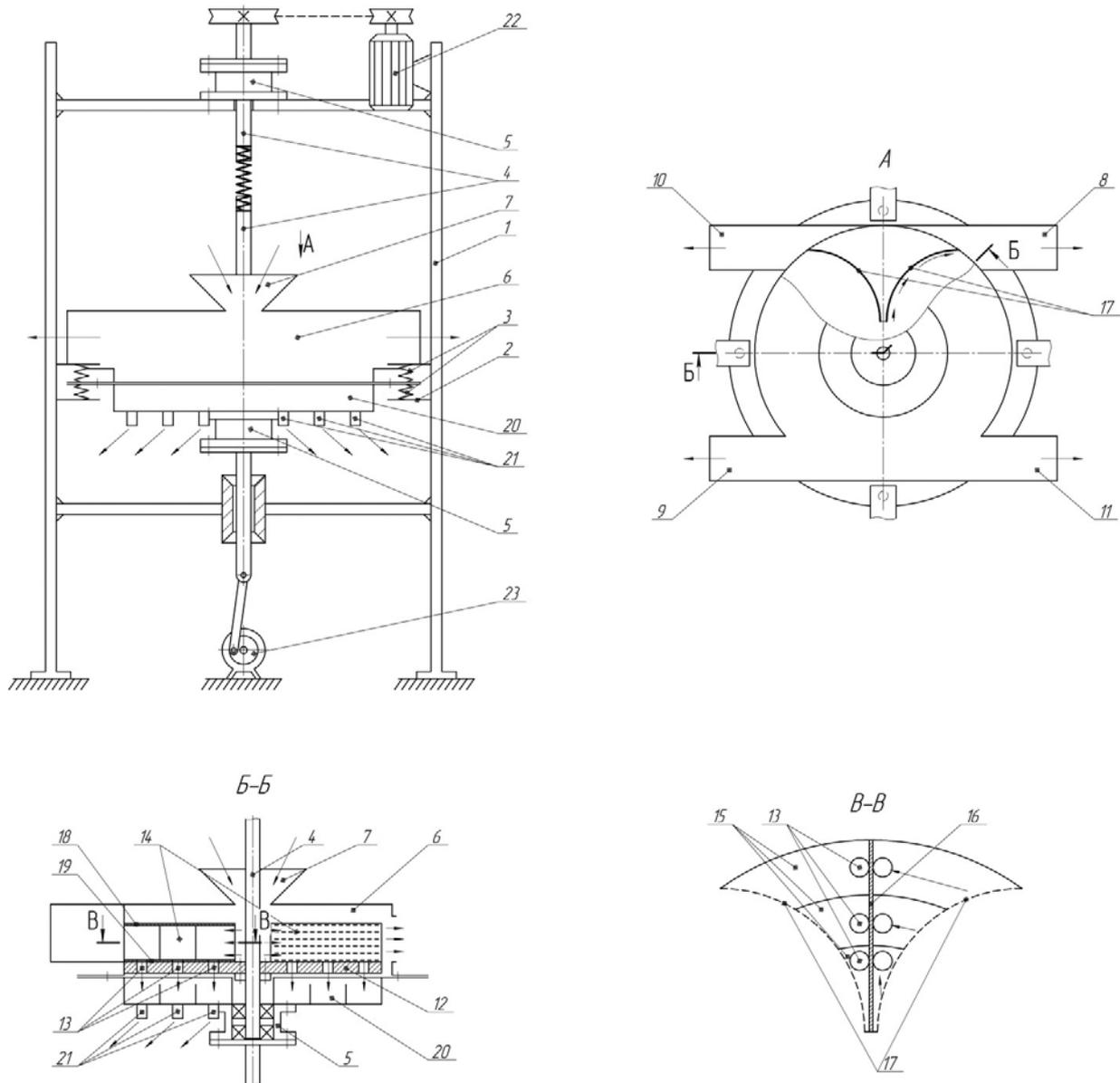


лопастями 14, откуда через выходные патрубки 8, 9 корпуса 6 попадает в приемник осадка.

При ухудшении влаговыделения устройство останавливают и включают реверсный ход привода 22, который приводит во вращение диск 9 с криволинейными лопастями 14 в противоположную сторону и процесс повторяется. При этом в работе участвует вторая сторона криволинейной лопасти 14, а первая сторона за счет осевых колебаний самоочищается от ча-

стиц пивной дробины, осадок выводится через выходные патрубки 10, 11.

Повышение эффективности процесса и срока службы устройства достигается за счет предлагаемой формы криволинейных лопастей в связи с тем, что она позволяет осуществлять процесс обезвоживания при реверсном вращении диска. Наличие нескольких попарно тангенциально размещенных по отношению к корпусу выходных патрубков также позволяет устройству



- 1 – рама; 2 – опора; 3 – пружина; 4 – вал; 5 – подшипниковая опора; 6 – корпус; 7 – входной патрубок; 8, 9, 10, 11 – выходные патрубки; 12, 13 – диск с отверстиями; 14 – лопасть; 15 – сектора; 16 – пластина; 17 – перфорированное сито; 18, 19 – верхний и нижний сектор круга; 20 – радиально-секторное днище; 21 – трубки; 22, 23 – привода

Рис. 2. Устройство для обезвоживания пивной дробины

эффективно работать при реверсном движении, так как позволяет производить отвод осадка в разные стороны.

Выводы

Усовершенствованная вибрационно-лопастная центрифуга с осевыми колебаниями ротора и ее реверсным движением создает наиболее благоприятные условия для перемещения частиц, разрушения структуры осадка, уменьшения сопротивления осадка фильтрованию и для самоочистки фильтрующих поверхностей лопастей, что способствует повышению эффективности разделения пивной дробины на густую и жидкую фракции и увеличению срока службы установки.

Список литературы

1. Федоренко И. Я., Садов В. В. Ресурсосберегающие технологии и оборудование в животноводстве : учеб. пособие. СПб. : Лань, 2012. 304 с.
2. Николаев В. Н., Яворский В. И. Анализ процесса экструзии кормов и совершенствование экструдера // Вестник ЧГАА. 2015. Т. 71. С. 61–66.
3. Быкова И. А. Разработка способов использования пивной дробины в качестве компонента различных биологических систем : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Оренбург, 2003.
4. Сазонова И. А. Разработка технологий стабилизации, биотрансформации и применение пивной дробины : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2006.
5. Дарханов А. И. Разработка и обоснование основных параметров вибрационно-центробежной установки для разделения пивной дробины на жидкую и густую фракции : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1994.
6. Ripperger S: Neueste Entwicklungen auf dem Gebiet der Fest-Flüssig-Trennung. Filtrieren und Separieren. Technische Universitat Dresden. 2000. № 3. P. 126-131.
7. Шарипов А. Г. Повышение эффективности процесса разделения соевой суспензии путем обоснования параметров и режимов работы фильтрующей центрифуги : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2005.
8. Маремуков А. А. Обоснование основных параметров вибрационно-центробежной установки фильтрующего типа для разделения свиного навоза на твердую и жидкую фракции : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1989.
9. Коваленко В. П. Механизация обработки бесподстилочного навоза. М. : Колос, 1984. 156 с.
10. Жужиков В. А. Фильтрация. Теория и практика разделения суспензий. М. : Химия, 1968. 411 с.

Ахметвалиев Марат Саматович, аспирант, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: tmg.csaa@inbox.ru.

* * *

КИНЕМАТИКА И ДИНАМИКА НЕВЕДУЩИХ ВЕТВЕЙ ГУСЕНИЧНОГО ОБВОДА ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ

Е. И. Бердов, В. А. Алябьев

В статье рассмотрены вопросы кинематики и динамики неведущих ветвей гусениц мобильных энергетических средств сельскохозяйственного назначения. Гусеничный движитель транспортно-тяговой гусеничной машины представляет собой сложный шарнирно-звенный механизм с большим числом степеней свободы. В целях упрощения теоретического анализа процесса работы приняли следующие допущения: скорость поступательного движения машины постоянна; опорная поверхность горизонтальная и недеформируемая (абсолютно жесткая); трением в шарнирах неведущих участков гусеницы пренебрегаем; передний опорный каток перекачивается по внутренней беговой дорожке гусеницы без скольжения; буксование движителей отсутствует; все связи гусеничной цепи как объекта исследования приняты идеальными. Допустили, что рассматриваемая система обладает двумя степенями свободы и определяется двумя параметрами. Поставленные задачи для данной системы решили методом обобщенных координат, число которых соответствует числу степеней свободы. Выявили закономерности кинематики и динамики движения звеньев неведущих участков гусеничной цепи транспортно-тяговой машины. Определили характер изменения нагрузок в направляющем участке и в верхней ветви в зависимости от скорости перемещения машины относительно опорной поверхности. Установили, что для тракторов типа Т-170 конструктивные особенности ходовой части и подвески допускают максимальную скорость, при которой обеспечивается полная укладка звена гусеницы передним опорным катком за цикл, равный шагу гусеницы, не более 12,8 км/ч. Растягивающие усилия в звеньях верхней ветви гусеницы растут по мере их перемещения к направляющему колесу. На направляющем участке растяжения на холостом ходу машины до 40% выше усилия предварительного натяжения. При номинальном тяговом усилии (80 кН) растягивающие усилия находятся в диапазоне 51...65 кН.

Ключевые слова: гусеничный движитель, неведущая ветвь, полужесткая подвеска, кинематика и динамика, шарнирно-звенный механизм, скорость поступательного движения.

В гусеничных движителях современных энергонасыщенных и скоростных тракторов, как свидетельствуют данные исследований [1–3], возникают весьма значительные динамические нагрузки, воздействующие на ведущие и неведущие участки гусеничной цепи, включая направляющую и верхнюю ветви.

При анализе закономерностей движения или тяговом расчете тягово-транспортной гусеничной машины (ТТГМ) обычно делается акцент на исследование параметров опорного и ведущего участков гусеничной цепи [4–6]. В то же время, в связи с устойчивой тенденцией повышения энергонасыщенности и поступа-

тельных скоростей движения ТТГМ [7], выявление закономерностей кинематики и динамики движения звеньев неведущих участков гусеничной цепи и определение характера изменения действительных нагрузок в направляющем участке гусениц в зависимости от скорости перемещения трактора также представляют большой научный и практический интерес, в частности, для гусеничной машины с полужесткой подвеской.

Поскольку гусеничный движитель ТТГМ представляет собой сложный шарнирно-звенный механизм с большим числом степеней свободы, то в целях упрощения теоретического

анализа процесса его работы примем следующие допущения:

- скорость поступательного движения машины постоянна;
- опорная поверхность горизонтальная и недеформируемая (абсолютно жесткая);
- трением в шарнирах неведущих участков гусеницы пренебрегаем;
- передний опорный каток перекачивается по внутренней беговой дорожке гусеницы без скольжения;
- буксование движителей отсутствует.

При движении трактора по недеформирующейся опорной поверхности и при отсутствии буксования движителей вертикальная составляющая N , действующая на шарнир A от веса катка, и сила P_x , действующая на шарнир и направленная вдоль звена, производить работу не будет, т.к. отсутствуют перемещения в силу принятых нами допущений (рис. 1).

На основании исследований [8], а также основываясь на известных положениях теоретической механики [9], принимаем все связи системы идеальными (т.е. сумма элементарных работ реакций на любом возможном перемещении системы равна нулю). В таком случае рассматриваемая система обладает двумя степенями свободы и определяется двумя параметрами. Решение задачи для данной системы возможно методом обобщенных координат. При этом число обобщенных координат должно соответствовать числу степеней свободы.

В качестве независимых обобщенных координат выбираем абсциссу X точки A и угол γ поворота звена AB (см. рис. 1).

Составим уравнение движения исследуемого механизма в форме уравнения Лагранжа второго рода с обобщенными координатами:

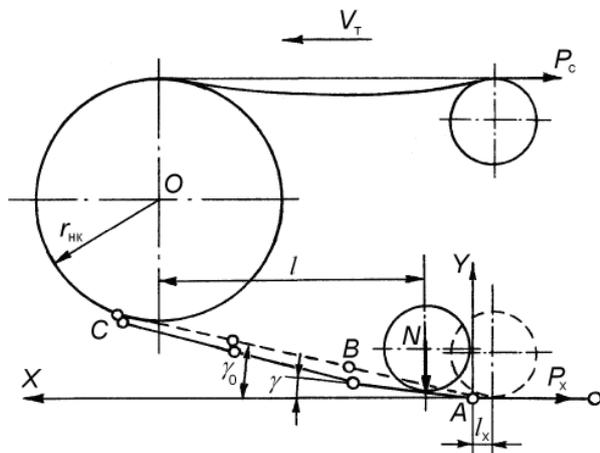


Рис. 1 (пояснения в тексте)

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{X}} \right) - \frac{\partial T}{\partial X} = -\frac{\partial \Pi}{\partial X}; \quad \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\gamma}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \gamma} = -\frac{\partial \Pi}{\partial \gamma}, \quad (1)$$

где X и γ – обобщенные координаты.

Для решения вышеприведенных дифференциальных уравнений потребуется уравнение связи вида:

$$y = f(X, \gamma). \quad (2)$$

Кроме того, необходимо определить кинетическую энергию системы T , которая равна сумме кинетических энергий звеньев механизма (т.е. поступательно и вращательно движущихся масс).

Ввиду относительно сложной кинематики процесса, введем еще одно допущение, заключающееся в том, что гусеничная цепь охватывает направляющее колесо в виде гибкой нити, а вес нити, равный, соответственно, весу звеньев, учитывается при определении момента инерции натяжного колеса [10, 11].

Кинетическая энергия переднего опорного катка определяется из условия, что каток совершает поступательное движение со всеми массами трактора и вращается относительно поступательно движущейся оси [12, 13]:

$$T_{ок} = \frac{m_{ок} \cdot V_{ок}^2}{2} + \frac{1}{2} J_{ок} \omega^2 = \frac{1}{2} m_{ок} V_{ок}^2 + \frac{1}{2} J_{ок} \frac{V_{ок}^2}{r_{к}^2},$$

где $m_{ок}$ – масса опорного катка;

$V_{ок}$ – скорость поступательного движения опорного катка;

$J_{ок}$ – момент инерции опорного катка относительно оси вращения: $J_{ок} = G \cdot r_{ок}^2 / (2g)$.

При определении кинетической энергии наклонного участка BC , его масса заменяется двумя массами, сосредоточенными в точках B и C [9].

В этом случае кинетическая энергия массы, сосредоточенной в точке B , определяется через момент инерции массы J_B в этой точке B :

$$T_B = J_B \frac{\omega_{зв}^2}{2},$$

$$J_B = \frac{G \cdot r^2}{2g} = \frac{1}{2} \cdot \frac{g_r \cdot n}{2g} \cdot t_r^2,$$

где g – ускорение свободного падения;

n – количество звеньев наклонного участка BC ;

g_r – масса одного звена гусеницы;

$\omega_{зв}$ – угловая скорость звена AB ;

t_r – шаг звена гусеницы.



Кинетическая энергия массы, сосредоточенной в точке С, будет равна:

$$T_c = \frac{mV_c^2}{2} = \frac{g_l \cdot n}{g \cdot 2} \cdot \frac{V_c^2}{2},$$

где V_c – скорость протаскивания гусеницы при укладке звена опорным катком.

Направляющее колесо совершает два вида движения: поступательное вместе с трактором и вращательное вокруг своей оси. Кинетическую энергию от поступательного движения будем учитывать при определении кинетической энергии трактора.

Кинетическая энергия направляющего колеса относительно оси вращения:

$$T_{нк} = J_{нк} \frac{V_c^2}{2 \cdot r_{нк}^2},$$

где $J_{нк}$ – момент инерции направляющего колеса с учетом веса звеньев гусеницы, находящейся на направляющем колесе.

При определении кинетической энергии верхней ветви гусеницы от дополнительного натяжения, связанного с укладкой звена, необходимо установить зависимость скорости вертикального перемещения ветви V_h от горизонтальной скорости протаскивания гусеницы V_c .

Существующая зависимость между длинами дуги L и стрелы l свободно провисающей нити дает возможность определить длину стрелы провисания (рис. 2) [14]:

$$L = l + \frac{8h^2}{3l}, \quad (3)$$

откуда высота провисания

$$h = \sqrt{3l(L-l)/8}. \quad (3.1)$$

Определение величины провисания текущей точки свободно провисающей нити для малых стрел провисания выполняется уравнением:

$$y = \frac{4x(l-x)}{l^2} \cdot h. \quad (4)$$

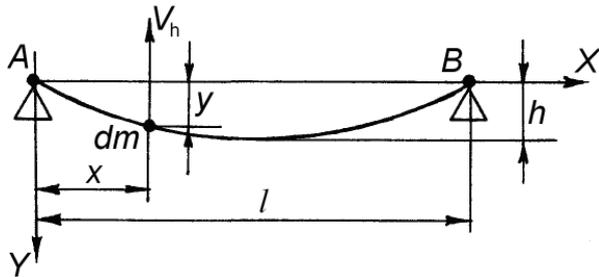


Рис. 2 (пояснения в тексте)

Подставив выражение (3.1) в (4) и произведя необходимые преобразования, получим:

$$y = \frac{4x(l-x)}{l^2} \left[\frac{3}{8} l(L-l) \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (5)$$

Найдем мгновенную скорость вертикального перемещения массы цепи, т.е. производную $\frac{\partial y}{\partial t}$, полагая, что при малых прогибах цепи $x \approx \text{const}$:

$$\begin{aligned} \frac{\partial y}{\partial t} &= \frac{\partial \left\{ \frac{4(lx-x^2)}{l^2} \left[\frac{3}{8} l(L-l) \right]^{\frac{1}{2}} \right\}}{\partial t} = \\ &= \frac{4(lx-x^2)}{l^2} \cdot \frac{1}{2} \left[\frac{3}{8} l(L-l) \right]^{-\frac{1}{2}} \cdot \frac{\partial \left[\frac{3}{8} l(L-l) \right]}{\partial t} = (6) \\ &= \frac{4(lx-x^2)}{2 \cdot l^2} \cdot \frac{1}{h} \cdot \frac{3}{8} \cdot l \cdot \frac{\partial L}{\partial t} = \frac{3(lx-x^2)}{4lh} \cdot \frac{\partial L}{\partial t}, \end{aligned}$$

где $\frac{\partial L}{\partial t}$ – мгновенная скорость горизонтального протаскивания гусеничной цепи:

$$\frac{\partial L}{\partial t} = V_h = \frac{3}{4lh} (lx-x^2) V_c, \quad (7)$$

где $V_c = \frac{\partial l}{\partial t}$ – скорость перемещения верхней ветви гусеницы.

Определим кинетическую энергию элементарного участка гусеницы:

$$\partial T = \frac{\partial m \cdot V_h^2}{2}. \quad (8)$$

Подставляя выражение (7) в (8), определим значение кинетической энергии верхней ветви гусеницы в функции скорости дополнительного натяжения от укладки звена:

$$\begin{aligned} T_{V_c} &= \int_0^l \frac{dm V_h^2}{2} = \int_0^l \frac{q}{2g} \left[\frac{3}{4lh} (lx-x^2) V_c \right]^2 dx = \\ &= \frac{q}{2g} \left(\frac{3V_c}{4lh} \right)^2 \int_0^l (lx-x^2)^2 dx = \\ &= \frac{q}{2g} \cdot \frac{9}{16l^2 h^2} V_c^2 \int_0^l (l^2 x^2 - 2lx^3 + x^4) dx = (9) \\ &= \frac{q}{2g} \cdot \frac{9}{16l^2 h^2} \left[\frac{l^2 x^3}{3} - \frac{2lx^4}{4} + \frac{x^5}{5} \right]_0^l V_c^2 = \\ &= \frac{q}{2g} \cdot \frac{9}{16l^2 h^2} \cdot \frac{2l^5}{60} \cdot V_c^2 = \frac{3}{40g} P_c \frac{l}{h} V_c^2, \end{aligned}$$

где $\frac{q}{g} \partial x$ – элементарная масса гусеничной цепи;

$$P_c = \frac{gl^2}{8h^2} \text{ – статическое натяжение гусеницы.}$$

В рассмотренном случае кинетическая энергия разбиралась для верхнего однопролетного участка гусеницы. У современных гусеничных тракторов верхняя ветвь поддерживается, как правило, двумя роликами, т.е. имеют место три пролета [15]. Однако для дальнейшего анализа есть смысл рассмотреть многопролетный вариант верхнего участка гусеницы [16] (рис. 3).

Скорости точек V_B, V_C, V_D и V_S равны разности скоростей точек цепи двух смежных опор, соответствующих перемещениям пролетов цепи, например:

$$\begin{aligned} V_1 &= V_B; & V_2 &= V_C - V_1; & V_C &= V_1 + V_2; \\ V_3 &= V_D - V_C = V_D - V_1 - V_2; & V_D &= V_1 + V_2 + V_3, \end{aligned}$$

следовательно, для n -го количества пролетов имеем

$$V_S = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n. \quad (10)$$

Поскольку линейная скорость есть первая производная пути по времени, то для одного и того же момента времени скорость указанных точек и длины дуг соответствующих пролетов представляется следующими зависимостями:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{L_1}{L_2}; \quad \frac{V_1}{V_3} = \frac{L_1}{L_3}; \quad \dots \quad \frac{V_1}{V_n} = \frac{L_1}{L_n}, \quad (11)$$

где L – длина дуги пролета, определяемая по формуле (3).

Выразив в зависимостях (11) скорости V_2, V_3 и т.д. через V_1 , получим:

$$V_2 = \frac{V_1 L_2}{L_1}; \quad V_3 = \frac{V_1 L_3}{L_1}; \quad \dots \quad V_n = \frac{V_1 L_n}{L_1}.$$

С учетом этого выражение (10) примет вид:

$$V_S = V_1 + \frac{V_1 L_2}{L_1} + \frac{V_1 L_3}{L_1} + \dots + \frac{V_1 L_n}{L_1},$$

откуда

$$V_1 = \frac{V_S}{1 + \frac{L_2}{L_1} + \frac{L_3}{L_1} + \dots + \frac{L_n}{L_1}} = \frac{V_S L_1}{\sum_{i=1}^{i=n} L_i}.$$

Подставив в зависимость (9), определяющую кинетическую энергию гусеничной цепи от скорости дополнительного натяжения, значения $|V_1|^2, |V_2|^2$ и т.д. для соответствующих пролетов, получим кинетическую энергию каждого пролета цепи:

$$T_1 = \frac{3}{40g} P_c \frac{L_1}{h_1} \cdot \frac{V_S^2 L_1^2}{\left(\sum_{i=1}^{i=n} L_i\right)^2};$$

$$T_2 = \frac{3}{40g} P_c \frac{L_2}{h_2} \cdot \frac{V_S^2 L_2^2}{\left(\sum_{i=1}^{i=n} L_i\right)^2};$$

$$T_n = \frac{3}{40g} P_c \frac{L_n}{h_n} \cdot \frac{V_S^2 L_n^2}{\left(\sum_{i=1}^{i=n} L_i\right)^2}.$$

При равных пролетах верхней ветви гусеницы кинетическая энергия всех пролетов равна сумме энергий отдельных пролетов:

$$T_{06} = T_1 + T_2 + \dots + T_n,$$

или

$$T_{06} = \frac{3}{40g} P_c \frac{l \cdot V_S^2}{h} \cdot \frac{L_1^2 + L_2^2 + \dots + L_n^2}{\left(\sum_{i=1}^{i=n} L_i\right)^2} = \frac{3}{40g} P_c \frac{l}{h} \cdot \frac{V_S^2}{n}.$$

Таким образом, суммарная кинетическая энергия верхней ветви гусеницы от скорости

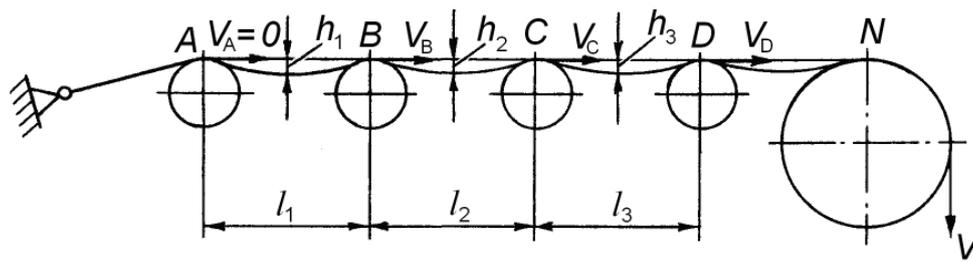


Рис. 3 (пояснения в тексте)



дополнительного натяжения при укладке звена для многопролетной ветви будет меньше в n раз, которое соответствует количеству пролетов верхней ветви.

Кинетическая энергия поступательно движущихся масс, например, трактора ($T_{\text{тр}}$) равна:

$$T_{\text{тр}} = \frac{m_{\text{тр}} \cdot V_{\text{тр}}^2}{2},$$

где $m_{\text{тр}}$ – масса трактора;

$V_{\text{тр}}$ – скорость поступательного движения.

Очевидно, что общая кинетическая энергия системы равна сумме кинетических энергий составляющих ее звеньев:

$$T = \frac{m_{\text{ок}} V_{\text{ок}}^2}{2} + \frac{J_{\text{ок}} V_{\text{тр}}^2}{2r_{\text{ок}}^2} + J_{\text{в}} \frac{\omega_{\text{зв}}^2}{2} + \frac{q \cdot n \cdot t_{\text{г}} \cdot V_{\text{с}}^2}{4g} + J_{\text{нк}} \frac{V_{\text{с}}^2}{2r_{\text{нк}}^2} + \frac{3}{40g} P_{\text{с}} \frac{l}{h} \cdot \frac{V_{\text{с}}^2}{n}. \quad (12)$$

В уравнении (12) скорости $V_{\text{ок}}$ и $V_{\text{с}}$ выразим через обобщенные координаты, для чего воспользуемся уравнением связи (2). Величину y для малых углов γ (см. рис. 1) можно представить в виде:

$$y \approx x \cdot \text{tg} \gamma \approx x \gamma,$$

далее определим вертикальную составляющую скорости оси опорного катка:

$$y' = x' \gamma + x \gamma'.$$

Абсолютная скорость равна

$$V_{\text{ок}} = \sqrt{(x')^2 + (y')^2},$$

откуда

$$V_{\text{ок}}^2 = (x')^2 + (y')^2 = (x')^2 + (x'y + xy')^2 = (x')^2 + (x')^2 y^2 + 2x'xy'y + x^2 (\gamma')^2.$$

Для определения скорости протаскивания $V_{\text{с}}$ гусеницы определим расстояние S от точки C до начала координат (см. рис. 1):

$$S = t_{\text{г}} \cdot \cos(\gamma_0 - \gamma) + n \cdot t_{\text{г}} \cos \alpha. \quad (13)$$

Из представленной на рисунке 1 схемы видно, что

$$t_{\text{г}} \cdot \sin(\gamma_0 - \gamma) = n \cdot t_{\text{г}} \cos \alpha.$$

Для малых углов можно принять

$$\sin(\gamma_0 - \gamma) \approx \gamma_0 - \gamma; \text{ и } \sin \alpha \approx \alpha,$$

тогда

$$\alpha = \frac{\gamma_0 - \gamma}{n}.$$

Подставим значение α в выражение (13), получим

$$S = t_{\text{г}} \cdot \cos(\gamma_0 - \gamma) + n t_{\text{г}} \cdot \cos\left(\frac{\gamma_0 - \gamma}{n}\right). \quad (14)$$

Дифференцируя выражение (14) по времени, находим скорость перемещения точки C по прямой AC :

$$S' = t_{\text{г}} \left[\sin(\gamma_0 - \gamma) + t_{\text{г}} \sin\left(\frac{\gamma_0 - \gamma}{n}\right) \right] \gamma',$$

а с учетом малых значений углов

$$S' \approx t_{\text{г}} \left(1 + \frac{1}{n}\right) \cdot (\gamma_0 - \gamma) \gamma'.$$

Абсолютная скорость $V_{\text{с}}$ точки C равна геометрической сумме составляющих скоростей

$$V_{\text{с}} = \sqrt{(S')^2 + V_{\text{тр}}^2 \sin^2 \gamma_0}.$$

Подставим значения скоростей $V_{\text{ок}}$ и $V_{\text{с}}$ выраженных в функции обобщенных координат, в уравнение (12), получим уравнение кинетической энергии системы в обобщенных координатах:

$$T = \frac{m_{\text{ок}}}{2} \left((x')^2 + (x')^2 \gamma^2 + 2x'x\gamma\gamma' + x^2 (\gamma')^2 \right) + J_{\text{ок}} \frac{V_{\text{тр}}^2}{2r_{\text{ок}}^2} + J_{\text{в}} \frac{(\gamma')^2}{2} + \frac{g \cdot n \cdot t_{\text{г}}}{2g} \times \left[\frac{t_{\text{г}} \left(1 + \frac{1}{n}\right) (\gamma_0 - \gamma) \gamma'}{2} + V_{\text{тр}}^2 \sin^2 \gamma_0 \right]^2 + \frac{3}{40g} P_{\text{с}} \frac{l}{h} \times \frac{t_{\text{г}} \left(1 + \frac{1}{n}\right) (\gamma_0 - \gamma) \gamma' + V_{\text{тр}}^2 \sin^2 \gamma_0}{n} + \frac{m_{\text{тр}} V_{\text{тр}}^2}{2}.$$

Введя обозначения А и Б, получим:

$$T = \frac{m_{\text{ок}}}{2} \left((x')^2 + (x')^2 \gamma^2 + 2x'x\gamma\gamma' + x^2 (\gamma')^2 \right) + J_{\text{ок}} \frac{V_{\text{тр}}^2}{2r_{\text{ок}}^2} + J_{\text{в}} \frac{(\gamma')^2}{2} + A (\gamma - \gamma_0)^2 (\gamma')^2 + B V_{\text{тр}}^2 \sin^2 \gamma_0 + \frac{m_{\text{тр}} V_{\text{тр}}^2}{2},$$

где $A = t_r^2 \left(1 + \frac{1}{n}\right)^2 \left(\frac{3}{40g} P_c \frac{l}{h} \cdot \frac{1}{n}\right) + J_{\text{нк}} \frac{1}{2r_{\text{нк}}^2} + \frac{g \cdot n \cdot t_r}{4g}$;

$$B = \frac{3}{40g} P_c \frac{l}{h} \cdot \frac{1}{n} + J_{\text{нк}} \frac{1}{2r_{\text{нк}}^2} + \frac{g \cdot n \cdot t_r}{4g}.$$

По данным [17], потенциальная энергия наклонного участка гусеницы и верхней ветви, вызванной укладкой звена, имеет малые значения по сравнению с общей потенциальной энергией трактора.

Запишем потенциальную энергию системы в виде уравнения:

$$\Pi = C_{y_0} y + C_{\gamma} \frac{y^2}{\gamma} + q_{\gamma} y.$$

С учетом выражения (12) заметим, что деформация упругого элемента подвески за счет поворота звена при укладке передним катком незначительна, поэтому характеристику подвески в данном случае принимаем линейной, а жесткость упругого элемента – постоянной ($C_{y_0} = \text{const}$).

$$\Pi = (Q_{\text{н}} + q_{\text{оп.к}}) x \gamma + \frac{C_{\gamma} x^2 \gamma^2}{\gamma},$$

где $Q_{\text{н}} = C_{y_0} y_0$ – нагрузка на передний каток;
 $q_{\text{оп.к}}$ – вес переднего опорного катка.

Имея все составляющие уравнения (1) и произведя дифференцирование кинетической и потенциальной энергии по независимым обобщенным координатам x и γ , опуская промежуточные операции и пренебрегая величинами высокого порядка, получим в окончательном виде систему двух нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка:

$$m_{\text{ок}} x'' + 2m_{\text{ок}} x' \gamma \gamma' + m_{\text{ок}} x \gamma \gamma'' + (Q_{\text{н}} + q_{\text{оп.к}}) \gamma = 0;$$

$$(2A\gamma_0^2 - 4A\gamma_0\gamma + J_{\text{в}}) \gamma'' - [4A(\gamma_0 - \gamma)] \gamma'^2 + 2m_{\text{ок}} x x' \gamma' + (Q_{\text{н}} + q_{\text{оп.к}}) x = 0.$$

Приближенное решение таких уравнений можно найти в виде ряда Тейлора-Макларена, расположенного по степеням независимой переменной – времени t .

Из начальных условий имеем:

$$\text{при } t = 0 \quad x = -l_x = r t g \frac{\gamma_0}{2},$$

где γ_0 – начальный угол наклона укладываемого звена до начала соприкосновения с опорным катком.

Значение γ_0 определяем из уравнения гибкой нити в разных уровнях [13]:

$$y = \frac{4fx(l-x)}{l^2} + xt g^{\infty}.$$

Производная y'_x позволяет определить $\text{tg } \gamma_0$ (см. рис. 1) при $dy/dx = 0$; $x_1 = l - t_r$; $x_2 = l$.

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{4f}{l} - \frac{8f(l-t_r)}{l^2} + \frac{C}{l}, \quad (15)$$

где x_1 и x_2 – соответственно нижний и верхний пределы интегрирования;

l – длина провисающего участка гусеницы;

t_r – шаг звена гусеницы;

C – разность уровней;

f – стрела провеса ($f = C/4$).

Решая уравнение (15), получим:

$$y = \frac{C \cdot t_r^2}{l^2}.$$

$$\text{Тогда } \frac{\partial y}{\partial t} = \frac{2t_r \cdot C}{l^2} \approx \gamma_0.$$

Первая производная X' определяет линейную скорость движения трактора ($X' = V_{\text{тр}}$), вторая производная – его линейное ускорение (в нашем случае $X'' = 0$).

Таким образом, задача сводится к решению второго нелинейного дифференциального уравнения движения системы:

$$\gamma'' (2A\gamma_0^2 - 4A\gamma_0\gamma + J_{\text{в}}) - [4A(\gamma_0 - \gamma)] (\gamma')^2 - 2m_{\text{ок}} l_x V_{\text{тр}} \gamma' - (Q_{\text{н}} + q_{\text{оп.к}}) l_x = 0,$$

из которого

$$\gamma = \frac{4A(\gamma_0 - \gamma)(\gamma')^2}{2A\gamma_0^2 - 4A\gamma_0\gamma + J_{\text{в}}} - \frac{2m_{\text{ок}} l_x V_{\text{тр}} \gamma'}{2A\gamma_0^2 - 4A\gamma_0\gamma + J_{\text{в}}} - \frac{(Q_{\text{н}} + q_{\text{оп.к}}) l_x}{2A\gamma_0^2 - 4A\gamma_0\gamma + J_{\text{в}}}. \quad (15.1)$$

Решение последнего уравнения запишем в виде ряда Тейлора-Макларена:

$$\gamma = \gamma_0 + \gamma_0' t + \gamma_0'' \frac{t^2}{2} + \gamma_0''' \frac{t^3}{6} + \dots$$

Для малых значений t ряд быстро сходится, поэтому для расчетов при определении величины γ достаточно ограничиться вторым порядком по переменной t .

Для начальных условий $t = 0$, $\gamma = \gamma_0$ и $\gamma' = -\omega_0$ получим



$$\gamma = \gamma_0 - \omega_0 t + \gamma_0'' \frac{t^2}{2}. \quad (16)$$

Значение γ_0'' определяем из уравнения (15.1), при заданных начальных условиях:

$$\gamma_0'' = \frac{(Q, +q_x)l_x - 2m_{ок}l_x V_{тр} \omega_0}{J_b - 2A\gamma_0^2}.$$

Подставив значение γ_0'' в уравнение (16), уточним выражение для γ :

$$\gamma = (\gamma_0 - \omega_0 t) + \frac{(Q, +q_x)l_x - 2m_{ок}l_x V_{тр} \omega_0}{J_b - 2A\gamma_0^2} \cdot \frac{t^2}{2}, \quad (17)$$

где ω_0 – начальная скорость звена до соприкосновения с катком, $\omega_0 = \frac{\sin \gamma_0 \cdot V_{тр}}{(n+1)t_r}$.

Уравнение (17), описывающее координату γ как функцию времени t , позволяет определить изменение положения звена гусеницы при его укладке передним опорным катком на опорную поверхность.

Проведенный авторами анализ выражения (17) применительно к трактору Т-170М1.03 показывает, что с увеличением поступательной скорости движения машины укладка звена на опорную поверхность запаздывает. Вследствие этого при движении на повышенных скоростях передний опорный каток постоянно находится в приподнятом состоянии, разгружая второй опорный каток и совершая вертикальные колебательные движения, которые через узлы и элементы подвески передаются на остов трактора.

Пользуясь найденной зависимостью, определим максимально допустимую скорость движения $V_{д.макс}$ трактора, при которой за цикл, равный шагу гусеницы, обеспечивается полная укладка звена на опорную поверхность (при $\gamma = 0$ и $t = t_r/V_{тр}$):

$$V_{д.макс} = \sqrt{\frac{(Q, +q_x)l_x \cdot t_r^2 (n+1)}{2m_{ок}l_x \sin \gamma_0 \cdot t_r - \sqrt{-2(J_b - 2A\gamma_0^2)[(n+1)\gamma_0 - \sin \gamma_0]}}}$$

Так, для тракторов типа Т-170 конструктивные особенности ходовой части и подвески допускают максимальную скорость $V_{д.макс}$, при которой обеспечивается полная укладка звена гусеницы передним опорным катком за цикл, равный шагу гусеницы, не более 3,55 м/с (12,8 км/ч).

При движении трактора со скоростью, превышающей $V_{д.макс}$, укладка звена будет запаздывать. При этом опорная поверхность гусеницы несколько сократится, вызвав соответствующее

увеличение удельного давления на почву. Кроме того, повышается уровень галоупиривания (продольных угловых колебаний машины), а также сопротивление передвижению трактора.

Растягивающие усилия в звеньях верхней ветви гусеницы растут по мере их перемещения к направляющему колесу: на направляющем участке растяжения на холостом ходу машины до 40% выше усилия предварительного натяжения; при номинальном тяговом усилии (80 кН) они находятся в диапазоне 51...65 кН [18].

Список литературы

1. Вулах Г. Я., Коршунов Г. А., Сафронов А. Л. Динамические характеристики полужесткой подвески бульдозерного агрегата // Гидропривод и автоматика в тракторостроении : реф. сб. М. : ЦНИИТЭИ-тракторосельхозмаш, 1976. Вып. 7. С. 3–7.
2. Бердов Е. И. Повышение эффективности использования гусеничного сельскохозяйственного трактора путем выбора рационального положения центра давления при агрегатировании бульдозерным оборудованием : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск : ЧГАУ, 2000. 162 с.
3. Барский И. Б., Анилович В. Я., Кутюков Г. М. Динамика трактора. М. : Машиностроение, 1973. 280 с.
4. Исследования динамической нагруженности ходовых аппаратов гусеничных тракторов с полужесткой подвеской / рук. темы В. Н. Павлов ; отв. исп. Д. Г. Валиахметов / НТО ЧФ НАТИ, арх. № 2517. Челябинск, 1984. 101 с.
5. Куликов Б. М. О работе ведущего участка ходовой системы гусеничного трактора // Сб. науч. тр. ЧИМЭСХ. Челябинск, 1967. Вып. 28. С. 23–30.
6. Тарасик В. П. Моделирование рабочей ветви гусеничного движителя // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1998. № 1. С. 20–23.
7. Агеев Л. Е., Шкрабак В. С., Моргулис-Якушев В. Ю. Сверхмощные тракторы сельскохозяйственного назначения. Л. : Агропромиздат, Ленингр. отд-ние, 1966. 415 с.
8. Modelling and Investigation of Dynamic Parameters of Tracked Vehicles / A. Mezyk, E. Switoski, S. Kciuk, W. Klein // Mechanics and Mechanical Engineering. 2011. Vol. 15. № 4. p. 115–130.
9. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики. М. : Высш. шк., 1995. 416 с.
10. Светлицкий В. А. Механика гибких стержней и нитей. М. : Машиностроение, 1978. 222 с.

11. Медведев М. И., Коденко М. Н. Исследование динамических показателей направляющего участка гусеничного механизма трактора // Известия высш. учеб. завед. Сер. : Машиностроение. 1961. № 7.
12. Wong J. Y. Theory of ground vehicles. 3rd ed. John Wiley & Sons, 2001. 528 p., il.
13. Janarthanan B., Padmanabhan C., Sujatha C. Longitudinal dynamics of a tracked vehicle: Simulation and experiment // Journal of Terramechanics. 2012. № 49. P. 63–72.
14. Качурин В. К. Теория висячих систем. Л. ; М. : Машиностроение, 1962. 196 с.
15. Ходовые системы тракторов. (Устройство, эксплуатация, ремонт) : справочник / В. М. Забродский, А. М. Файнлейб, Л. Н. Кутин, О. Л. Уткин-Любовцев. М. : Агропромиздат, 1986. 271 с.
16. Антонов А. С., Запрягаев М. М., Хавханов В. П. Армейские гусеничные машины. Ч. I : Теория. М. : Военное изд-во МО СССР, 1974. 328 с.
17. Медведев М. И. Гусеничное зацепление тракторов. Киев : Машгиз, 1959. 252 с.
18. Теоретические и экспериментальные исследования оптимальных параметров сельскохозяйственной модификации трактора Т-170М1.03 и агрегатов на его базе. Отчет ГосНИИ ПТ. Отв. исп. Е. И. Бердов. Челябинск : 1997, арх. № 113. 148 с.
-

Бердов Евгений Иванович, канд. техн. наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: BerdovEugene@yandex.ru.

Алябьев Вадим Анатольевич, инж., ст. препод. федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: alyabiev.vadim@mail.ru.

* * *

УДК 621.43.031.3

СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТУРБОКОМПРЕССОРА

А. Ю. Бурцев

На сегодняшний момент 70% двигателей внутреннего сгорания оснащают системой газотурбинного наддува. Надежность же турбинного узла в эксплуатации находится на низком уровне. В данной работе предлагается повысить надежность турбокомпрессора за счет установки автономного смазочно-тормозного устройства. Совместное применение гидроаккумулятора и тормозного устройства снижает до минимума риск наступления сухого трения и аварийного выхода из строя турбокомпрессора. Доказано, что применение тормозного устройства ротора турбокомпрессора, встроенного в систему впуска двигателя внутреннего сгорания, имеющего расчетные конструктивные параметры, сокращает продолжительность выбега ротора на 30–35%, что дает возможность уменьшить габариты и время работы гидроаккумулятора, при одновременном исключении возникновения явления помпажа в компрессорной части турбокомпрессора, тем самым исключает поломку его деталей. Расчетный экономический эффект составляет 50–80 тысяч рублей за сезон эксплуатации агрегатов с тракторами различной единичной мощности.

Ключевые слова: двигатель, турбонаддув, турбокомпрессор, диагностирование, выбег турбокомпрессора, тормозное устройство, гидроаккумулятор.

Штатный процесс работы ДВС, оборудованным ТКР, характеризуется установленными заводом-изготовителем параметрами функционирования, которые находятся в заданных пределах, обеспечивающих оптимальный режим смазки и охлаждения элементов ТКР [1–10]. Однако в практике эксплуатации ДВС с ТКР имеют место отклонения от штатных режимов, называемые стохастическими [11–15].

Стохастичность режимов, как показывает практика эксплуатации сельскохозяйственных машин, составляет от 3 до 15% [14, 15]. Исключить ее в полном объеме невозможно, поэтому требуется разработка инновационных

технических решений, преодолевающих эту проблему. В тот же момент стохастический процесс работы ДВС совместно с ТКР представляет значительную сложность. Сложность заключается в: 1) случайности и фактической неожиданности появления стохастических режимов; 2) малых временных рамках реализации этих режимов; 3) существования множественных связей между внешними воздействиями, вызывающими стохастичность и процессами, происходящими в системе смазки подшипников ТКР. Нивелировать перечисленные проявления стохастичности возможно путем исследования взаимосвязи между этими

режимами и процессами, протекающими в системе смазки ТКР.

Целью настоящего исследования является установление взаимосвязи параметров функционирования автономного смазочно-тормозного устройства и турбокомпрессора при стохастической нагрузке ДВС.

В соответствии с последовательностью введения в конструкцию штатной системы смазки ТКР новых конструктивных мероприятий, рассмотрим данный процесс в следующей последовательности: 1) физическая сущность функционирования ТКР при стационарной нагрузке ДВС; 2) физическая сущность функционирования ТКР при стохастической нагрузке ДВС; 3) физическая сущность функционирования ТКР при стохастической нагрузке ДВС и функционировании гидроаккумулятора и тормозного устройства.

Рассмотрим штатную (стационарную) работу ТКР, которая характеризуется постоянством скоростного режима ДВС и ТКР, постоянством смазочного режима подшипников ТКР и установившимся тепловым режимом. Поясним это на примере (рис. 1).

При функционировании ТКР с штатной системой смазки в стационарных условиях взаимосвязь рабочих параметров ДВС, ТКР в условиях эксплуатации МЭС можно представить в виде рисунка 1. Момент сопротивления R_H , Н (линия 1) практически находится вблизи средней величины R_{HCP} Н. Неизменный момент сопротивления создает условия для постоянства (неизменности значений) рабочих параметров ДВС и ТКР [6, 7, 8]. Так, например, частота вращения ДВС $n_{ДВС}$, мин⁻¹ (линия 2), поддерживается вблизи номинальной при выполнении работы с/х машиной. В то же время и частота вращения ротора ТКР $n_{ТКР}$, мин⁻¹ (линия 4), поддерживается на постоянном уровне. Например, для ТКР-11 – 40 000 мин⁻¹. Процесс смазки элементов ДВС и ТКР характеризуется постоянством величины давления в масляной магистрали P_M , МПа (линия 5). При этом обеспечивается жидкостный режим трения с максимальным отводом тепла от трущихся элементов ТКР. При этом температура корпуса ТКР T , °С (линия 6), находится на некотором среднем уровне, оптимальном для работы ТКР. Постоянство (стационарность) режимов при всем желании не удастся обеспечить в процессе эксплуатации с/х техники. Так, при осуществлении энергозатратных операций (вспашки, боронования, культивации)

стационарность нарушается [9–14]. Вызвано это бывает значительными перегрузками, вызванными неравномерностью сопротивления почвы, непреднамеренными остановками ДВС, что проявляется в снижении частоты вращения коленчатого вала ДВС, частоты вращения ротора ТКР и, как следствие, наступлении условия полужидкостного и сухого трения подшипников

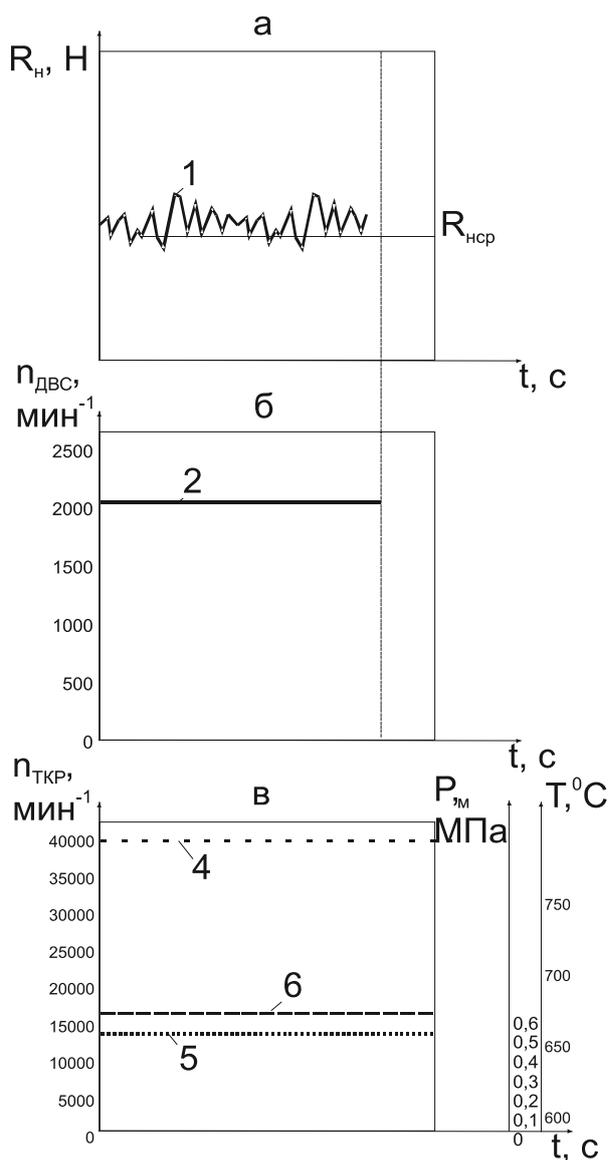


Рис. 1. Взаимосвязь рабочих параметров ДВС, ТКР с штатной системой смазки в условиях эксплуатации МЭС: а – зависимость момента сопротивления R_H , Н (линия 1) от времени t , с; б – зависимость частоты вращения ДВС $n_{ДВС}$, мин⁻¹ (линия 2) от времени t , с; в – зависимость частоты вращения ротора ТКР $n_{ТКР}$, мин⁻¹ (линия 4), давления в масляной магистрали P_M , МПа (линия 5) и температуры корпуса ТКР T , °С (линия 6) от времени t , с

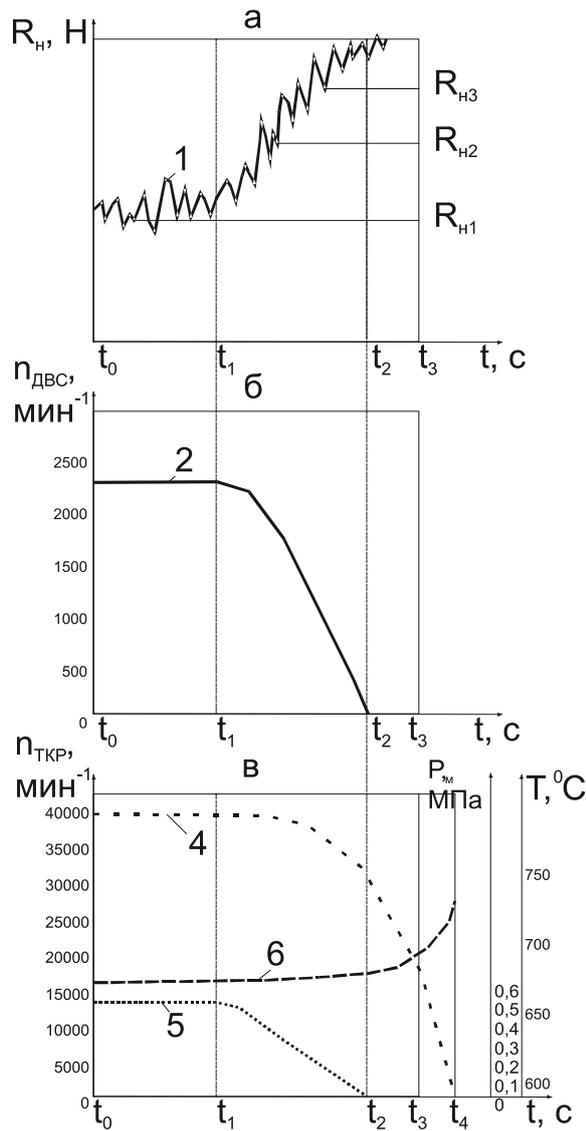


Рис. 2. Взаимосвязь рабочих параметров ДВС, ТКР с штатной системой смазки в условиях эксплуатации МЭС при внезапном росте момента сопротивления: а – зависимость момента сопротивления P_M , Н (линия 1) от времени t , с; б – зависимость частоты вращения ДВС $n_{ДВС}$, мин⁻¹ (линия 2) от времени t , с; в – зависимость частоты вращения ротора ТКР $n_{ТКР}$, мин⁻¹ (линия 4), давления в масляной магистрали P_M , МПа (линия 5) и температуры корпуса ТКР T , °С (линия 6) от времени t , с; R_{H1} , R_{H2} , R_{H3} – значения момента сопротивления начального, среднего и максимального, Н; t_0 – начальный момент времени, с; t_1 – момент времени, соответствующий началу роста нагрузки на ДВС, с; t_2 – момент времени, соответствующий полной остановке коленчатого вала ДВС, с; t_3 – момент времени, соответствующий максимальному уровню нагрузки, с; t_4 – момент времени, соответствующий полной остановке ротора ТКР, с

ТКР. Это вызывает увеличение температуры деталей ТКР, их повышенный износ и разрушение [6, 14, 15]. Поясним стохастичность нагрузки на рисунке 2.

На рисунке 2 представлена взаимосвязь рабочих параметров ДВС, ТКР с штатной системой смазки в условиях эксплуатации МЭС при внезапном росте момента сопротивления. Поясним представленное на рисунке 2. В начальный момент времени t_0 и до момента времени t_1 с/х машина выполняет работу при постоянной величине момента сопротивления на маховике ДВС ($R_{H1} = \text{const}$).

Рабочий процесс ДВС сопровождается устойчивым режимом функционирования его систем. Так, частота вращения коленчатого вала ДВС $n_{ДВС}$ (линия 2) поддерживается на постоянном уровне, при этом частота вращения ротора ТКР $n_{ТКР}$ (линия 4) также находится на неизменном уровне. Детали ТКР охлаждаются постоянной подачей масла при неизменном давлении в главной масляной магистрали $P_M = \text{const}$, что сопровождается устойчивой температурой деталей ТКР (линия 5) до временного участка t_1 .

В некоторый момент времени t_1 при выполнении работы с/х машина сталкивается с неожиданным сопротивлением. На временном участке $t_1 t_2$ наблюдается резкий рост внешней нагрузки на ДВС R_H (линия 1). Причем значение момента сопротивления изменяется от начального R_{H1} до максимального R_{H3} .

Устойчивость режима функционирования систем ДВС нарушается. В результате чего частота вращения коленчатого вала ДВС $n_{ДВС}$ (линия 2) резко снижается до нуля, при этом ротор ТКР переходит в режим свободного выбега и его частота вращения $n_{ТКР}$ (линия 4) начинает снижаться. Однако снижение частоты вращения ротора ТКР продолжается до временного значения t_4 .

Уже на временном участке $t_1 t_2$ температура корпуса ТКР и его деталей T , °С (линия 6), начинает возрастать. Но темпы роста температуры значительно усиливаются на временном участке $t_2 t_4$, так как величина давления в центральной масляной магистрали находится на нулевом уровне.

На временном участке $t_2 t_4$ осуществляется свободный выбег ротора ТКР фактически при нулевом давлении в масляной магистрали перед подшипником ТКР. Данный процесс сопровождается локальным перегревом масла в зазоре подшипника ТКР и, как следствие, – его закоксовыванием. В тот же момент температура других элементов ТКР также выходит за

пределы штатного режима функционирования. Все это сопровождается недопустимым тепловым расширением деталей и пластическими деформациями.

Таким образом, возникает задача – необходимо обеспечить на временном участке t_1 t_4 дополнительную подачу масла в зазор подшипника ТКР, с целью снижения его тепловой напряженности. Но перед решением этой задачи рассмотрим процесс функционирования штатной системы смазки в стационарном режиме и при возникновении значительного момента сопротивления.

Снизить тепловую напряженность деталей ТКР и обеспечить параметры выбега эквивалентные штатной работе ТКР позволяет установка в масляную магистраль гидроаккумулятора, осуществляющего подпитку пар трения в период свободного выбега ротора ТКР. Данное мероприятие позволяет увеличить срок службы ТКР без дополнительных конструктивных доработок деталей ТКР.

Перед представлением модели, связывающей параметры свободного выбега следует указать на широкое изучение данного вопроса различными авторами [6–12]. На стенде для испытания турбокомпрессоров были проведены исследования по свободному затормаживанию турбокомпрессора после выключения подачи воздуха.

Уравнение движения ротора турбокомпрессора в общем виде можно записать так:

$$J \cdot \frac{\partial \omega}{\partial t} = M_T - M_K - M_M, \quad (1)$$

где $J \cdot \frac{\partial \omega}{\partial t}$ – момент от сил инерции движущихся масс ротора, Н·м;

J – момент инерции ротора относительно оси, кг·м²;

$\frac{\partial \omega}{\partial t}$ – угловое ускорение (замедление) ротора, рад/с²;

M_T – эффективный момент, развиваемый турбиной, Н·м;

M_K – момент, потребляемый компрессором, Н·м;

M_M – момент механических сопротивлений вращению ротора, Н·м.

В нашем случае, когда в момент выключенной подачи воздуха на турбину M_K и M_T равны нулю, уравнение движения ротора на режиме выбега примет следующий вид:

$$J \cdot \frac{\partial \omega}{\partial t} = M_{ТОРМ}. \quad (2)$$

Т.е. кинетическая энергия движущихся масс ротора расходуется на преодоление тормозного момента турбокомпрессора. Этот момент складывается из момента механических сопротивлений вращению ротора, работы на сжатие воздуха в компрессоре и момента воздушного сопротивления ротора о воздух.

Значение тормозного момента зависит от технического состояния турбокомпрессора. Зная величину момента инерции ротора и зависимость частоты вращения ротора от времени при выбеге $n = f(t)$, можно определить математическое выражение зависимости тормозного момента от времени выбега ротора. В данной работе момент инерции ротора, согласно заводским данным, $J = 0,1511$ кг·м².

В результате экспериментальных исследований авторами [6–9] получены данные, по которым на рисунке 3 построена зависимость.

Данные на рисунке 3 обобщены по 10 турбокомпрессорам одной марки. Зависимость на рисунке 3 можно аппроксимировать квадратичным уравнением:

$$\omega(t) = 2817 - 55,8 \cdot t + 0,289 \cdot t^2, \quad (3)$$

где t – время выбега, с.

Для возможности определения тормозного момента в процессе выбега необходимо определить замедление, для чего вычислим первую производную от скорости:

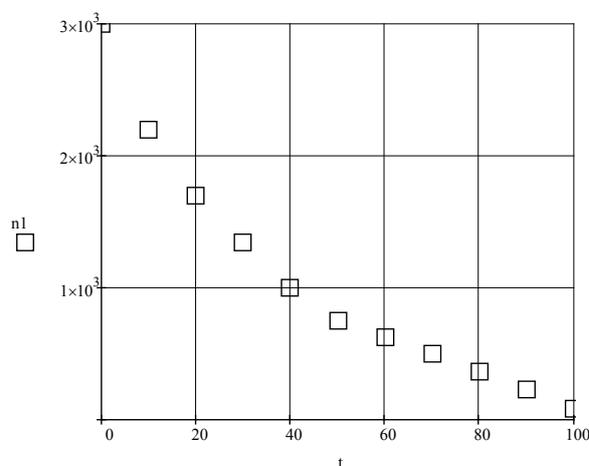


Рис. 3. Зависимость частоты вращения n_1 , рад/с от времени t , с, при свободном выбеге турбокомпрессора



$$\varepsilon = \frac{\partial \omega}{\partial t} = \omega(t)' = -55,8 + 0,596 \cdot t. \quad (4)$$

Замедление при свободном выбеге ротора ТКР изменяется по линейному закону.

Для получения тормозного момента $M_{\text{тор}}$ умножим значения замедления в формуле (4) на момент инерции ротора ТКР, который является постоянной величиной для данного типа ТКР. В результате получим зависимость тормозного момента M , Н·м от времени выбега t , с:

$$M = J \cdot (-55,8 + 0,596 \cdot t), \quad (5)$$

где J – момент инерции ротора ТКР, кг·м².

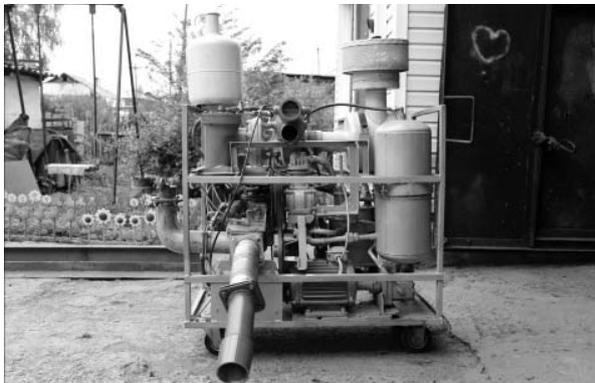
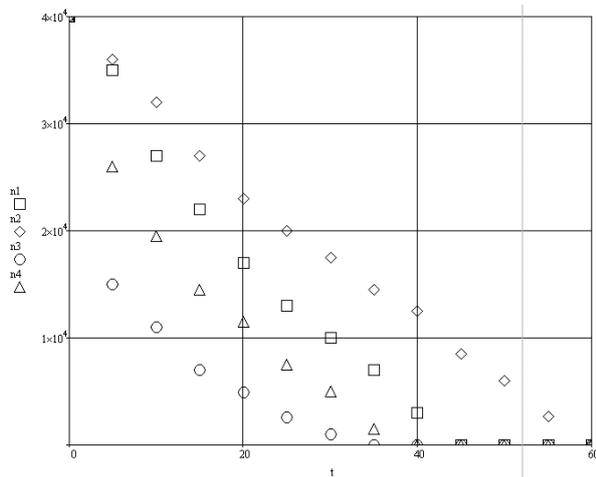


Рис. 4. Стенд для проведения экспериментальных исследований с гидроаккумулятором и тормозным устройством



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 , с

Методика исследований

При проведении экспериментальных исследований использовался стенд с гидроаккумулятором и тормозным устройством рисунок 4 [6, 7, 8, 16, 17, 18, 19, 20].

Результаты экспериментальных исследований

Для подтверждения теоретических предположений были проведены экспериментальные исследования по оценке времени выбега турбокомпрессоров ТКР-11 [9–15]. 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.

Для определения величины замедления при свободном выбеге производили вычисление первой производной от значений частоты вращения ротора ТКР. В результате получили зависимость замедления ротора ТКР от времени выбега рисунок 6.

Для определения величины момента сопротивления вращению ротора ТКР произвели умножение величин замедления на момент инерции ротора ТКР. В результате получили зависимость тормозного момента от времени выбега рисунок 7.

При анализе данных на рисунках 5, 6, 7, и в общем по результатам работы можно сделать выводы:

установленный в систему смазки турбокомпрессора дизеля гидроаккумулятор позволяет

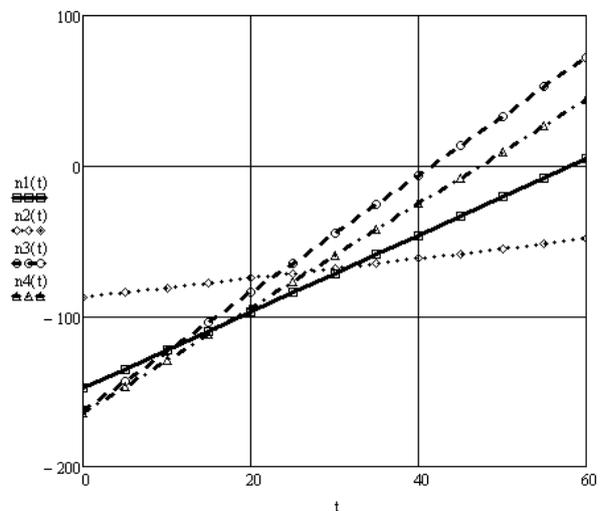


Рис. 6. Зависимость замедления $n_1(t), n_2(t), n_3(t), n_4(t)$ рад/с² от времени выбега t , с

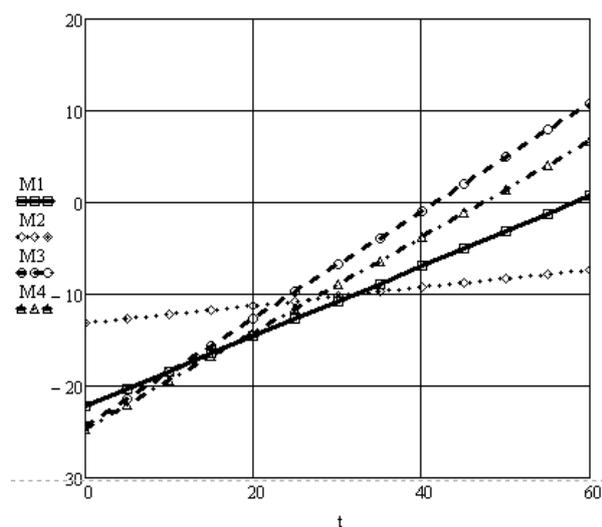


Рис. 7. Зависимость тормозного момента M_1, M_2, M_3, M_4 Н·м от времени выбега t, c

осуществлять штатную смазку и охлаждение подшипников ротора при падении оборотов коленчатого вала ДВС, а также при его остановке при перегрузке в режиме выбега ротора. Внедрение тормозного устройства позволяет сократить время выбега ротора и тем самым предотвратить наступление масляного голодания и сухого трения подшипника ротора. Совместное применение гидроаккумулятора и тормозного устройства позволяет снизить до минимума риск наступления сухого трения и аварийного выхода из строя турбокомпрессора.

Список литературы

1. Носырев Д. Я., Свечников А. А., Становова Ю. Ю. Определение технического состояния турбокомпрессора и приводного центробежного нагнетателя // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2010. Вып. 3. С. 59–63.
2. Малаховецкий А. Ф. Повышение надежности турбокомпрессоров автотракторных двигателей путем снижения их теплонапряженности : дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2005. 141 с.
3. Потапов С. В. Повышение долговечности капитально отремонтированных тракторных дизелей применением гидроаккумулятора в смазочной системе : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1999. 181 с.
4. Патрахальцев Н. Н., Савастенко А. А. Форсирование двигателей внутреннего сгорания наддувом. М. : Легион-Автодата, 2007. 176 с.
5. Захаров В. П. Совершенствование структуры эксплуатационно-ремонтного цикла двига-

телей КАМАЗ-ЕВРО с учетом изменения технического состояния : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2011. 24 с.

6. Способ обеспечения работоспособности турбокомпрессора дизелей применением автономного смазочно-тормозного устройства / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, А. Ю. Бурцев, К. В. Глемба // Вестник Красноярского ГАУ. 2015. № 6. С. 89–93.

7. Гриценко А. В., Бурцев А. Ю. Технико-экономическая эффективность от внедрения модернизированной системы смазки турбокомпрессора // АПК России. 2015. Т. 72. № 2. С. 39–45.

8. Бурцев А. Ю., Плаксин А. М., Гриценко А. В. Повышение эксплуатационной надежности турбокомпрессоров дизелей тракторов // Матер. LIV междунар. науч.-техн. конференции «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. П. Г. Свечникова. Челябинск : ЧГАА, 2015. С. 27–33.

9. Гриценко А. В., Плаксин А. М., Бурцев А. Ю. Исследования выбега ротора турбокомпрессора ТКР-11 // Агропродовольственная политика России. 2015. № 1(13). С. 52–55.

10. Бурцев А. Ю., Плаксин А. М., Гриценко А. В. Повышение эксплуатационной надежности турбокомпрессоров дизелей тракторов // АПК России. 2015. Т. 72. № 1. С. 23–25.

11. Диагностирование системы выпуска двигателей внутреннего сгорания путем контроля сопротивления выпускного тракта / А. М. Плаксин [и др.] // Фундаментальные исследования. 2014. № 8. Ч. 2. С. 322–326.

12. 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.

13. Исследование процесса выбега ДВС легковых автомобилей при искусственном формировании сопротивления / А. В. Гриценко [и др.] // Фундаментальные исследования. 2014. № 11. Ч. 4. С. 749–753.

14. Увеличение надежности турбокомпрессоров автотракторной техники применением гидроаккумулятора / А. М. Плаксин [и др.] // Вестник Красноярского ГАУ. 2014. № 8. С. 176–180.

15. Плаксин А. М., Гриценко А. В., Бурцев А. Ю. Результаты экспериментальных исследований времени выбега ротора турбокомпрессора ТКР-11 // АПК России. 2014. Т. 70. С. 130–135.

16. Гриценко А. В. Разработка средств и методов диагностирования с частично парал-



лельным резервированием элементов, а также с устранением лишних диагностических операций и диагностических параметров // Вестник КрасГАУ. 2012. № 7. С. 120–125.

17. Формирование инвестиционного механизма в сфере технического сервиса в сельском хозяйстве : монография / В. И. Черноиванов [и др.] ; под общ. ред. В. И. Черноиванова. М. : ГОСНИТИ, 2013. 298 с.

18. Гриценко А. В. Концепция развития методов и средств диагностирования автомобилей // Матер. ЛП междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2013. Ч. III. С. 42–49.

19. Гриценко А. В., Куков С. С. Обоснование и разработка эффективных систем диагностирования двигателей внутреннего сгорания мобильных сельскохозяйственных машин // Матер. VI междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2012. Ч. III. С. 20–25.

20. 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.

Бурцев Александр Юрьевич, аспирант, кафедра «Эксплуатация машинно-тракторного парка», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: burceval2009@yandex.ru.

* * *

УДК 621.43.038.5.001.42

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ РЕАЛИЗАЦИИ НОВЫХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ТЕСТОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Д. Б. Власов

В статье представлены результаты исследования выходных характеристик электрических насосов системы топливоподачи автомобилей. Разработан новый метод тестового диагностирования элементов системы топливоподачи. Известно, что на систему топливоподачи приходится 20–30% отказов автомобиля. Установлено, что отказы системы топливоподачи приводят к снижению мощности двигателя на 15–23%, повышению выбросов токсичных компонентов в окружающую среду в 5–10 раз. Нарушение работоспособности топливной системы в подавляющем большинстве случаев объясняется: использованием некондиционного топлива; низкой квалификацией персонала, производящего ремонт, эксплуатацию и техническое обслуживание автомобилей; применением неоригинальных запасных частей низкого качества. В то же время совершенствование системы питания двигателей с впрыском бензина направлено на обеспечение высоких экологических показателей. Обеспечение последних возможно за счет точного дозирования подачи топлива на всех режимах работы двигателя. Для контроля технического состояния элементов системы топливоподачи разработан метод тестового диагностирования, основанный на нагрузочном и стресс тестировании. Контроль технического состояния электрических бензиновых насосов возможен по измерению разности величин частоты вращения коленчатого вала двигателя при отключении искрообразования и топливоподачи.

Ключевые слова: система топливоподачи, тестовое диагностирование, электрический бензиновый насос, нагрузочное и стресс тестирование, техническое состояние, диагностический параметр.

Актуальность темы. Из многочисленных литературных источников известно, что наименее надежной системой двигателей легковых автомобилей является – система питания [1–8]. Доля всех отказов системы топливоподачи от общего числа отказов двигателя составляет – 15–40% [9].

Нарушение работоспособности топливной системы в подавляющем большинстве случаев объясняется: использованием некондиционного топлива; низкой квалификацией персонала, производящего ремонт, эксплуатацию и техническое обслуживание автомобилей; применением запасных частей низкого качества [9–15].

В то же время совершенствование системы питания двигателей с впрыском бензина направлено на обеспечение высоких экологических показателей. Обеспечение последних возможно за счет точного дозирования подачи топлива на всех режимах работы двигателя [8–10].

Целью настоящей работы является повышение эффективности процесса диагностирования систем питания на основе реализации новых методов и средств их тестового диагностирования.

В работе проводится исследование взаимосвязи технического состояния ЭБН с его ка-



чественными показателями функционирования системы топливоподачи [11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20].

Для определения технического состояния ЭБН рассматривается 2 способа диагностирования: динамический и статический [11, 14, 15, 19]. На динамическом режиме отслеживают работу ЭБН по изменению максимально возможной частоты вращения коленчатого вала двигателя при отключении искрообразования в цилиндры; по изменению максимально возможной частоты вращения коленчатого вала двигателя при отключении искрообразования и изменению напряжения питания ЭБН. В статическом режиме рассматривают работу ЭБН по развиваемому им давлению при неработающем ДВС [11, 19].

Результаты экспериментальных исследований

Рассмотрим работу ЭБН в первом случае. Для этого проводился эксперимент, в котором проверялась работа двигателя на одном цилиндре при отключении искрообразования в остальных трех, а также для повышения чувствительности диагностируемого параметра уменьшалась степень подачи топлива. В результате получена характеристика изменения частоты вращения коленчатого вала ДВС n , мин⁻¹ (рис. 1).

При отключении искрообразования все четыре форсунки обеспечивают подачу топлива и быстро опустошают топливную рампу, что приводит к снижению частоты вращения КВ ДВС.

Пределы изменения частоты вращения КВ при 80% степени открытия дроссельной за-

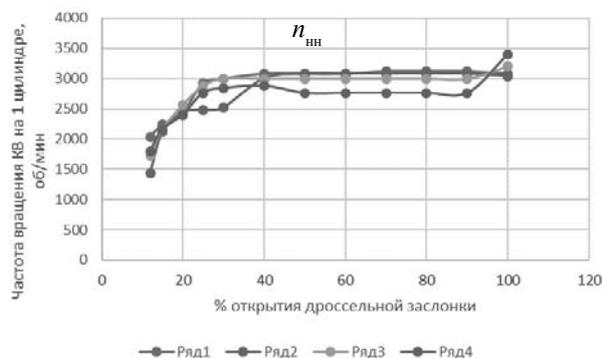
слонки составили 2750–3000 об/мин, при 60% – 2750–3000 об/мин, при 40% – 2750–3000 об/мин, при 20% – 2400–2500 об/мин, далее ЭБН не смог обеспечить необходимую подачу топлива для работающих форсунок и в результате двигатель заглох (рис. 1). Данная характеристика отображает работу двигателя с новым ЭБН ($n_{\text{нн}}$).

Далее проводился аналогичный эксперимент, но с сниженным напряжением питания для ЭБН до 8 В. В результате получили характеристику работы ДВС (рис. 2).

При анализе экспериментальных данных на рисунке 2 можно наблюдать более раннее снижение (падение) частоты вращения КВ $n_{\text{пр}}$, которое начинает наблюдаться уже при 60% открытия дроссельной заслонки. Данное падение частоты вращения объясняется ростом зазоров и утечек неисправного ЭБН, поэтому ДВС в конечном итоге остановится раньше. Снижение подачи ЭБН за счет утечек на максимальном скоростном режиме отразится нарушением баланса подачи и расхода топлива, как следствие, снижение максимально возможной частоты вращения коленчатого вала ДВС. Чем больше утечки в ЭБН, тем меньше максимально возможная частота вращения коленчатого вала ДВС.

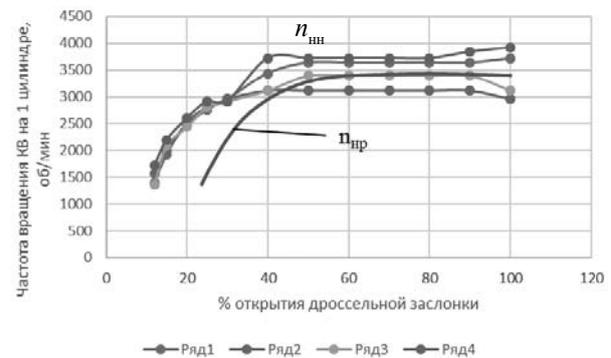
Пределы изменения частоты вращения КВ $n_{\text{нн}}$ при 80% степени открытия дроссельной заслонки составили 3100–3750 об/мин, при 60% 3100–3750 об/мин, при 40% 2800–2900 об/мин, при 20% 800–900 об/мин, далее двигатель глохнет (рис. 2).

Техническое состояние ЭБН предлагается определять по отношению частоты вращения ДВС при работе с новым ($n_{\text{нн}}$) и реальным ($n_{\text{пр}}$)



Ряд 1–4 – работа ДВС на каждом цилиндре с исправным ЭБН

Рис. 1. Изменение частоты вращения коленчатого вала ДВС n , мин⁻¹ на 1 цилиндре (напряжение питания ЭБН $U = 14$ В)



Ряд 1–4 – работа ДВС на каждом цилиндре с исправным ($n_{\text{нн}}$) ЭБН; $n_{\text{пр}}$ – работа ДВС с неисправным ЭБН

Рис. 2. Характеристика работы КВ ДВС n , мин⁻¹, при работе на каждом цилиндре ($U_{\text{ЭБН}} = 8$ В)

(диагностируемым) электробензонасосом, данное отношение позволяет определить степень уменьшения подачи диагностируемого насоса, а в конечном итоге износ диагностируемого насоса.

Другим чувствительным диагностическим параметром к определению технического состояния ЭБН является снижение максимально возможной частоты вращения коленчатого вала ДВС из-за выработки топлива при проверке работы ЭБН с меньшим напряжением питания (рис. 3). Гипотеза сводится к тому, что с ростом утечек ЭБН в процессе эксплуатации, при понижении напряжения его питания снизится максимально возможная частота вращения коленчатого вала ДВС, мин^{-1} .

В ходе испытаний варьировали изменением напряжения питания ЭБН $U = 14-4$ В. При этом фиксировалась в одном положении дроссельная заслонка: степень ее открытия составляла 50%. Динамика снижения частоты вращения КВ ДВС в зависимости от напряжения питания электробензонасоса также характеризует степень износа электробензонасоса (рис. 3).

Строя характеристики изменения частоты вращения КВ (косвенно фиксируя время выработки топлива и остановки ДВС при работе ЭБН) от напряжения питания насоса 14–4 В можно определить техническое состояние ЭБН.

По наклону построенных характеристик в сравнении с эталонными определяют степень износа электробензонасоса. На рисунке 3 представлены две кривые: кривая $n_{\text{нн}}$ характеризует

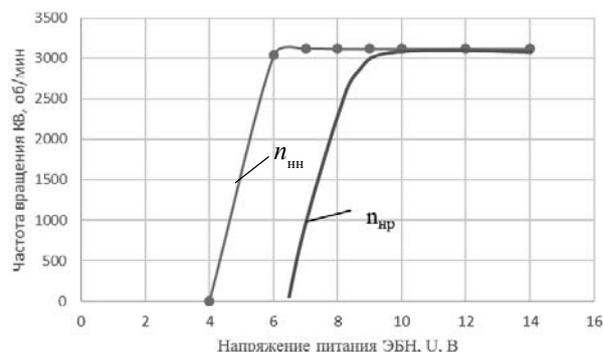


Рис. 3. Характеристика работы ДВС при диагностировании нового ($n_{\text{нн}}$) и реального ($n_{\text{рп}}$) ЭБН

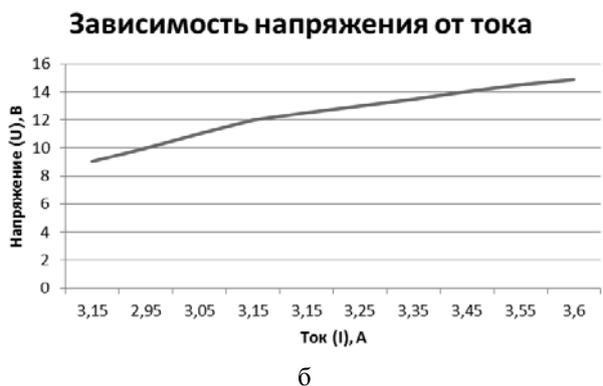


Рис. 4. Зависимость тока I , А, ЭБН от изменения подаваемого на него напряжения U , В: а – $U = 8,5-2,5$ В; б – $U = 14,5-8,5$ В

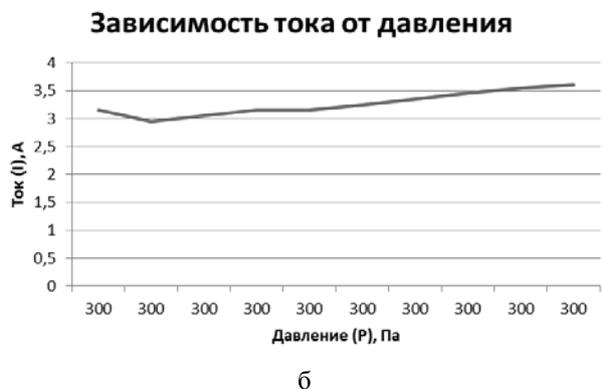


Рис. 5. Зависимость давления P , кПа, развиваемого ЭБН, от величины силы тока I , А: а – $I = 3,2...1,1$ А; б – $I = 3,6...3,2$ А



технически исправный электробензонасос. При изменении напряжения питания насоса от 14 до 6 В двигатель устойчиво держит частоту вращения на одном уровне. Кривая $n_{нр}$ характеризует сниженную производительность электробензонасоса. Как видно из зависимости (кривая $n_{нр}$), при 9 В насос не обеспечивает подачу необходимого количества топлива в двигатель, частота вращения КВ постепенно снижается, и при 6–7 В двигатель практически мгновенно останавливается. При эксплуатации двигателя с неисправным электробензонасосом (кривая $n_{нр}$) на номинальном режиме работы и реализации мощностных режимов двигатель работает неустойчиво, вызывая дерганье, вибрации, постоянно глохнет при движении.

Рассмотрим 2-й способ – статический. В статике строилась зависимость тока I , А, ЭБН от изменения подаваемого на него напряжения U , В. Причем данная зависимость строилась либо на увеличение, либо на снижение напряжения (рис. 4–9). Измерения проводились на неработающем ДВС.

С уменьшением напряжения, подаваемого на ЭБН, от 15–3 В прямо пропорционально падает сила тока ($U = I \cdot R$). Вместе с этим снижается давление, развиваемое ЭБН (рис. 5).

Здесь мы наблюдаем одинаковое давление на участке от 3,6 до 3,2 А, поскольку регулятор сбрасывает лишнее топливо в «обратку» и не дает ему вырасти. При токе 3 А и ниже наблюдается устойчивое линейное снижение величины давления. При недопустимой степени износа ЭБН данная зависимость изменит характер: при рабочих токах питания ЭБН давление будет ниже допустимого уровня.

Ток и напряжение снижаются, но давление падает не сразу. При $U = 14,85–8,55$ В и силе тока соответственно $I = 3,75–3,25$ А, давление P (кПа) поддерживается электрическим бензонасосом постоянно и составляет 300 кПа. Такое постоянство давления при разных напряжениях объясняется тем, что нужная подача топлива через форсунки обеспечивается регулятором давления, а лишний бензин по «обратке» возвращается в бензобак.

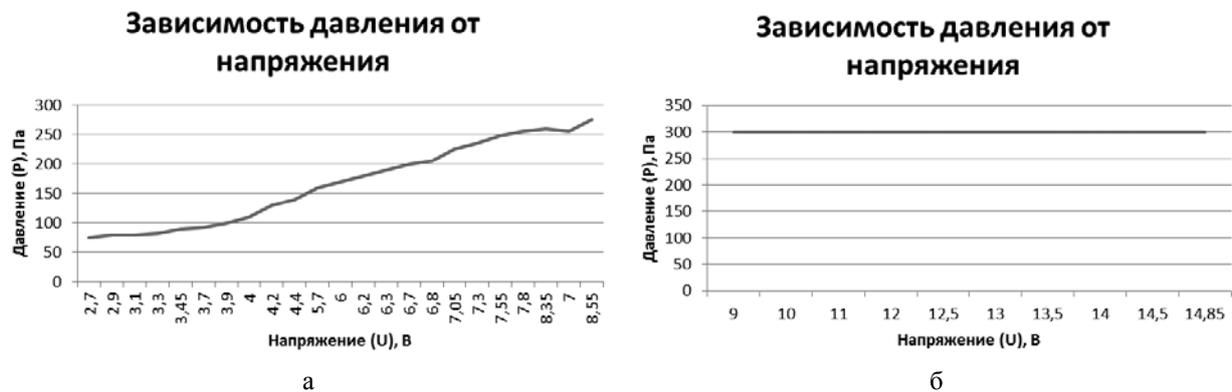


Рис. 6. Зависимость величины давления P , кПа, развиваемого ЭБН, от напряжения питания U , В: а – $U = 8,55 \dots 2,7$ В; б – $U = 14,85 \dots 9$ В



Рис. 7. Зависимость величины тока I , А, от напряжения питания ЭБН U , В: а – $I = 1,5 \dots 3,1$ А; б – $I = 3,1 \dots 3,7$ А

Рассмотрим тот же самый эксперимент в статике, только при росте тока питания ЭБН (рис. 7–9).

Аналогично, с ростом силы тока на ЭБН $I = 1,5...3,2$ В наблюдается рост давления $P = 50...265$ кПа, но от $3,2...3,6$ А давление становится максимальным, т.к. регулятор давления сбрасывает ненужное количество топлива в бак. То же самое мы наблюдаем и при увеличении напряжения на ЭБН (рис. 9).

Данные характеристики строились для нового ЭБН. Предполагается, что для насоса с недопустимыми утечками топлива (предельно изношенного) прирост величины давления от тока будет ниже (из-за утечек топлива через неплотности: увеличенный зазор между корпусом и ротором), а потребляемый ток при этом будет больше.

Таким образом, нами комплексно с целью поиска наиболее чувствительных режимов и диагностических параметров были рассмотрены 2 способа проверки работоспособности ЭБН: статический и динамический. Наибольшей информативность и информационной емкостью обладает динамический способ. Поэтому в даль-

нейших исследованиях мы будем заниматься динамическим способом проверки ЭБН.

Выводы

Вышеупомянутые способы позволяют определять техническое состояние ЭБН. Динамический отслеживает работу ЭБН благодаря изменению максимально возможной частоты вращения коленчатого вала двигателя при отключении искрообразования; по изменению максимально возможной частоты вращения коленчатого вала двигателя при отключении искрообразования и изменению напряжения питания ЭБН. В статическом режиме рассматривают работу ЭБН по развиваемому давлению при неработающем ДВС. Данные способы характеризуются значительной эффективностью процесса диагностирования системы топливоподачи.

Список литературы

1. Соснин Д. А., Яковлев В. Ф. Новейшие автомобильные электронные системы. М. : СОЛОН-Пресс, 2005. 240 с.

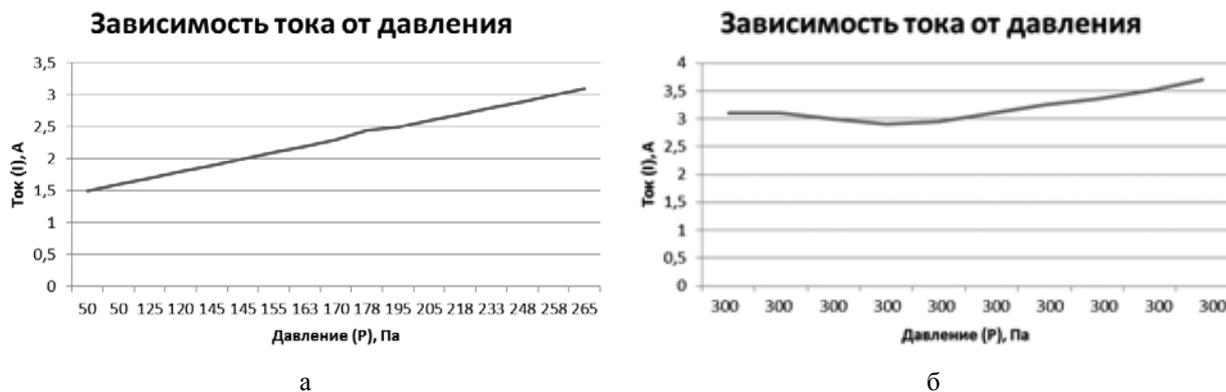


Рис. 8. Зависимость величины давления P (кПа) от силы тока питания ЭБН I , А:
а – $I = 1,5...3,2$ А; б – $I = 3,2...3,6$ А

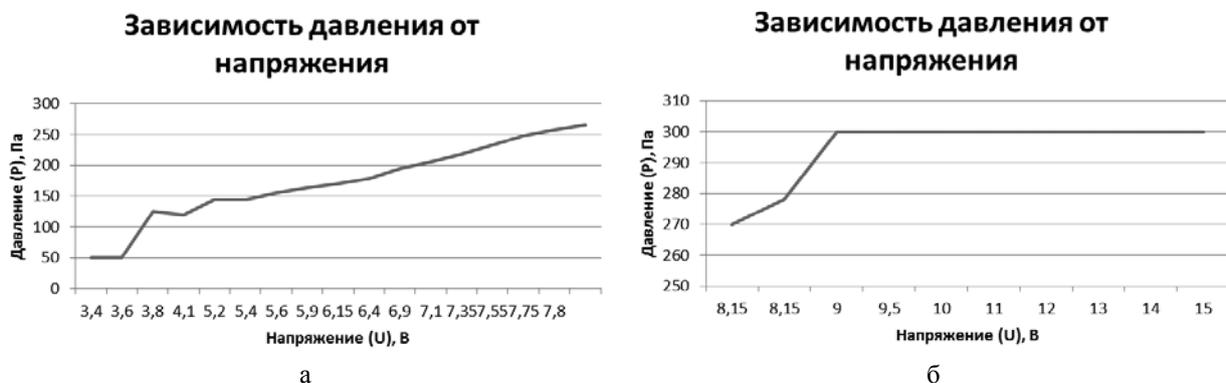


Рис. 9. Зависимость величины давления P (кПа) от напряжения питания ЭБН U , В:
а – $U = 3,4...8$ В; б – $U = 8...15$ В



2. Ерохов В. И. Системы впрыска бензиновых двигателей (конструкция, расчет, диагностика) : учебник для вузов. М. : Горячая линия – Телеком, 2011. 552 с.
3. Аппаратура впрыска легкого топлива автомобильных двигателей / Ю. И. Будыко [и др.]. Л. : Машиностроение (Ленинградское отделение), 1975. 192 с.
5. Ерохов В. И., Макарова М. П. Алгоритм и результаты расчета электромагнитной форсунки бензинового двигателя // Известия МГТУ «МАМИ». 2008. № 2. С. 14–19.
6. Васильев Ю. А. Обоснование и разработка эффективных систем технического диагностирования для мобильных машин сельскохозяйственного назначения : дис. ... докт. техн. наук. Челябинск, 1994. 309 с.
7. Башта Т. М. Расчеты и конструкции самолетных гидравлических устройств. Изд. 3-е, перераб. и доп. М. : Государственное научно-техническое издательство ОБОРОНГИЗ, 1961. 475 с.
8. Гриценко А. В., Цыганов К. А. Диагностирование электрических бензонасосов автомобилей // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2013. № 4. С. 22–23.
9. Гриценко А. В., Плаксин А. М. Диагностирование системы питания ДВС // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2014. № 1. С. 24–26.
10. Бакайкин Д. Д. Диагностирование электромагнитных форсунок бензиновых двигателей автомобилей, эксплуатируемых в сельском хозяйстве : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2013. 124 с.
11. 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.
12. Диагностирование электрических бензиновых насосов по комплексным выходным параметрам / А.М. Плаксин [и др.] // Фундаментальные исследования. 2014. № 11. Ч. 12. С. 2610–2614.
13. Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем топливоподачи и смазки двигателей внутреннего сгорания / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, К. И. Лукомский, В. В. Волынкин // Аграрный вестник Урала. 2014. № 7(125) С. 51–58.
14. Пат. № 2418190 RU F 02 М 65/00. Способ диагностирования системы топливоподачи двигателя / А. В. Гриценко, Д. Д. Бакайкин, С. С. Куков. № 2009123798 ; заявл. 22.06.09 ; опубл. 10.05.11, Бюл. № 13.
15. Пат. № 2477384 RU F 02 М 65/00. Способ диагностирования электробензонасосов системы топливоподачи автомобиля / А. В. Гриценко, С. С. Куков, К. А. Цыганов, А. В. Горбунов. № 2012109956 ; заявл. 14.03.12 ; опубл. 10.03.13, Бюл. № 7.
16. Гриценко А. В. Диагностирование систем двигателя внутреннего сгорания бесторозным методом с перераспределением цилиндрических нагрузок // Вестник ЧГАА. 2011. Т. 58. С. 108–110.
17. Гриценко А. В., Куков С. С. Разработка эффективных средств и методов диагностирования двигателей внутреннего сгорания автомобилей // Вестник ЧГАА. 2011. Т. 58. С. 111–117.
18. Гриценко А. В., Бакайкин Д. Д., Куков С. С. Способ диагностирования системы топливоподачи двигателей внутреннего сгорания легковых автомобилей // Вестник ЧГАА. 2011. Т. 59. С. 30–32.
19. Результаты исследования выходных характеристик электрических насосов автомобилей при имитации сопротивления в нагнетательном топливопроводе / А. В. Гриценко [и др.] // Фундаментальные исследования. 2014. № 11. Ч. 5. С. 991–995.
20. Гриценко А. В., Плаксин А. М. Оптимизация процесса диагностирования автотракторной техники минимизацией затрат // Вестник ЧГАА. 2013. Т. 63. С. 42–46.

Власов Дмитрий Борисович, аспирант, кафедра «Эксплуатация машинно-тракторного парка», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

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

* * *

УДК 621.354.001.57

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ АККУМУЛЯТОРА

А. Г. Возмилов, Э. А. Гумерова, А. А. Андреев, В. А. Калмаков

Рассмотрены основные виды аккумуляторов и их характеристики, а именно емкость, напряжение, срок службы, допустимые токи заряда и разряда, саморазряд и внутреннее сопротивление. Проанализированы факторы, влияющие на срок службы аккумулятора: температура окружающей среды, глубина разряда, динамика заряд-разрядных процессов, количество рабочих циклов. Для исследования влияния данных факторов на характеристики аккумулятора было выбрано компьютерное моделирование на основе схемы. Рассмотрена модель электрохимической ячейки с одним RC блоком, представлены электрическая схема замещения и схема замещения в программе Simulink. Каждый элемент схемы, источник ЭДС, резистор и конденсатор RC блока, а также резистор последовательной ветви, зависят от степени заряда ячейки и температуры. Описана работа файла инициализации и данные, содержащиеся в нем. Наглядно представлены возможности компьютерного моделирования для изучения влияния различных факторов на характеристики аккумулятора с помощью модели экспериментальной установки и указаны элементы, содержащиеся в ней. Приведены результаты моделирования в виде графиков тока, напряжения, степени заряда и температуры, демонстрирующие реакцию модели на изменение зарядного и разрядного токов.

Ключевые слова: аккумулятор, компьютерное моделирование, Li-ion аккумулятор, схема замещения.

В настоящее время аккумуляторные батареи (АКБ) широко применяются в человеческой деятельности, например, они могут использоваться в транспорте, в качестве накопителей энергии в возобновляемой и автономной энергетике, в бытовой технике, в телефонах и так далее [1].

Существуют различные виды аккумуляторов, наибольшее распространение из них получили: свинцово-кислотный аккумулятор ($PbSO_4$), применяемый в автомобильном транспорте и в аварийных источниках электроэнергии; никель-металл-гидридный аккумулятор (NiMH) используемый в электромобилях, ра-

кетно-космической технике, в системах автономного энергоснабжения, радиоаппаратуре и осветительной технике; литий-ионный аккумулятор (Li-ion) широко распространен в современной бытовой электронной технике, в электромобилях и накопителях энергии в энергетических системах [2–4].

К основным характеристикам аккумуляторов относятся:

1. Емкость аккумулятора – количество энергии, которое может быть сохранено в батарее. При больших токах и быстром разряде емкость батареи понижается, при меньших токах – увеличивается [5].



2. Напряжение – является основным параметром, по которому определяют состояние и степень заряженности аккумулятора. Для определения степени заряженности аккумулятора измеряют напряжение на его клеммах при отсутствии как зарядного, так и разрядного токов в течение как минимум 3–4 часов. За это время напряжение успевает стабилизироваться [5].

3. Срок службы аккумуляторов определяется числом циклов заряд-разряд и значительно зависит от условий его эксплуатации, поэтому неправильно определять срок службы аккумуляторов в годах или месяцах. Чем глубже разряжается аккумулятор, чем большее время он находится в разряженном состоянии, тем меньше число возможных его циклов работы [5].

4. Допустимые токи заряда и разряда любого аккумулятора измеряются относительно его емкости и зависят от его типа. Принято, что для аккумуляторов максимальный ток заряда не должен превышать 0,2–0,3С (PbSO₄), 0,5С (NiMH), 1С (Li-ion). Превышение зарядного тока ведет к сокращению срока службы аккумуляторов. Необходимо учитывать спецификации на конкретные модели аккумуляторов для определения максимального зарядного и разрядного токов [5].

5. Саморазряд аккумуляторной батареи – это самопроизвольная потеря аккумулятором энергии с течением времени после того, как он был полностью заряжен. Чем ниже уровень саморазряда, тем лучше аккумулятор. Саморазряд измеряется в процентах потери энергии от общей энергии аккумулятора в единицу времени (сутки, месяц) [5].

6. Внутреннее сопротивление измеряется в Омах (или миллиОмах) и зависит от емкости элемента, его структуры, электрохимической системы, а также срока и условий эксплуатации аккумулятора. В процессе эксплуатации аккумулятора внутреннего сопротивления увеличивается [5].

Рассматривая основные характеристики АКБ, необходимо учитывать тот факт, что они даются заводом-изготовителем для случая эксплуатации АКБ при номинальной температуре 20 или 25 °С. При отклонении от номинальной температуры характеристики меняются и, как правило, в худшую сторону [5].

Факторы, которые влияют на срок службы аккумулятора

Температура. Для аккумуляторов существует две основные температуры: рабочая

температура и температура хранения. При низкой температуре аккумулятор может храниться дольше без потери своих эксплуатационных качеств, за исключением ситуации, когда температура падает ниже температуры замерзания электролита, что может вывести аккумулятор из строя. Как правило, саморазряд уменьшается с уменьшением температуры окружающей среды, поэтому аккумуляторы следует хранить в прохладном месте. Чем выше температура, тем активнее протекают химические реакции внутри аккумулятора, что приводит как к снижению электрического сопротивления, так и к ускоренной деградации внутренней структуры аккумулятора [6].

Глубина разряда. Оптимальные уровни глубины разряда и заряда – это такие уровни, при которых обеспечивается максимальный срок службы АКБ. Уровень заряда для хранения – величина уровня заряда аккумулятора, соответствующая требуемым условиям хранения [6].

Динамика зарядно-разрядных процессов. Данный фактор имеет два основных критерия зарядный ток и разрядный ток. Оптимальный ток заряда и разряда – это такие величины токов, при которых не происходит существенного снижения срока службы АКБ [7].

Количество рабочих циклов. Количество доступных циклов запаса и высвобождения энергии зависит от электрохимической системы аккумуляторных ячеек, конструктивных особенностей ячеек, условий эксплуатации, времени хранения и времени эксплуатации [8].

Для изучения влияния различных факторов на характеристики аккумулятора необходимо проводить соответствующие исследования. Исследования могут быть проведены как с помощью натуральных испытаний, так и с помощью моделирования.

Моделирование позволяет исследовать объект с помощью моделей и определять результат будущих натуральных испытаний [9].

Отметим, что компьютерная модель (компьютерная программа, реализующая представление объекта в форме, отличной от реальной, но приближенной к алгоритмическому описанию [10]) является более удобным и выгодным видом исследования, чем выполнение натуральных испытаний [11]. Это объясняется тем, что при использовании моделирования минимизируются финансовые затраты, связанные с приобретением оборудования для испытаний, а также уменьшается время, необходимое для проведения исследований.

Известны два способа компьютерного моделирования аккумуляторов.

Физическое. Данный класс моделей основан на использовании уравнений, описывающих электрохимические процессы в ячейке. Главное преимущество такого подхода достаточно очевидно: достигается высокая точность моделирования за счет перехода с эмпирического на физический уровень описания модели. Недостатками являются высокая вычислительная сложность модели и большое количество параметров, подлежащих идентификации из экспериментальных данных. Несмотря на это, физические модели представляют достаточный интерес для будущих поколений систем управления аккумуляторами [12].

Схемы замещения являются самыми распространенными, простыми для реализации и гибкими с точки зрения масштабирования для моделирования специальных явлений в аккумуляторе [12].

Цель схем замещения заключается в том, чтобы установить прямую взаимосвязь между электрохимическими явлениями внутри ячейки и элементами схемы. Эти модели способны описать нелинейность электрохимических процессов без использования громоздких формул. Выбор структуры модели является компромиссом между способностью точно соответствовать экспериментальным данным и требовательностью к вычислительным ресурсам, обусловленной сложностью схемы замещения. В зависимости от характеристик решаемой задачи, количество RC блоков, которые отвечают

за реакцию модели на импульсные воздействия, как правило, находятся в пределах от одного до двух, так как большее число блоков увеличивает вычислительные затраты без существенного повышения точности модели [13].

Схема замещения с одним RC блоком (рис. 1 а) применима ко многим промышленным задачам, в данной статье будет рассмотрена модель Li-ion электрохимической ячейки, разработанная Robyn Jackey из компании Mathworks [14], в которой реализована данная схема.

На рисунке 1а представлена электрическая схема замещения. Каждый элемент эквивалентной схемы (E_m, R_0, R_1, C_1) является функцией состояния заряда батареи (SOC) и температуры, а именно:

$$R_0 = R_0(SOC, T),$$

$$R_1 = R_1(SOC, T),$$

$$C_1 = C_1(SOC, T),$$

$$E_m = E_m(SOC, T),$$

где R_0 – последовательное сопротивление, Ом;
 R_1 – сопротивление в RC блоке, Ом;
 C_1 – емкость в RC блоке, Ф;
 E_m – ЭДС главной ветви, В.

На рисунке 1 б представлена схема замещения в программе Simulink. Каждый элемент схемы, зависящий от степени заряда ячейки и температуры, представлен в виде таблицы Simscape Table. Также модель включает в себя блок мо-

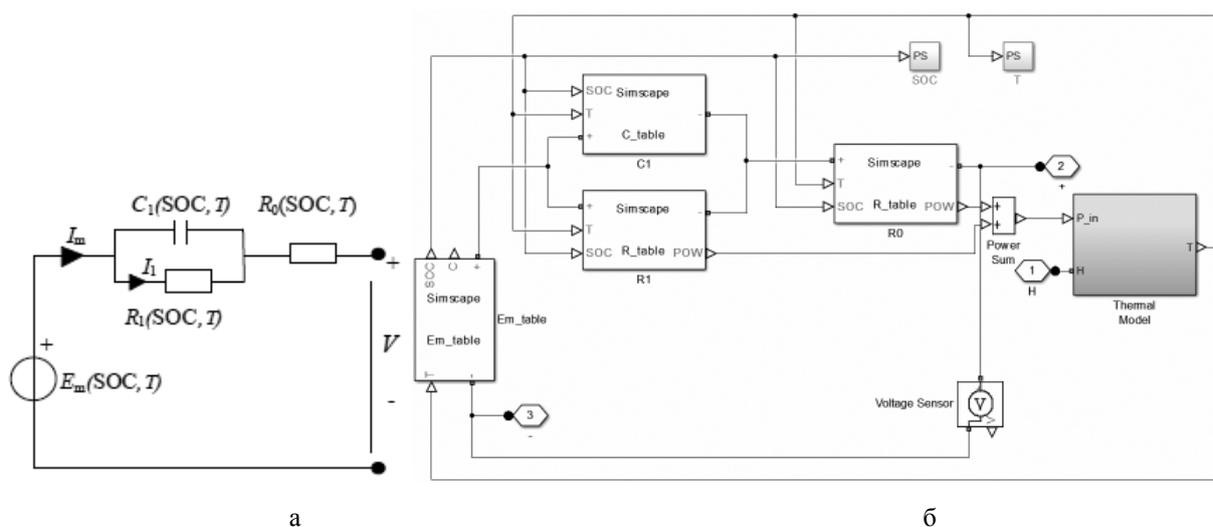


Рис. 1. Схемы замещения: а – электрическая схема; б – схема в программе Simulink



делирования температуры, который называется Thermal Model. На вход модели 1 поступает значение температуры, вход 2 и 3 – положительный и отрицательный контакты ячейки.

Блоки PS (T) и PS (SOC) представляют значения температуры и степени заряда ячейки, являющиеся выходными параметрами модели.

Voltage Sensor показывает значение напряжения между положительным и отрицательным контактами ячейки.

Данные из файла инициализации загружаются в рабочую область Matlab и используются для дальнейшей работы модели. В файле инициализации содержатся:

- SOC_LUT – контрольные точки степени заряда аккумулятора;
- Temperature_LUT – контрольные точки температуры;
- Capacity_LUT – емкость аккумулятора, (А·ч);
- E_M _LUT – ЭДС, (В);
- R_0 _LUT – сопротивление последовательной ветви, (Ом);
- R_1 _LUT – сопротивление RC блока, (Ом);
- C_1 _LUT – емкость конденсатора, (Ф);
- Cell_height – высота аккумулятора, (м);
- Cell_thickness – длина аккумулятора, (м);
- Cell_width – ширина аккумулятора, (м);
- Cell_mass – масса аккумулятора, (кг);
- Cell_Cp_heat – удельная теплоемкость, (Дж/(кг·К));
- H_{conv} – коэффициент конвективного теплообмена, (Вт/(м²·К));

- T_{init} – начальная температура аккумулятора, (К);
- Q_{e_init} – дефицит заряда, (А·ч).

В файле инициализации указаны семь контрольных точек степени заряда аккумулятора (0; 0,1; 0,25; 0,5; 0,75; 0,9; 1), три контрольные точки значения температуры (5; 20; 40), в дальнейшем планируется проведение опытов для отрицательных температур. ЭДС, сопротивление в RC блоке, сопротивление последовательной ветви, емкость RC блока в файле инициализации представлены в виде таблицы, где столбцы соответствуют значениям температуры, а строки соответствуют значениям степени заряда аккумулятора.

На рисунке 2 а представлены данные из файла инициализации в рабочей области Matlab. На рисунке 2 б представлен вид таблицы параметров из файла инициализации на примере значений ЭДС схемы замещения.

Возможности моделирования аккумулятора наглядно представлены с помощью модели экспериментальной установки (рис. 3). Установка включает модель ячейки (Lithium Cell), генератор сигналов тока и температуры окружающей среды (Signal Builder), осциллограф, который представляет выходные параметры в виде графиков значения температуры, степени заряда батареи, тока и напряжения.

На рисунке 4 в окне осциллографа изображены результаты моделирования аккумулятора.

В ходе моделирования был проведен дозаряд аккумулятора и последующий импульсный разряд. На первом графике изображено изменение

Name	Value	Min	Max
C1_LUT	7x3 double	1.9136e+03	48274
Capacity_LUT	[28.0081 27.6250...	27.6250	28.0081
Em_LUT	7x3 double	3.4966	4.1930
Qe_init	15.6845	15.6845	15.6845
R0_LUT	7x3 double	0.0082	0.0117
R1_LUT	7x3 double	1.0000e-03	0.0109
SOC_LUT	[0;0.1000;0.2500;...	0	1
T_init	293.1500	293.1500	293.1500
Temperature_LUT	[278.1500 293.15...	278.1500	313.1500
cell_Cp_heat	810.5328	810.5328	810.5328
cell_area	0.1019	0.1019	0.1019
cell_height	0.2200	0.2200	0.2200
cell_mass	1	1	1
cell_rho_Cp	2040000	2040000	2040000
cell_thickness	0.0084	0.0084	0.0084
cell_volume	3.9732e-04	3.9732e-04	3.9732e-04
cell_width	0.2150	0.2150	0.2150
ext	's1x'		
h_conv	5	5	5
h_conv_end	5	5	5

а

Variables - Em_LUT				
Em_LUT				
7x3 double				
	1	2	3	4
1	3.4966	3.5057	3.5148	
2	3.5519	3.5660	3.5653	
3	3.6183	3.6337	3.6402	
4	3.7066	3.7127	3.7213	
5	3.9131	3.9259	3.9376	
6	4.0748	4.0777	4.0821	
7	4.1923	4.1928	4.1930	
8				

б

Рис. 2. Вид рабочей области Matlab: а – данные из файла инициализации; б – таблица значений ЭДС

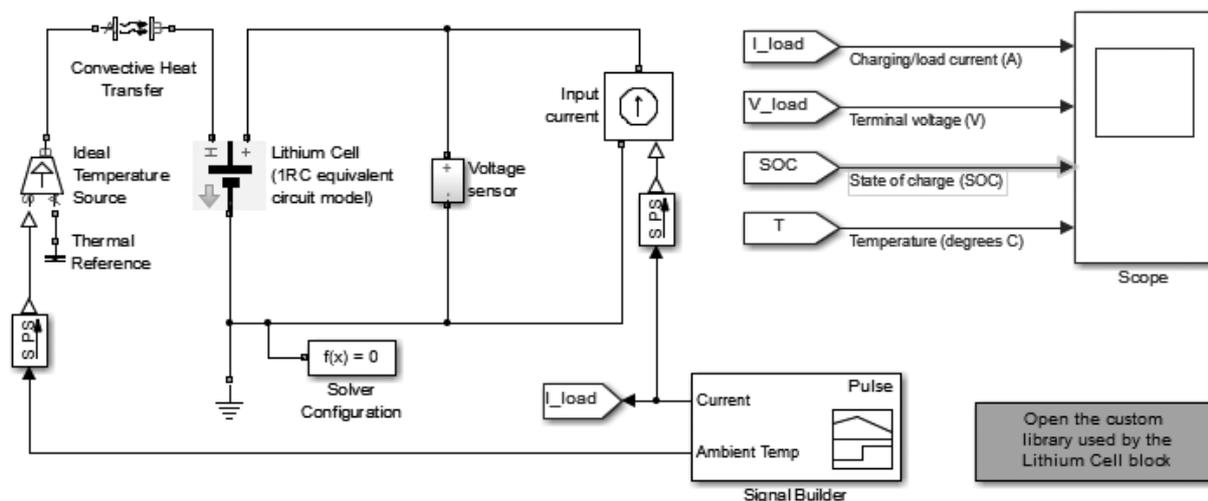


Рис. 3. Модель экспериментальной установки

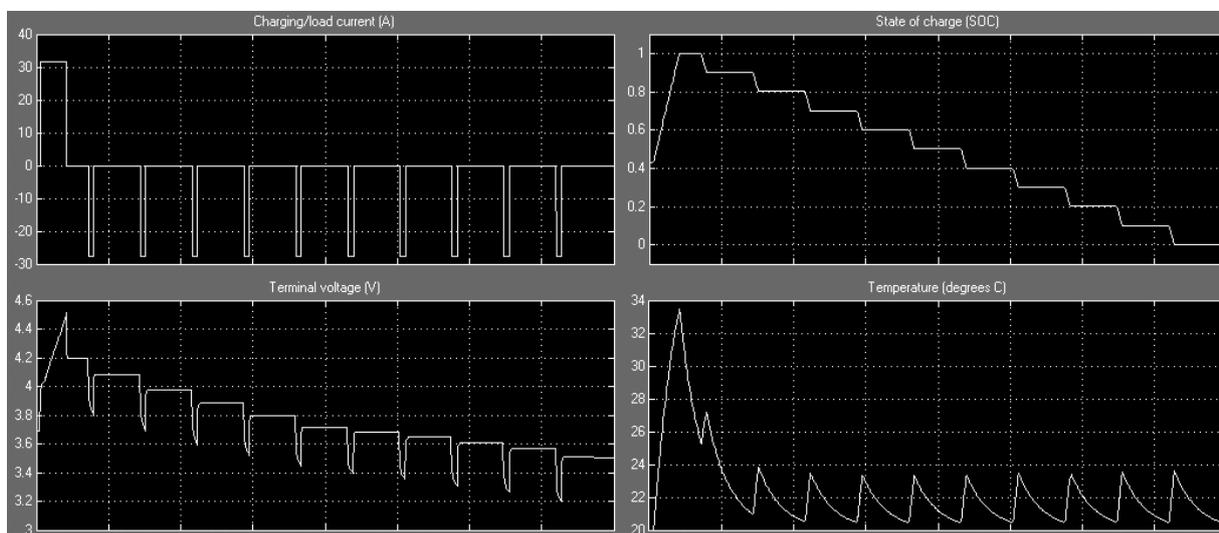


Рис. 4. Результаты моделирования

тока. На втором, третьем и четвертом графике соответственно представлены результаты напряжения, степени заряда аккумулятора и температуры, также демонстрирующие реакцию модели на изменение зарядного и разрядного токов.

Таким образом, с помощью моделирования с использованием эквивалентной схемы замещения аккумулятора, в режиме реального времени можно наблюдать за изменением напряжения, степени заряда и температуры аккумулятора при различных температурах окружающей среды, увеличении и уменьшении токов заряда и разряда. По завершении моделирования можно узнать разрядную емкость ячейки аккумулятора. Также возможно соединить ячейки в аккумуляторную батарею и провести моделирование, наблюдая за изменениями характеристик батареи.

Список литературы

1. Химический источник тока. Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Химический_источник_тока (дата обращения: 1.10.15).
2. Свинцово-кислотный аккумулятор. Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Свинцово-кислотный_аккумулятор(дата обращения: 1.10.15).
3. Никель-металл-гидридный аккумулятор. Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Никель-металл-гидридный_аккумулятор (дата обращения: 1.10.15).
4. Литий-ионный аккумулятор. Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Литий-ионный_аккумулятор (дата обращения: 1.10.15).
5. Основные характеристики аккумуляторов. Режим доступа : http://www.solarhome.ru/ru/basics/batteries/ab_params.htm (дата обращения: 5.10.15).



6. Lithium Battery Failures. Режим доступа : http://www.mpoweruk.com/lithium_failures.htm (дата обращения: 6.10.15).

7. Battery Life (and Death). Режим доступа : <http://www.mpoweruk.com/life.htm> (дата обращения: 6.10.15).

8. Анализ причин разбалансировки аккумуляторных батарей / А. Г. Возмилов, Е. В. Соломин, В. А. Калмаков, А. А. Андреев // Альтернативная энергетика и экология. 2012. № 11(115). С. 65–68.

9. Математическое моделирование. Режим доступа : http://www.pedsovet.info/info/pages/referats/info_00002.htm (дата обращения: 9.10.15).

10. Компьютерное моделирование. Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Компьютерное_моделирование (дата обращения: 9.10.15).

11. Разработка экспериментального стенда для исследования работы накопителя энергии

ветроэнергетической установки / Р. Ю. Илимбетов, В. А. Калмаков, А. А. Андреев, Н. П. Тыченко // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 70. С. 67–70.

12. Борисевич А. В. Моделирование литий-ионных аккумуляторов для систем управления батареями: обзор текущего состояния // Современная техника и технологии. 2014. Режим доступа : <http://technology.snauka.ru/2014/05/3542> (дата обращения: 12.10.15).

13. Huria T., Ceraolo M., Gazzarri J., Jackey R. High Fidelity Electrical Model with Thermal Dependence for Characterization and Simulation of High Power Lithium Battery Cells // 2012 IEEE Electric Vehicle Conference.

14. Lithium Battery Model, Simscape Language and Simulink Design Optimization. URL : <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/36019-lithium-battery-model--simscape-language-and-simulink-design-optimization> (дата обращения: 15.10.15).

Возмилов Александр Григорьевич, д-р техн. наук, профессор, кафедра «Электрооборудование и электронные системы автомобилей и тракторов», Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский институт).

E-mail: vozmaig44@rambler.ru.

Гумерова Элина Азаматовна, магистрант, кафедра «Электрооборудование и электронные системы автомобилей и тракторов», Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский институт).

E-mail: 19.Elka.01@mail.ru.

Андреев Антон Андреевич, аспирант, кафедра «Электрооборудование и электронные системы автомобилей и тракторов», Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский институт).

E-mail: toxin711@rambler.ru.

Калмаков Вячеслав Александрович, аспирант, кафедра «Электрооборудование и электронные системы автомобилей и тракторов», Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский институт).

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

* * *

УДК 629.3.07

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОБОЛИДОМ С УЧЕТОМ РЕГЛАМЕНТА «FORMULA STUDENT ELECTRIC»

А. Г. Возмилов, Р. Ю. Илимбетов, А. В. Баканов, С. А. Малюгин

Рассмотрены вопросы разработки электропривода электроболида с учетом регламента «Formula Student Electric», который вступил в действие в 2009 году. В статье представлено набирающее большую популярность по всему миру, в том числе и в России, студенческое инженерное соревнование «Formula Student». Рассмотрены входящие в них серии, из которых было выбрано направление по разработке болида на электрической тяге. Представлены преимущества и недостатки такого типа транспорта, актуальность и специфические возможности в плане выбора количества электродвигателей, их расположения и управления. Проанализированы различные компоновки электроболида и указаны их особенности. Представлен состав основных и вспомогательных компонентов электроболида. Обоснована актуальность разработки системы управления индивидуальным приводом колес. Для построения математической модели системы управления электроболида была выбрана среда моделирования Simulink программного комплекса Matlab.

Ключевые слова: Formula Student Electric, электроболид, система управления, индивидуальный привод, колесо.

Formula Student (или Formula SAE) – это студенческие инженерные соревнования, изначально организованные Сообществом Автомобильных Инженеров и входящие в Серию Студенческих Инженерных соревнований SAE [1].

По замыслу организаторов команда студентов университета является инженерной компанией, которая должна разработать, построить, испытать прототип автомобиля формульного класса для рынка непрофессиональных гоночных автомобилей. Для участия в Formula Student необходимо сконструировать болид, который сможет успешно пройти все тесты соревнования [1].

В серию Студенческих инженерных соревнований SAE сейчас входят серии: Мини-Баха, заключающаяся в постройке небольшой багги; Формула SAE; Формула Гибрид – аналог Формулы SAE, но с гибридной силовой установкой, появившаяся в 2007 году; серия по постройке беспилотных летательных аппаратов; серия по постройке снегоходов; серия по постройке сверхэкономичных автомобилей Supermileage; в 2009 году появилась серия Formula Electric – аналог серии Формула SAE (общий регламент серии), но полностью электрический [1].

Из представленных направлений наибольший интерес вызывает FormulaElectric, поскольку



в последнее время ужесточение экологических норм вынуждает все больше автопроизводителей обращать внимание на разработку автомобилей на электрической тяге, что доказывает актуальность и востребованность данной тематики. Многие государства поддерживают производство электротранспорта, существуют государственные программы по их поддержке. Несомненными преимуществами транспорта на электротяге в сравнении с традиционным являются:

- экологическая чистота;
- относительно большой ресурс электродвигателя;
- бесшумность;
- более высокий уровень надежности и долговечности при простоте конструкции;
- возможность использования экологических и возобновляемых источников энергии;
- высокий КПД электродвигателей (90–95%);
- рекуперация энергии при торможении.

К недостаткам такого транспорта можно отнести:

- ограниченный пробег и запас энергии на борту электроботида;
- низкая удельная энергоемкость аккумуляторов и большой вес батареи;
- отрицательное воздействие больших токов на срок службы аккумуляторных батарей.

Другие особенности конструкции транспорта на электрической тяге определяются специфическими возможностями электрических тяговых систем, которые состоят в следующем:

- высокие регулировочные качества электродвигателей, которые позволяют получить требуемые пределы изменения скорости движения без переключения передач;
- малые габариты и массы узлов электропривода значительно расширяют возможности компоновки привода ведущих колес;
- улучшенные тормозные свойства электрических тяговых систем позволяют существенно упростить механические тормозные системы.

В зависимости от количества электроприводов (один, два или четыре) будет определена компоновка электропривода и трансмиссии. Существуют следующие типы компоновки электродвигателей трансмиссии:

1) двигатель подключается к первичному валу коробки переключения передач (рис. 1 а);

2) двигатель подключается к осевому дифференциалу ведущего моста (рис. 1 б);

3) двигатель подключается непосредственно к ведущим колесам (задние ведущие колеса – рис. 1 в и полный привод – рис. 1 г).

Рассмотрим плюсы и минусы каждого из вариантов компоновки электродвигателей. Первый вариант – использование коробки

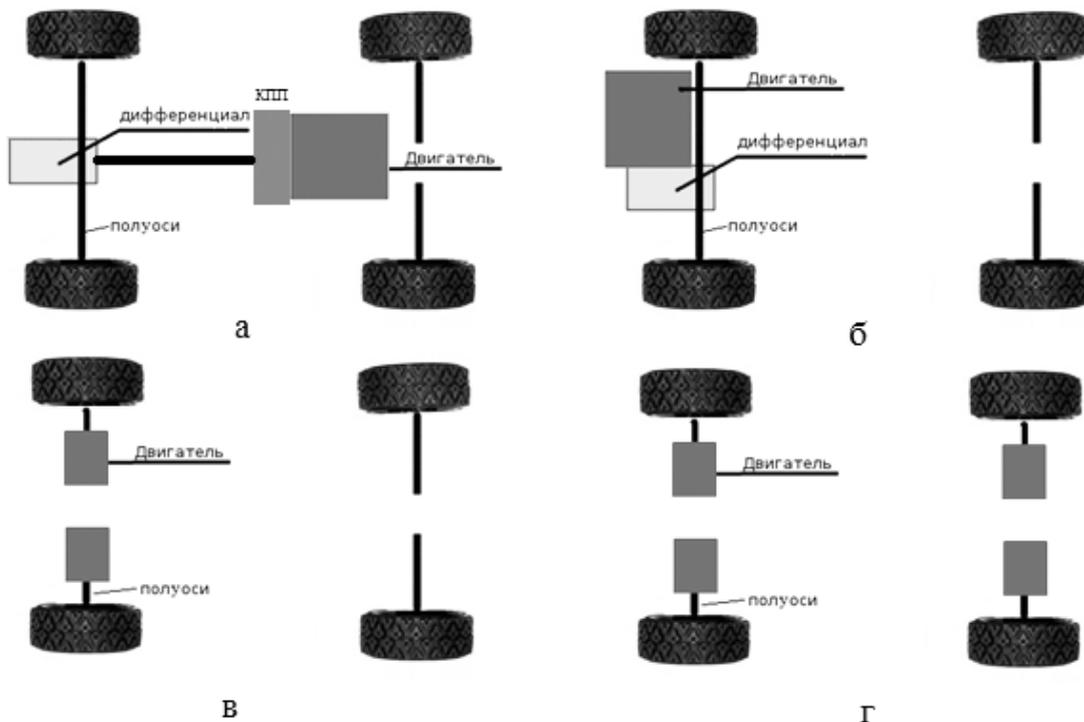


Рис. 1. Схемы компоновки трансмиссии электротранспорта

переключения передач значительно увеличивает массу трансмиссии за счет применения самой коробки передач, дифференциала и других деталей. К плюсам можно отнести широкий диапазон выбора электродвигателей.

Второй вариант – подключение электродвигателя к осевому дифференциалу не полностью решает проблему запаса мощности для осуществления быстрого старта. Несколько увеличивает массу трансмиссии, но позволяет использовать более распространенные типы двигателей.

Третий вариант – подключение электродвигателя непосредственно к колесу упрощает конструкцию трансмиссии, но требует запаса мощности для обеспечения резкого старта.

Электроболид со всеми типами компоновок электродвигателей имеют примерно одинаковый состав основных функциональных и вспомогательных компонентов, показанных на рисунке 2.

Электрическую систему электробоида можно разбить на три основные части:

1. аккумуляторная батарея и система управления аккумулятором (СУА);
2. система управления электроболидом;
3. контроллер электропривода.

Система управления является связующей частью между аккумуляторной батареей и электродвигателем, и от нее зависят основные технические показатели электробоида и успех во время соревнований.

Система управления для компоновок с одним электродвигателем (рис. 1 а, б) довольно проста и не вызывает большого научного интереса в отличие от компоновок с двумя и более электродвигателями (рис. 1 в, г), где возникает проблема эффективного согласования их рабо-

ты. Она должна обеспечивать ровный старт без пробуксовки, необходимую разность скоростей вращения колес во время поворота, которую в традиционном автомобиле выполняет дифференциал, а также реагировать на возможное изменение под одним или несколькими колесами дорожного покрытия.

Анализ многочисленных исследований, как отечественных, так и зарубежных, их теоретических и практических разработок показал, что в настоящее время не существует единых критериев оценки схем трансмиссий и законов распределения мощности по колесам [3–5]. В то же время не существует и универсального закона управления индивидуальным приводом колес, по этой причине основное преимущество «гибких» трансмиссий (возможность подведения к движителю в любой момент времени в зависимости от условий движения необходимого крутящего момента) в настоящее время в полном объеме не используется.

Очевидно, что при различных условиях и режимах движения (разгон-торможение, криволинейное движение или прямолинейное преодоление подъема, движение по твердой или деформируемой опорной поверхности и т. д.) перераспределение мощности, подводимой к колесам разных бортов и осей, должно быть различным. Еще более сложной задача перераспределения мощности по колесам становится при возрастании количества двигателей.

Оптимизация параметров при выборе схем раздачи мощности по колесам для различных колесных формул важна для обеспечения необходимых тягово-динамических свойств электробоида.



Рис. 2. Блок-схема электробоида



Разработку системы управления электроботида с индивидуальным приводом колес удобно проводить в процессе компьютерного моделирования его движения. Современные программные средства позволяют объединить в один аппаратно-программный комплекс экспериментальный контроллер управления и программную реализацию математической модели транспортного средства. При этом на вход контроллера могут подаваться сигналы датчиков, измеряющих параметры движения математической модели, а выходные сигналы контроллера, управляющие приводными электродвигателями транспортного средства, могут использоваться как входные сигналы для математической модели.

Реализация данного проекта может быть осуществлена в среде моделирования Simulink программного комплекса Matlab, к которой имеются разработанные модели многих элементов, в том числе двигателей как постоянного, так и переменного типа. Программа позволит выполнить разработку на высоком техническом уровне. На рисунке 3 изображен пример моделирования электропривода на основе асинхронного электродвигателя с автономным инвертором напряжения, в котором используются готовые математические модели из библиотеки Simulink.

Разработку и проектирование системы управления с индивидуальным приводом необходимо проводить с учетом регламента «Formula Student Electric», поскольку каждому узлу электроботида предъявляются строгие технические требования. Перед каждым соревнованием команда должна пройти техническую инспекцию, а также статические и динамические испытания. После чего происходит оценка

стоимости, предоставление презентации и защита конструкции, индивидуальные ходовые испытания и заезды с проверкой выносливости.

Для разработки компьютерной модели электроботида необходимо составить общий алгоритм работы системы управления; определиться с количеством и типом входных сигналов от различных датчиков, а также сигналов на выходе системы; выбрать метод управления электродвигателем с учетом особенностей выходных сигналов и необходимости в обеспечении обратной связи, которая в свою очередь во многом зависит от типа применяемого электродвигателя.

Выводы

1. Анализируя типы компоновок электродвигателей электроботида для участия в соревновании «Formula Student», наиболее рациональным будет являться использование двух электродвигателей в качестве индивидуального привода задних колес, поскольку центр масс будет смещен в заднюю часть болида. Это обеспечит более высокие показатели старта электроботида.

2. Для проектирования и разработки системы электропривода и управления электроботидом целесообразно использовать компьютерное моделирование с использованием моделей в Simulink Matlab.

Список литературы

1. Формула студент. Режим доступа : www.formulastudent.com.

2. Регламент соревнований «Формула Студент». Режим доступа : <http://students.sae.org/cds/formulaseries/electric/>.

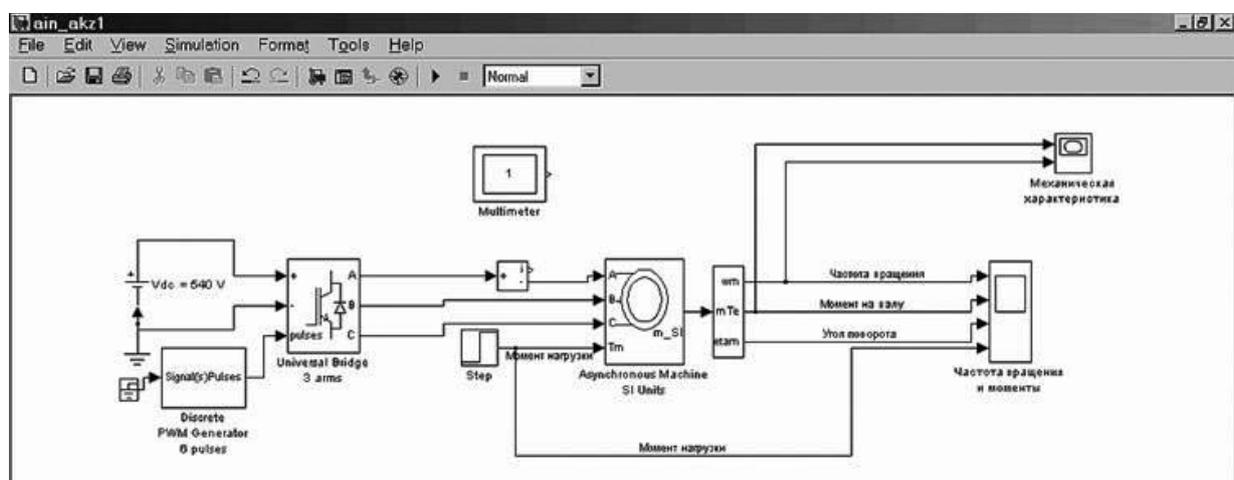


Рис. 3. Модель электропривода на основе асинхронного электродвигателя с автономным инвертором напряжения

3. Котиев Г. О., Горелов В. А., Мирошниченко А. В. Синтез системы управления тяговыми электродвигателями для индивидуально-го привода ведущих колес автомобиля // Наука и образование. МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2011. № 12. С. 27–29.
4. Козаченко В. Основные тенденции развития встроенных систем управления двигателями и требования к микроконтроллерам // Chipnews. 1999. № 1. С. 2–9.
5. Электрические машины в тяговом автономном электроприводе / Ю. М. Андреев [и др.] ; под ред. А. П. Пролыгина. М. : Энергия, 1979. 240 с., ил.
6. Грантер А. Руководство по электрическому оборудованию автомобилей. СПб. : Наука, 2001. 283 с.
7. Ключев В. И., Терехов В. М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов : учебник для вузов. М. : Энергия, 1980. 358 с.
8. Проектирование полноприводных колесных машин : учебник для вузов ; в 3 т. / Б. А. Афанасьев [и др.] ; под общ. ред. А. А. Полунгяна. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. Т. 2. 528 с.
9. Яковлев А. И. Конструкция и расчет электромотор-колес. М. : Машиностроение, 1970. 240 с.
10. Гульятеев А. Визуальное моделирование в среде MATLAB : учебный курс. СПб. : Питер, 2000. 432 с.
11. Удут Л. С., Мальцева О. П., Кояин Н. В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 1 : Введение в технику регулирования линейных систем. Томск : Изд-во ТПУ, 2000. 144 с.

Возмилов Александр Григорьевич, д-р техн. наук, профессор, кафедра «Электрооборудование и электронные системы автомобилей и тракторов», Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский институт).

E-mail: vozmaig44@rambler.ru.

Илимбетов Рафаэль Юрикович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрооборудование и электронные системы автомобилей и тракторов», Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский институт).

E-mail: ilimbay@yandex.ru.

Баканов Александр Васильевич, аспирант, кафедра «Электрооборудование и электронные системы автомобилей и тракторов», Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский институт).

E-mail: mc_correct@mail.ru.

Малюгин Сергей Александрович, аспирант, кафедра «Электрооборудование и электронные системы автомобилей и тракторов», Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский институт).

E-mail: chelboy174@mail.ru.

* * *

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КРОНШТЕЙНА И ВАРИАНТ ЕГО РАСЧЕТА ПО ФОРМУЛАМ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

В. А. Жилкин

Вряд ли найдется в конструкциях механизмов и машин элемент, более распространенный, чем кронштейн – консольная опорная деталь, служащая для крепления выступающих или выдвинутых в каком-то направлении частей машин или сооружений, заканчивающихся проушиной, контактирующей с соединенным болтом. Управляющие поверхности самолета: рули, элероны, триммеры, гасители подъемной силы, некоторые виды механизации крыла: щитки, закрылки, а также створки люка шасси, грузовых люков и другие элементы соединяются с неподвижными частями конструкции самолета при помощи узлов навески, основными элементами которых являются кронштейны. Шарнирные узлы и соединения относятся к наиболее ответственному и высоконагруженному силовым элементам конструкций, имеющим относительно низкую долговечность и высокий уровень концентрации напряжений. Строгий аналитический расчет большого числа контактных задач, лежащих в основе расчета шарнирных узлов, методами теории упругости, теории пластичности затруднен из-за сложной геометрии, необходимости учета концентрации напряжений, возникающей возле отверстия, и одновременного учета пластических деформаций. Решение этих задач методами сопротивления материалов приводит к весьма приближенным результатам. В отечественной и зарубежной практике при проектировании машин используют главным образом экспериментальные результаты, а также численные методы для расчета таких соединений, привлекая проверенные инженерной практикой программные продукты типа MSC Patran-Nastran-Marc. В данной работе приводятся результаты численного решения задачи о напряженном состоянии конкретного кронштейна в программном продукте MSC Patran-Nastran. Результаты расчетов сопоставляются с величинами, найденными по формулам сопротивления материалов и теории упругости. Для анализа напряженного состояния пластины кронштейна на удалении от проушины рекомендуется использовать формулы теории упругости, полученные для клина, нагруженного в вершине сосредоточенными силами и парой сил.

Ключевые слова: кронштейн, анализ напряженного состояния, сопротивление материалов, теория упругости, численные методы, MSC Patran-Nastran.

Геометрия кронштейна

Кронштейн изготовлен из сплава дуралюмин. Его геометрические размеры приведены на рисунке 1, где

$$L_1 = 100 \text{ мм}, L_2 = 60 \text{ мм}, L_3 = 150 \text{ мм}, S_1 = 20 \text{ мм}, \\ S_2 = 30 \text{ мм}, S_3 = 10 \text{ мм}, R_1 = R_3 = 10 \text{ мм}, R_2 = 20 \text{ мм}, \\ L_4 = L_2 - 2 \cdot R_3, L_5 = L_1 - 2 \cdot R_3, L_4 = 5 \text{ мм}.$$

Кронштейн присоединяется к остальной конструкции четырьмя крепежными элементами, расположенными по углам основания кронштейна и нагружается силой $H = 40\,000$ Н, приложенной к нижней стороне отверстия проушины.

Конечно-элементная модель кронштейна

Материал кронштейна: duraluminium_iso_SI_mm.

Вид конечно-элементной сетки кронштейна показан на рисунке 2: число узлов – 46 952, число элементов – 250 367, топология – Tet4.

Крепление кронштейна к остальной части конструкции реализуется четырьмя болтами, расположенными по углам основания, моделируется запрещением поступательных перемещений узлов, лежащих на контурах отверстий под крепеж.

Распределенная нагрузка прикладывается к нижней половине поверхности отверстия проушины (рис. 3).

Анализ результатов расчета.

Деформированное состояние кронштейна

Картина изополей перемещений точек кронштейна в направлении оси x приведена на рисунке 4. Максимальное перемещение – 1,29 мм.

График перемещения узлов, лежащих в плоскости симметрии кронштейна, параллельной координатной плоскости yoz , в направлении координатной оси x (Coord 0.1) приведен на рисунке 5.

Напряженное состояние кронштейна

Картинки изополос нормальных σ_z и касательных τ_{zx} напряжений приведены на рисунке 6 и рисунке 7.

Эпюры распределения нормальных σ_z и касательных τ_{zx} напряжений в сечениях 1–3 кронштейна приведены на рисунках 8–10 соответственно. Так как в качестве элементов КЭ сетки используется тетраэдр, то не удается выбрать узлы, лежащие непосредственно в этом сечении кронштейна. Обычно это набор узлов, лежащих в непосредственной близости от рассматриваемого сечения, что может приводить к некоторому разбросу данных. Это особенно было заметно в сечении 1, на распределение напряжений, в котором заметное влияние имело опорное закрепление. В сечениях 2 и 3 такого разброса не наблюдалось.

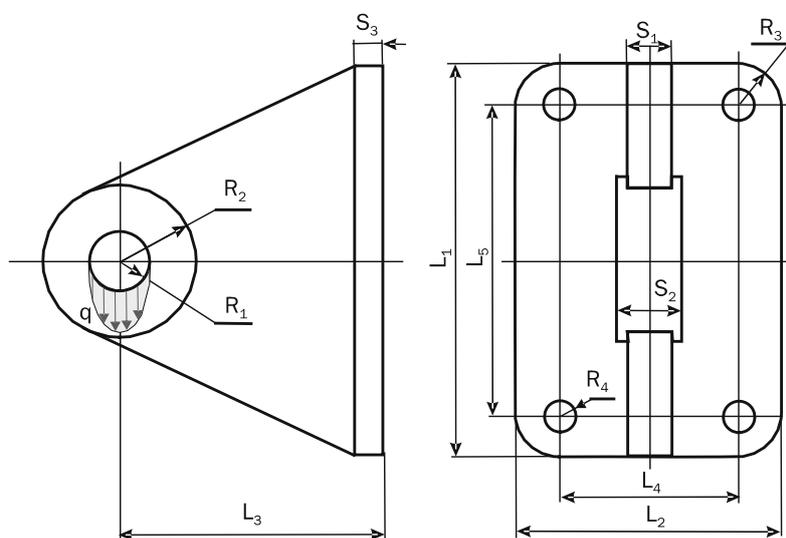


Рис. 1

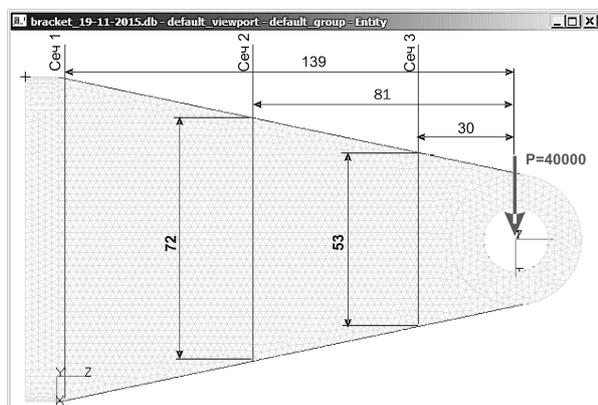


Рис. 2

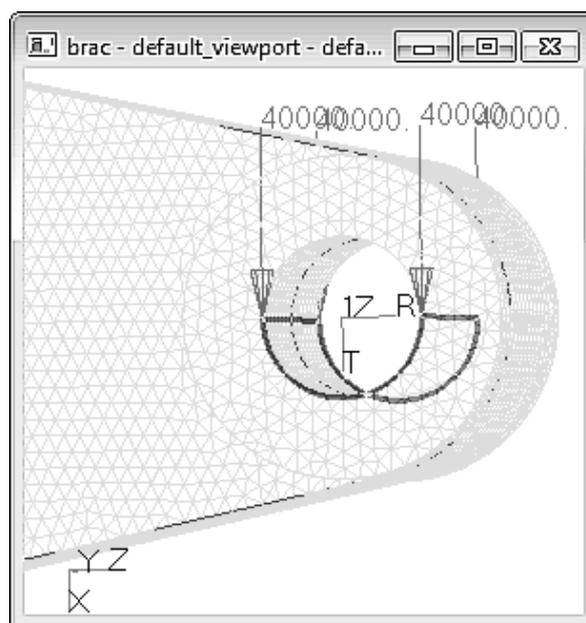


Рис. 3

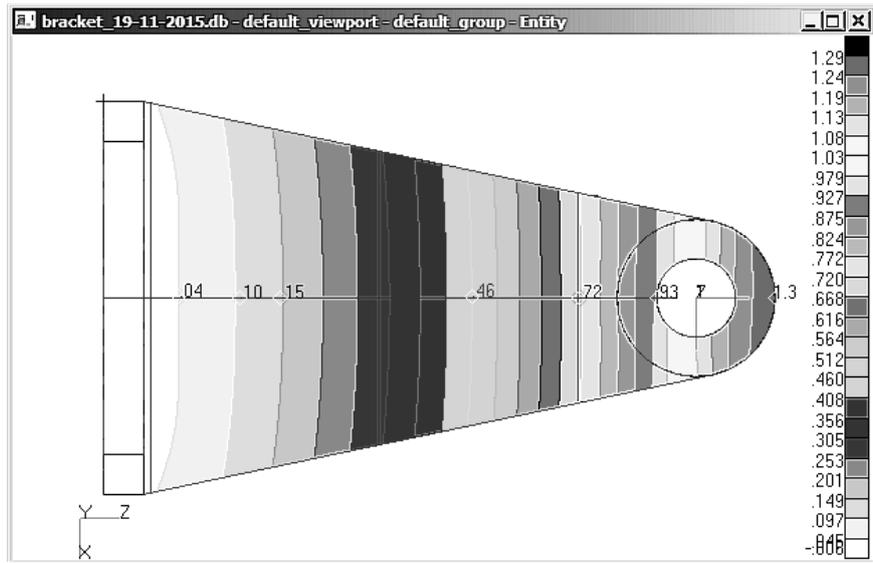


Рис. 4

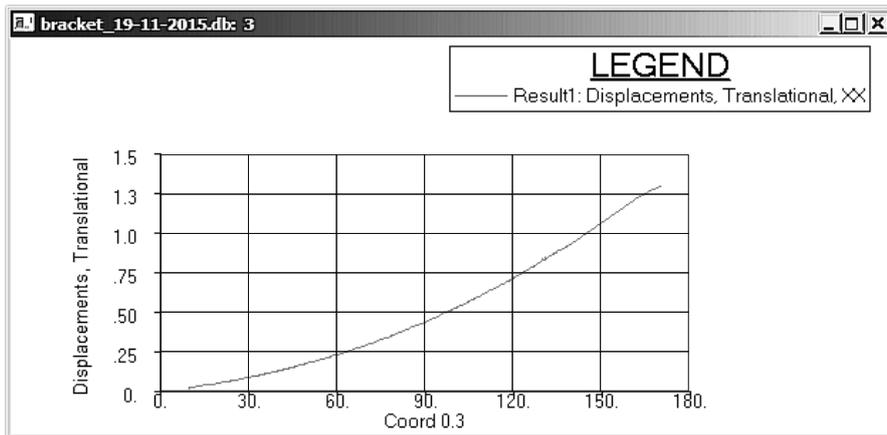


Рис. 5

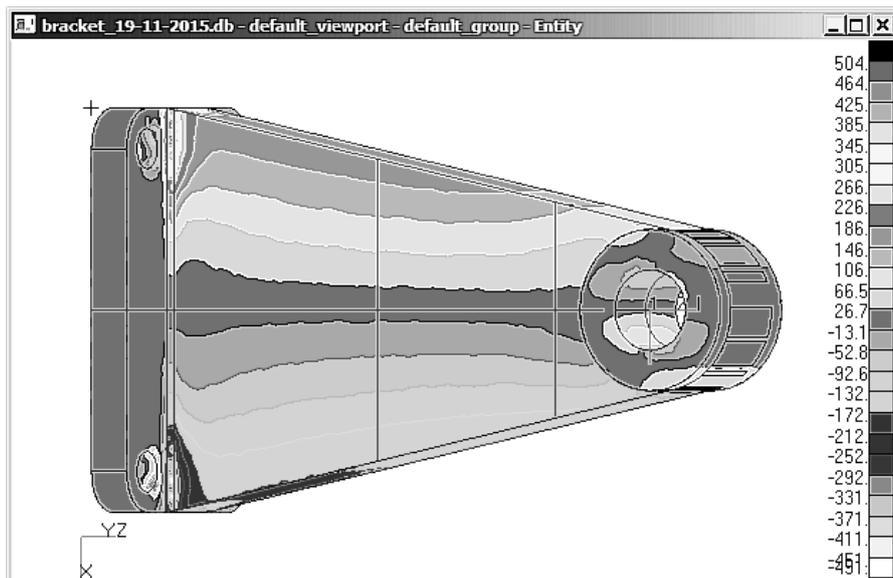


Рис. 6

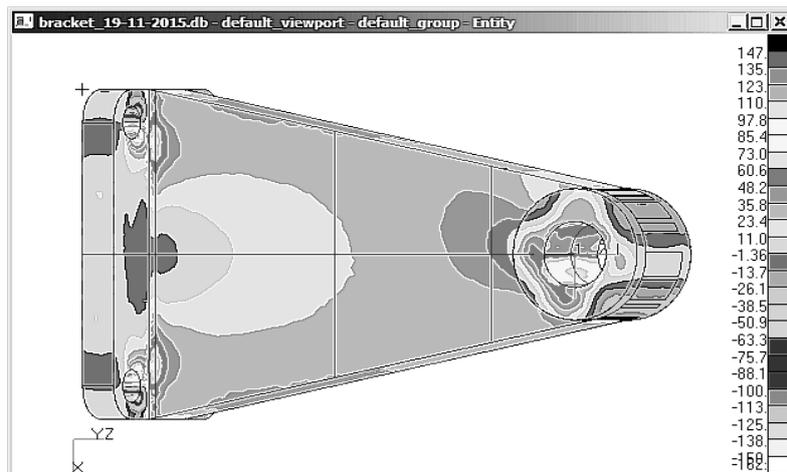


Рис. 7

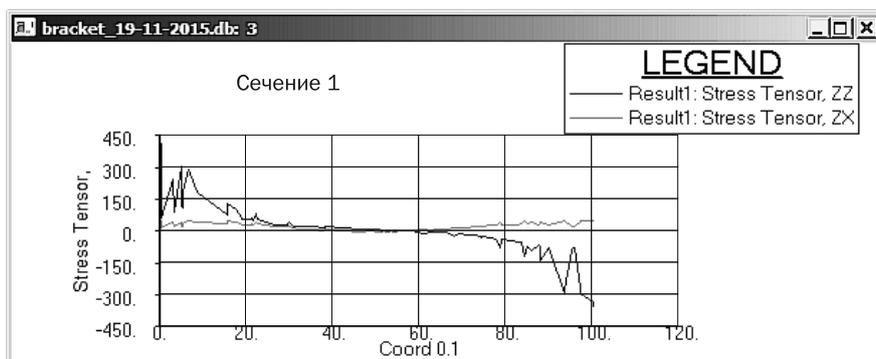


Рис. 8

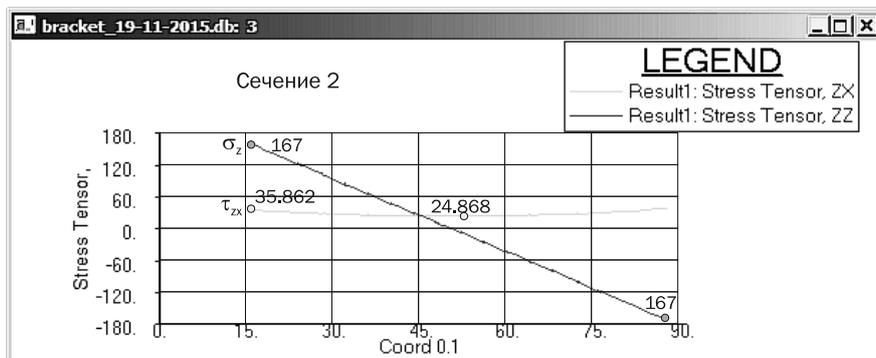


Рис. 9

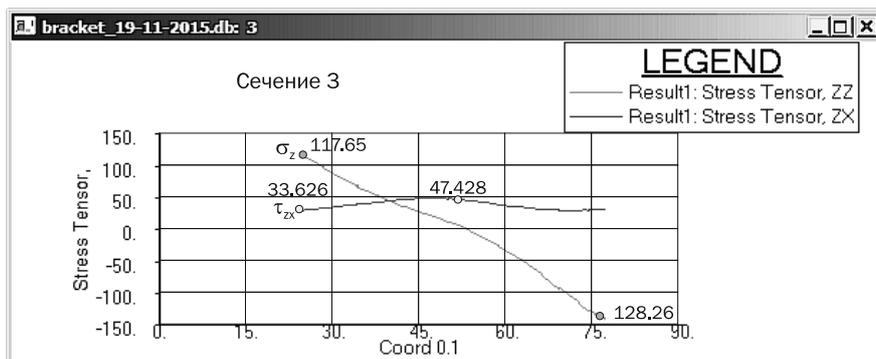


Рис. 10



Сопоставим полученные эпюры с аналогичными величинами, вычисленными по формулам сопротивления материалов и теории упругости¹ в MathCAD.

В программе введены обозначения: L – расстояние от сечения 1 до точки приложения силы; P – сила; E – модуль упругости; α – угол наклона боковых граней пластины кронштейна к оси z ; h_0 – высота сечения 1; $h(z)$ – текущее значение высоты сечения пластины; S_1 – толщина пластины; $J(z)$ – момент инерции поперечного сечения пластины; $M(z)$ – изгибающий момент в сечении, отстоящем от начала координат на расстоянии z ; $W(z)$ – момент сопротивления сечения, отстоящего от начала координат на расстоянии z ; $\sigma(z)$ – максимальные нормальные напряжения в сечении z ; $\tau(z)$ – максимальные касательные напряжения в сечении z , определяемые по формуле Журавского; h_1, h_2, h_3 – половины высот сечений 1–3 соответственно.

$$\begin{aligned} \text{Исходные данные} \quad L_w &:= 139 & P &:= 40000 & E &:= 71000 & \alpha &:= \operatorname{atan}\left(\frac{3.0064}{14}\right) = 0.212 \\ \\ \frac{\alpha}{\text{deg}} &= 12.12 & h_0 &:= 100 & h(z) &:= h_0 - 2 \cdot z \cdot \tan(\alpha) & S_1 &:= 20 & J(z) &:= \frac{S_1 \cdot h(z)^3}{12} \\ \\ M(z) &:= P \cdot (L - z) & W(z) &:= \frac{S_1 \cdot h(z)^2}{6} & \sigma(z) &:= \frac{M(z)}{W(z)} & \tau(z) &:= \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{S_1 \cdot h(z)} \\ \\ h_1 &:= \frac{h(0)}{2} = 50 & h_2 &:= \frac{h(59.837)}{2} = 37.15 & h_3 &:= \frac{h(110.248)}{2} = 26.325 \end{aligned}$$

Расчет по формулам сопротивления материалов приводит к следующим значениям максимальных напряжений (в МПа):

Сечение 1	$z := 0$	$\sigma(z) = 166.8$	$\tau(z) = 30$
Сечение 2	$z_w := 59.837$	$\sigma(z) = 172.074$	$\tau(z) = 40.376$
Сечение 3	$z_w := 110.248$	$\sigma(z) = 124.466$	$\tau(z) = 56.98$

Итак, относительная погрешность определения максимальных нормальных напряжений σ_z в сечениях 2 и 3 по формулам сопротивления материалов составила

$$\delta\sigma_2 := \left| \frac{167 - 172.074}{167} \cdot 100 \right| = 3.038 \quad \delta\sigma_3 := \left| \frac{117.65 - 124.466}{117.65} \cdot 100 \right| = 5.793$$

порядка 6%, в то время как для касательных напряжений τ_{zx} ни величины, ни характер распределения напряжений в поперечном сечении кронштейна не сопоставимы. По формуле Журавского касательные напряжения распределяются по параболическому закону, достигая максимума на нейтральной оси $\tau_{\max} = \frac{3}{2} \frac{P}{bh}$, и равны нулю на внешних поверхностях балки постоянного сечения. По результатам конечно-элементного расчета максимум касательных напряжений τ_{zx} в большинстве сечений достигается в точках внешних поверхностей кронштейна по площадкам с нормалью, составляющей угол α с направлениями внешних поверхностей кронштейна.

Внешний вид эпюр нормальных σ_z и касательных τ_{zx} напряжений, полученных численным расчетом, напоминает вид эпюр в поперечных сечениях клина, нагруженного в вершине сосредоточенной силой P , перпендикулярной оси клина.

Приведем рассматриваемую нами задачу к известному теоретическому решению об изгибе клина силовыми факторами, приложенными в его вершине. Продолжим боковые грани кронштейна до линии их пересечения. В соответствии с леммой о параллельном переносе силы² перенесем силу в вершину клина (рис. 11) и добавим пару сил с моментом $M = P \cdot (d - L)$.

¹ Жилкин В. А. Сопротивление материалов. Челябинск ; СПб. : ЧГАА ; Проспект Науки, 2015. 520 с. ; Теребушко О. И. Основы теории упругости и пластичности. М. : Наука, 1984. 320 с.

² Бутенин Н. В., Лунц Я. Л., Меркин Д. Р. Курс теоретической механики. М. : Наука, 1976. Т. 1. 276 с.

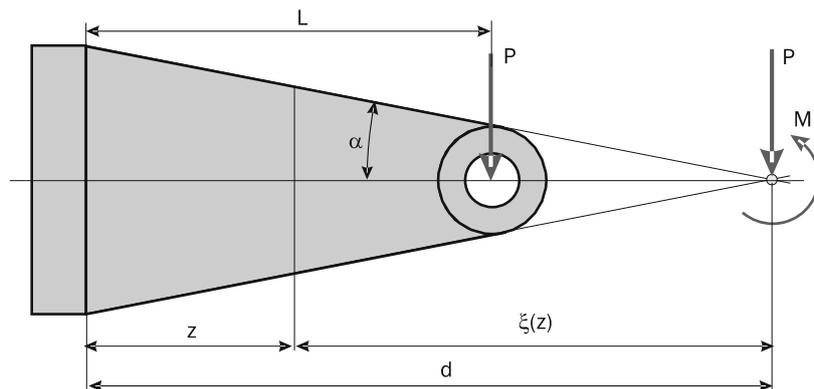


Рис. 11

$$d := \frac{50}{\tan(\alpha)} = 232.837 \quad M := P \cdot (d - L) \quad \xi(z) := d - z \quad r(x, \xi) := \sqrt{x^2 + \xi^2}$$

Изгиб клина, нагруженного в вершине изгибающим моментом, в полярной системе координат описывается выражениями

$$\text{Момент} \quad \Delta_M := (\sin(2 \cdot \alpha) - 2 \cdot \alpha \cdot \cos(2 \cdot \alpha)) \cdot S_1 \quad A(x, z) := \frac{M}{r(x, \xi(z))^2}$$

$$\sigma_{rM}(x, z) := -4 \cdot A(x, z) \cdot \frac{x \cdot \xi(z)}{\Delta_M} \quad \tau_{r\theta M}(x, z) := -A(x, z) \cdot \frac{\xi(z)^2 - x^2 - r(x, \xi(z)) \cdot \cos(2 \cdot \alpha)}{\Delta_M}$$

а нагруженного в вершине сосредоточенной силой – зависимостями

$$\text{Сила} \quad \Delta_P := (2 \cdot \alpha - \sin(2 \cdot \alpha)) \cdot S_1 \quad \sigma_{rP}(x, z) := 2 \cdot \frac{P}{r(x, \xi(z))} \cdot \frac{x}{\Delta_P}$$

Объединяя выражения для нормальных σ_r и касательных $\tau_{r\theta}$ напряжений, получим

$$\sigma_r(x, z) := \sigma_{rM}(x, z) + \sigma_{rP}(x, z) \quad \tau_{r\theta}(x, z) := \tau_{r\theta M}(x, z)$$

Нормальные σ_z и касательные τ_{zx} напряжения в декартовой системе координат найдутся по формулам:

$$\sigma_z(x, z) := \sigma_r(x, z) \cdot \left(\frac{\xi(z)^2}{r(x, \xi(z))} \right) + \tau_{r\theta}(x, z) \cdot \frac{2 \cdot x \cdot \xi(z)}{r(x, \xi(z))}$$

$$\tau_{zx}(x, z) := \frac{-\sigma_r(x, z)}{2} \cdot \frac{2 \cdot x \cdot \xi(z)}{r(x, \xi(z))} + \tau_{r\theta}(x, z) \cdot \left(\frac{\xi(z)^2 - x^2}{r(x, \xi(z))} \right)$$

Эпюры нормальных σ_z и касательных τ_{zx} напряжений в сечении 1 приведены на рисунке 12, в сечении 2 – на рисунке 13, в сечении 3 – на рисунке 14.



$$x := -h_1, -h_1 + 0.01 .. h_1$$

$$\sigma_z(h_1, 0) = 164.753 \quad \tau_{zx}(h_1, 0) = -35.379 \quad \tau_{zx}(0, 0) = -12.311$$

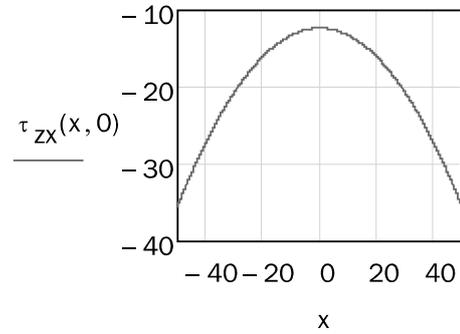
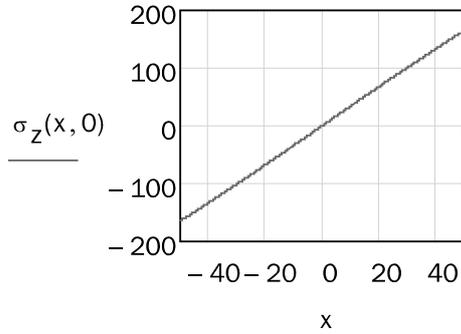


Рис. 12

$$x := -h_2, -h_2 + 0.01 .. h_2$$

$$\sigma_z(h_2, 59.837) = 172.965 \quad \tau_{zx}(h_2, 59.837) = -37.143 \quad \tau_{zx}(0, 59.837) = -22.3$$

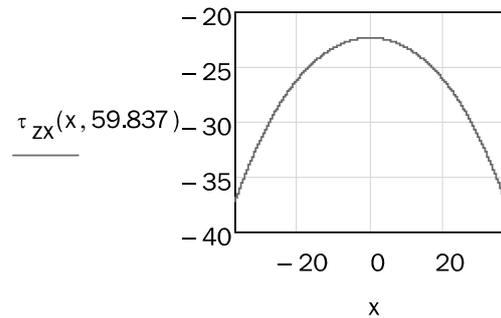
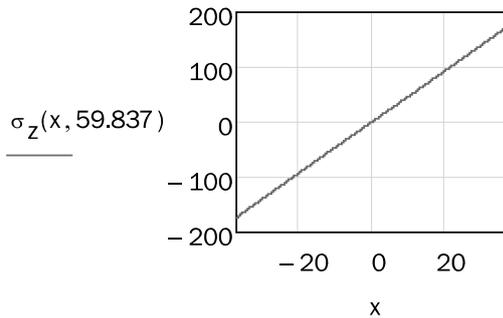


Рис. 13

$$x := -h_3, -h_3 + 0.01 .. h_3$$

$$\sigma_z(h_3, 110.248) = 133.955 \quad \tau_{zx}(h_3, 110.248) = -28.766 \quad \tau_{zx}(0, 110.248) = -44.412$$

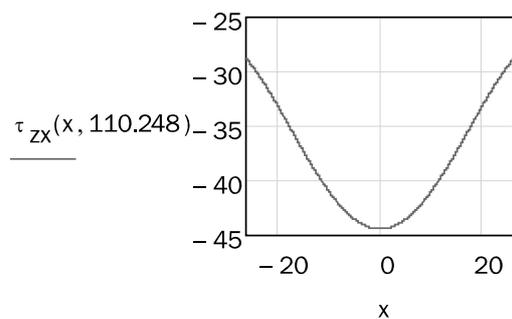
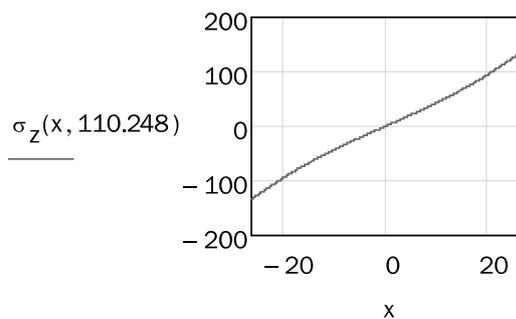


Рис. 14

Относительные ошибки значений максимальных нормальных напряжений σ_z , вычисленных по формулам сопротивления материалов, по сравнению с аналитическим решением теории упругости составили:

$$\begin{aligned} \text{Сечение 1} \quad \delta\sigma_{1TY_C} &:= \left| \frac{164.753 - 166.8}{164.753} \cdot 100 \right| = 1.242 \\ \text{Сечение 2} \quad \delta\sigma_{2TY_C} &:= \left| \frac{172.965 - 172.074}{172.965} \cdot 100 \right| = 0.515 \\ \text{Сечение 3} \quad \delta\sigma_{3TY_C} &:= \left| \frac{133.955 - 124.466}{133.955} \cdot 100 \right| = 7.084 \end{aligned}$$

Относительные ошибки значений максимальных нормальных σ_z и касательных τ_{zx} напряжений, вычисленных в MSC Patran, по сравнению с аналитическим решением теории упругости составили:

$$\begin{aligned} \text{Сечение 2} \quad \delta\sigma_{2TY_МКЭ} &:= \left| \frac{172.965 - 167}{172.965} \cdot 100 \right| = 3.449 \\ \delta\tau_{2TY_МКЭ} &:= \left| \frac{37.143 - 35.862}{37.143} \cdot 100 \right| = 3.449 \\ \text{Сечение 3} \quad \delta\sigma_{3TY_МКЭ} &:= \left| \frac{133.955 - 117.650}{133.955} \cdot 100 \right| = 12.172 \\ \delta\tau_{3TY_МКЭ} &:= \left| \frac{28.766 - 33.626}{28.766} \cdot 100 \right| = 16.895 \end{aligned}$$

Выводы

Относительная погрешность вычисления максимальных нормальных напряжений σ_z по формулам теории упругости и сопротивления материалов во всех трех сечениях не превышает 3 %, и потому при проектировочных расчетах можно использовать более простые формулы сопротивления материалов.

Вычисление касательных напряжений τ_{zx} по формулам сопротивления материалов неприменно.

Для вычисления как нормальных σ_z , так и касательных τ_{zx} напряжений в пластине кронштейна можно рекомендовать использовать формулы теории упругости по методике, приведенной в данной работе. В сечениях, приближенных к концентраторам напряжений, действительные величины напряжений могут существенно отличаться от расчетных (сечения 1 и 3).

Список литературы

1. Проектирование конструкций самолетов : учебник для студ. вузов, обуч. по спец. «Самолетостроение» / Е. С. Войт, А. И. Еидогур, З. А. Мелик-Саркисян, И. М. Алявдин. М. : Машиностроение, 1987. 416 с.
2. Сухарев И. П. Прочность шарнирных узлов машин. М. : Машиностроение, 1977. 168 с.
3. Расчет и проектирование проушин / В. Н. Майнсков [и др.]. Самара : Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), 2011. 28 с.
4. Расчет и проектирование соединений «ухо-вилка» / В. Н. Майнсков [и др.]. Самара : Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), 2011. 33 с.
5. Прохоров А. Г., Пересыпкин К. В. Электронная форма примеров выполнения и оформления лабораторных работ по дисциплине «Компьютерный инженерный анализ». Самара : Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), 2010. 131 с.
6. Жилкин В. А. Азбука инженерных расчетов в MSC Patran-Nastran-Marc. Челябинск ; СПб. : ЧГАА ; Проспект науки, 2013. 574 с.

Жилкин Виталий Афанасьевич, докт. техн. наук, профессор, кафедра информационных технологий и прикладной математики, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: Zhilkin_Vitalii@mail.ru.

* * *

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОБРАЗЦОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ НА СКАЛЫВАНИЕ ВДОЛЬ ВОЛОКОН

В. А. Жилкин

Оценка пригодности использования данных о физико-механических свойствах анизотропных материалов при проектировании конструкции в первую очередь требует получения научно обоснованных характеристик прочности и жесткости при простых видах нагружения (растяжении, сжатии, изгибе, скалывании). При разработке методов испытания анизотропных материалов на сдвиг стремятся создать условия, при которых разрушение образца происходило бы только от касательных напряжений. Точное знание механических свойств древесины является фундаментальным требованием для ее использования в качестве конкурентного конструкционного материала. Однако из-за ее естественной изменчивости, неоднородности и анизотропии корректное экспериментальное определение механических свойств древесины до настоящего времени остается открытым вопросом. Существуют более 30 способов испытания древесины на скалывание вдоль волокон. В середине прошлого столетия информацию о напряженном состоянии материала в плоскости сдвига анизотропных материалов пытались получить на моделях из изотропных, по своим механическим свойствам, пьезооптических материалов. Недостатки такого моделирования пытались исключить с помощью метода фотоупругих покрытий, однако и в этом случае жесткость покрытия искажала величины измеряемых параметров. В 1967 году Iosipescu предложил метод испытания на срез изотропных материалов (металлов), который теоретически должен был обеспечить однородное напряженное состояние в опасном сечении образца. Было проведено большое количество исследований с целью оценки применимости метода Iosipescu для древесных и композиционных материалов. Исследования показали, что однородного напряженного состояния в рабочей части образца для анизотропных материалов достичь не удалось. В углах паза существует концентрация напряжений. Данная работа посвящена исследованию напряженного состояния в окрестности плоскости скалывания для наиболее распространенных образцов из древесины сосны методом конечных элементов в программном продукте MSC Patran-Nastran-Marc.

Ключевые слова: анизотропия, ортотропный материал, древесина, скалывание, фотоупругие покрытия, метод конечных элементов, MSC Patran-Nastran-Marc.

Формы и размеры образцов на скалывание

Стандартные испытания образцов на скалывание из цельной и клееной древесины регламентируются соответствующими ГОСТами, например, ГОСТ 16483.5-73, ГОСТ 5613.1-84 [16–17]. Предел прочности при скалывании вдоль волокон предлагается определять на образцах, вид которых приведен на рисунке 1 а, в приспособлении, схема которого изображена на рисунке 1 б. Нагрузка на образец передается через призму с шаровой опорой.

При испытании деревянных образцов скалывание проводят по тангенциальной и радиальной плоскостям. Образец нагружают

равномерно с постоянной скоростью нагружения или постоянной скоростью перемещения нагружающей головки машины. Скорость должна быть такой, чтобы образец разрушился через $(1,0 \pm 0,5)$ мин с момента нагружения. При использовании машины с электромеханическим приводом допускается проводить нагружение образца равномерно со скоростью (4000 ± 1000) Н/мин или проводить испытания при скорости перемещения нагружающей головки испытательной машины 4 мм/мин, при условии достижения предела прочности при скалывании вдоль волокон в указанный интервал времени.

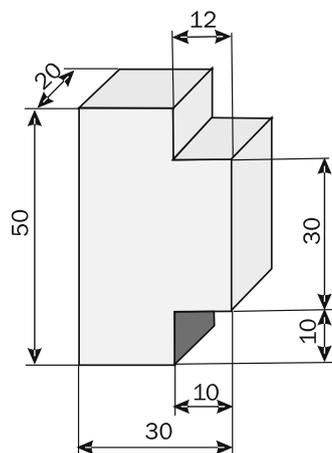
С целью повышения точности измерения усилия скалывания за счет устранения перекоса испытываемого образца и отсутствия сил трения качения и скольжения на боковых его гранях А.Л. Токмаковым была предложена форма образца, представленная на рисунке 2 [18]. Так как в патенте на такой способ испытания на скалывание не указаны размеры образца, то автор счел возможным установить их, исходя из здравого смысла и пропорций образца, приведенных в патенте.

Iosipescu предложил испытание на срез проводить по схеме, приведенной на рисунке 3.

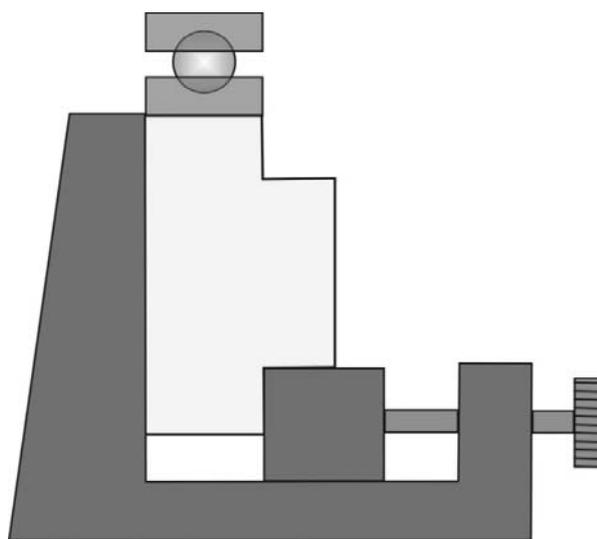
В этом случае по оси симметрии образца изгибающий момент равен нулю, а перерезывающая сила нулю не равна. Следовательно, $\sigma_x = 0$, $\tau_{xy} \neq 0$. При изгибе балок с прямоу-

гольным поперечным сечением касательные напряжения по его высоте меняются по параболическому закону. Для того, чтобы заставить образец разрушиться в нужном сечении, а закон изменения касательных напряжений по его высоте приблизить к равномерному, Iosipescu предлагает это сечение ослабить двумя концентраторами (рис. 4).

Испытание на сдвиг, предложенное Iosipescu, интенсивно изучалось в течение последних 30 лет начиная с работ Adams and Walrath [7], выполненных в начале восьмидесятых годов прошлого столетия. Зажимное приспособление, разработанное Адамсом и Уолрэтом [8], известное как измененное Wyoming приспособление, было включено в Стандарт ASTM (D 5379-93) [9] и широко использует-



а



б

Рис. 1

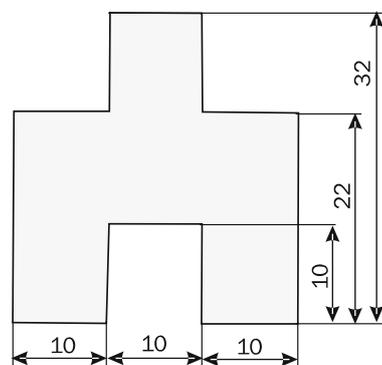


Рис. 2

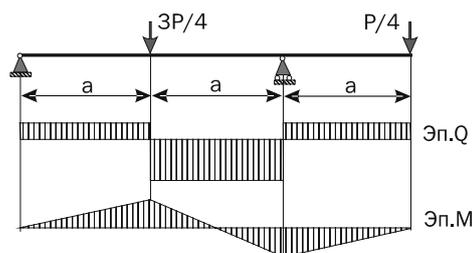


Рис. 3

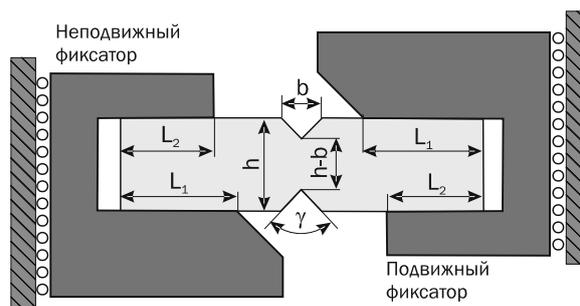


Рис. 4



ся в научно-исследовательских лабораториях (рис. 4). Оно несколько раз совершенствовалось, чтобы устранить паразитные перемещения в плоскости и из плоскости образца.

В последующие годы продолжались работы по поиску оптимальной геометрической формы образца и его размеров для конкретного материала, по определению сдвиговых модулей упругости древесины [13]. Ориентировочные размеры образцов и зажимных устройств для композиционных материалов [15]: $h = 20$ мм; длина образца $L = 76 \div 78$ мм; $b \approx 8$ мм; $L_1 = 30,9$ мм; $L_2 = 24,5$ мм.

Напряженное состояние стандартного образца на скалывание

В качестве материала образца была выбрана сосна. Упругие постоянные древесины были взяты из справочника [19] (оси 1, 2, 3 соответствуют осям a (вдоль волокон древесины), r (радиальное направление) и t (тангенциальное направление, касательное к годовым кольцам) соответственно):

$$\begin{aligned} E_1 &= 16\,600 \text{ Н/мм}^2; E_2 = 1124 \text{ Н/мм}^2; \\ E_3 &= 582 \text{ Н/мм}^2; G_{12} = 1180 \text{ Н/мм}^2; \\ G_{13} &= 690 \text{ Н/мм}^2; G_{23} = 670 \text{ Н/мм}^2; \\ \mu_{12} &= 0,4285; \mu_{21} = 0,029; \\ \mu_{13} &= 0,51; \mu_{31} = 0,015; \mu_{23} = 0,68; \mu_{32} = 0,31, \end{aligned}$$

где E_i – модули упругости ($i = 1, 2, 3$);

G_{ij} – модули сдвига ($i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3$);

μ_{ij} – коэффициенты поперечной деформации ($i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3$).

В соответствии с теорией упругости анизотропного тела для ортотропного тела должны выполняться соотношения [20]:

$$E_1 \mu_{21} = E_2 \mu_{12}; E_2 \mu_{12} = E_3 \mu_{23}; E_3 \mu_{13} = E_1 \mu_{31}, \quad (1)$$

которым табличные данные не удовлетворяли:

$$\begin{aligned} E_1 \mu_{21} - E_2 \mu_{12} &= -0,234; E_2 \mu_{12} - E_3 \mu_{23} = -47,32; \\ E_3 \mu_{13} - E_1 \mu_{31} &= 47,82. \end{aligned}$$

Поэтому три упругие характеристики сосны были найдены из решения уравнений (1) и приняты равными:

$$\mu_{12} = 0,428292; \mu_{31} = 0,017881; \mu_{23} = 0,598694.$$

Методом конечных элементов решалась плоская упругая контактная задача (тип свойств – 2D Solid; элемент – Plane Strain Solid

(CQUAD4)). Верхнему торцу задавалось перемещение пуансоном, движущимся со скоростью 1,3 мм/с; решатель – MSC Marc.

Для ограничения перемещений внешних поверхностей образца были созданы два жестких тела: кривая 4, отстоящая от боковой поверхности образца на расстоянии 0,1 мм; кривая 7, точно прилегающая к поверхности образца. Пуансон моделировался кривой 1. На рисунке 5 приведена картина модуля вектора перемещений точек внешней поверхности образца, из которой следует, что перемещения левого торца образца в отрицательном направлении оси x не превышали 0,1 мм и что характер деформирования образца соответствует реактивным усилиям R_1, R_2, R_3 , приложенным к боковым поверхностям образца. Точки Сеч. 1, Сеч. 2, Сеч. 3 указывают положения сечений, в которых будут определяться нормальные σ_x и касательные τ_{xy} напряжения.

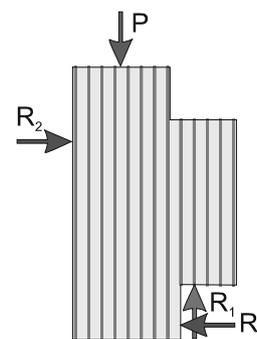
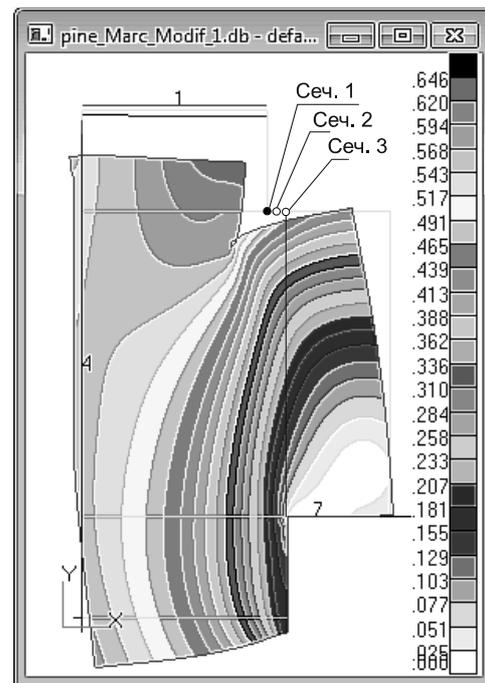


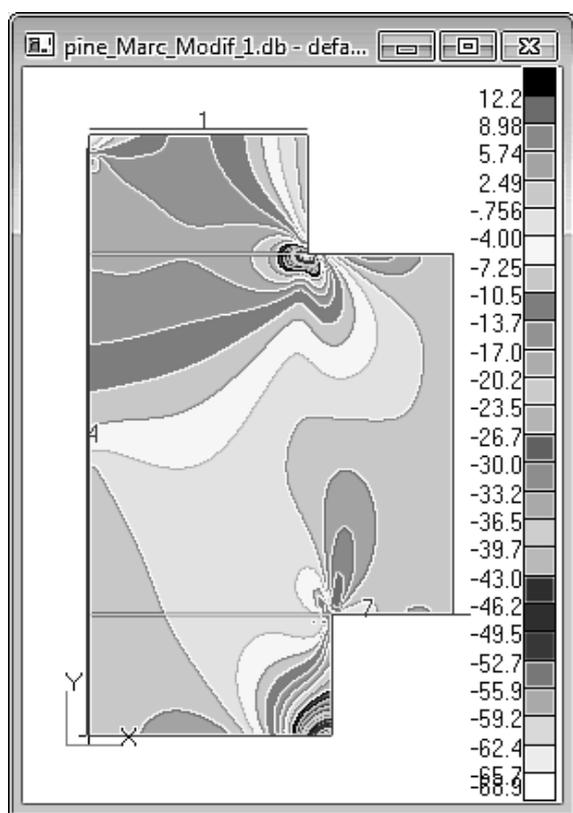
Рис. 5

Картины полос напряжений σ_x и τ_{xy} приведены на рисунке 6, а эпюры нормальных σ_x и касательных τ_{xy} напряжений в сечениях 1, 2, 3 – на рисунках 7–8. Из характера приведенных эпюр напряжений следует, что в предполагаемых плоскостях скалывания однородное напряженное состояние не реализуется.

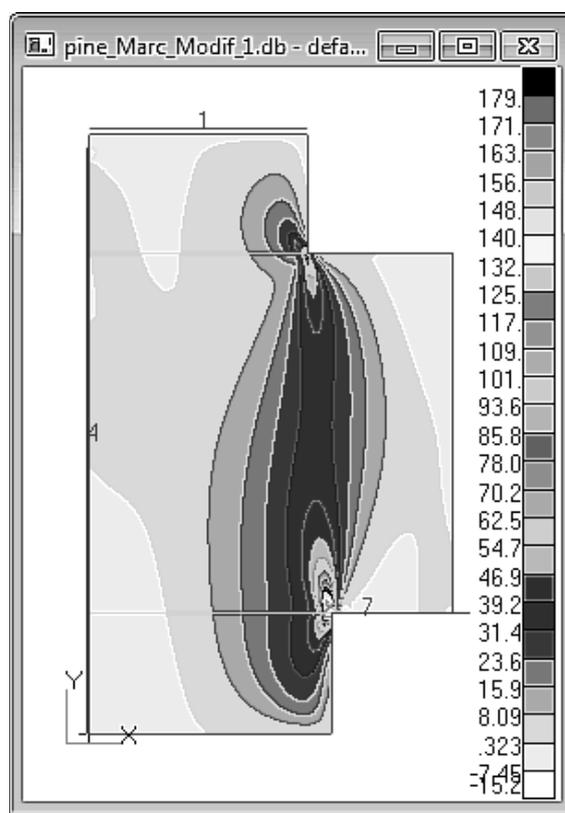
В пределах средних участков этих трех плоскостей величины касательных τ_{xy} и нормальных σ_x напряжений отличаются незначительно. Граничные условия для касательных напряжения в сечениях 2 и 3 при $x = 30$ мм не выполняются (это стандартная ошибка МКЭ). В начале и в конце плоскостей скалывания наблюдается концен-

трация максимальных сдвигающих деформаций, приводящих к появлению трещины вдоль волокон древесины. Начало разрушения образца, вероятнее всего, начнется в сечении 3, ибо в начале этой плоскости наблюдаются наибольшие касательные напряжения τ_{xy} и растягивающие напряжения σ_x .

Похожее распределение касательных напряжений в плоскости скалывания было получено в работе [4] методом фотоупругих покрытий (рис. 9). На рисунке 9 цифры 1, 2, 3 – порядки интерференционных полос. Ординаты эпюры τ_{xy} – числа, кратные величине усредненного касательного напряжения в плоскости скалывания.



Картина полос σ_x



Картина полос τ_{xy}

Рис. 6

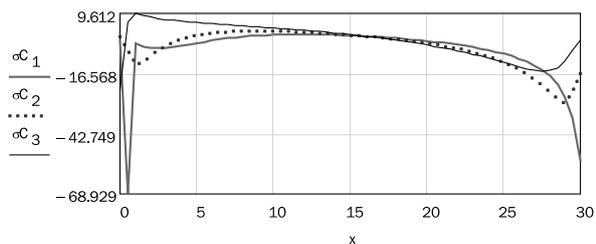


Рис. 7

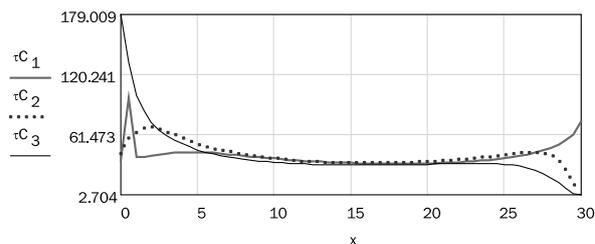


Рис. 8



Итак, в процессе численного расчета МКЭ стандартных образцов на скалывание, рекомендованных ГОСТом, установлено, что напряженное состояние чистого сдвига по плоскости скалывания не возникает.

Для такого типа образцов состояния чистого сдвига в принципе достичь невозможно, ибо в конце плоскости скалывания (при $x = 30$ мм) касательные напряжения должны быть равны нулю, а в начале плоскости скалывания (при $X = 0$ мм) для данного вида образца и опорных устройств не удастся избежать концентрации напряжений. Поэтому испытание стандартного

образца на скалывание можно рассматривать только как технологическую пробу, но не как физический метод определения предельной величины касательных напряжений.

Напряженное состояние образца Токмакова на скалывание

В качестве материала образца была выбрана сосна. Упругие постоянные древесины приведены в разделе 2. Размеры образца соответствовали приведенным на рисунке 2. Опорная плоскость моделировалась жестким телом – кривая 1, а пуансон – кривой 2, которой задавалась скорость $(-1,3$ мм/с). В качестве решателя выбирался Marc.

Картинки изополюсов нормальных σ_x и касательных τ_{xy} напряжений приведены на рисунке 10, из которого следует, что и в этом случае однородное напряженное состояние чистого сдвига в плоскости скалывания не реализуется, причем неоднородность напряженного состояния в плоскостях скалывания гораздо выше, чем в стандартном образце.

Рисунок 11 иллюстрирует распределение нормальных σ_x и касательных τ_{xy} напряжений вдоль плоскости скалывания. У верхних концентраторов напряжений наблюдаются значительные сжимающие напряжения σ_x , что должно приводить к увеличению усилий

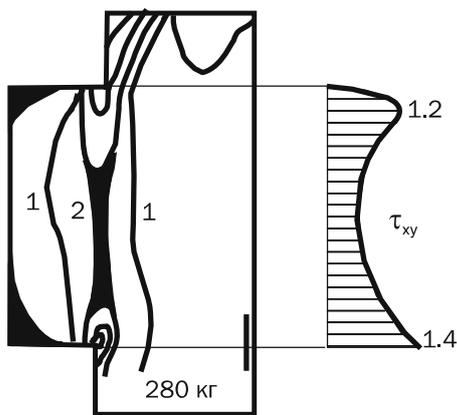
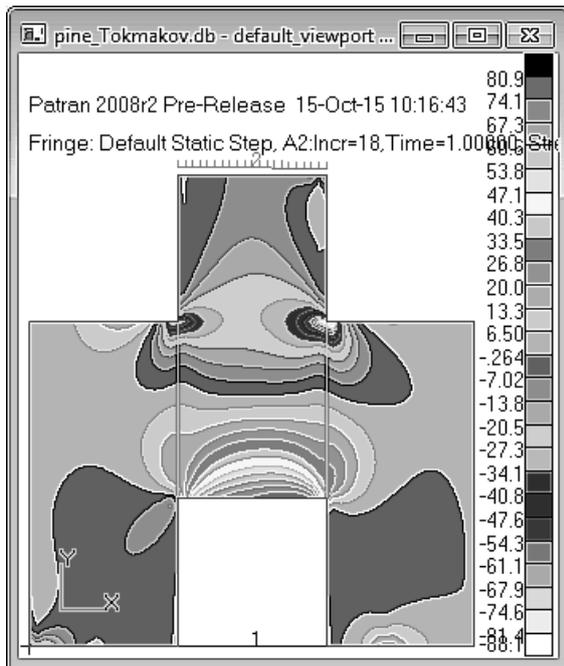
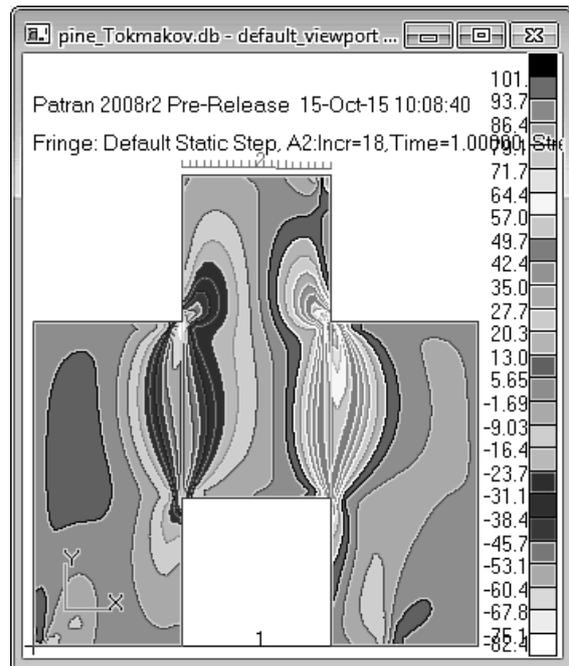


Рис. 9



Картина полюсов σ_x



Картина полюсов τ_{xy}

Рис. 10

скалывания. Сопоставляя графики напряжений, приведенных на рисунках 7, 8 и на рисунке 11, можно констатировать, что при испытаниях на скалывание образцов из древесины целесообразно использовать стандартные образцы.

Если же мы попытаемся уменьшить величину нормальных сжимающих напряжений в плоскостях скалывания путем запрещения поворотов вертикальных боковых поверхностей опорных областей образца, то ситуация только ухудшится, о чем свидетельствуют картины изополос нормальных σ_x и касательных τ_{xy} напряжений, приведенных на рисунке 12, и эпюры этих напряжений, изображенных на рисунке 13. В начале и конце плоскости скалывания наблюдается значительная концентрация напряжений.

Итак, в процессе численного расчета МКЭ образцов Токмакова и их модификации на скалывание установлено, что напряженное состояние чистого сдвига по плоскости скалывания не возникает, а неоднородность напряженного состояния значительно выше по сравнению со стандартными образцами. Поэтому использовать такие образцы для определения предела прочности древесины на скалывание нецелесообразно.

Напряженное состояние образца Iosipescu на скалывание

В качестве материала образца была выбрана сосна, волокна которой направлены вертикально к упругой линии балки. Упругие постоянные древесины сосны приведены в разделе 2.

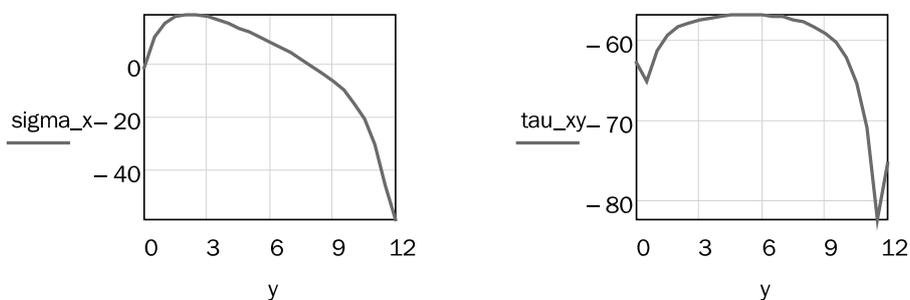
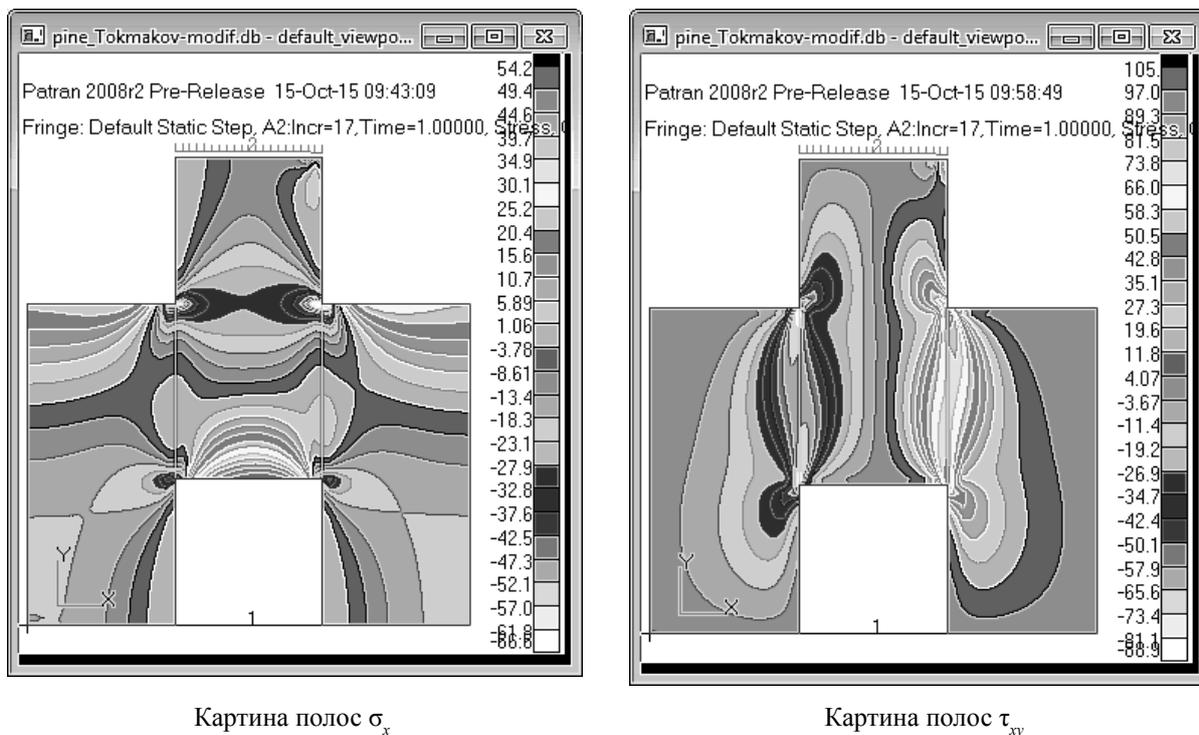


Рис. 11



Картина полос σ_x

Картина полос τ_{xy}

Рис. 12



Размеры образца, указанные на рисунках 3 и 4: $a = 25$ мм; $b = 8$ мм; $h - b = 12$ мм; $h = 20$ мм (для модифицированного образца – $h = 25$ мм); $\gamma = 90^\circ$ (для модифицированного образца $\gamma = 53,13^\circ$). Балка загружалась по схеме рисунка 3: $(P/4) = 12,5$ Н; $(3P/4) = 37,5$ Н. В качестве решателя выбирался Patran.

Картинки изополос нормальных σ_x и касательных τ_{xy} напряжений для $\gamma = 90^\circ$ приведены на рисунке 14, из которого следует, что и в этом случае напряженное состояние материала образца в плоскости скалывания наиболее близко, по сравнению с ранее рассмотренными, приближается к однородному напряженному состоянию. Таким образом, образец Iosipescu по этому параметру лучший из всех рассмотренных образцов.

Эпюры нормальных σ_x (на графике – XX) и касательных τ_{xy} (на графике XY) напряжений приведены на рисунке 15. Поперечная сила Q в опасном сечении образца равна 25 Н. Среднее значение касательных напряжений в соответствии с эпюрой XY равно $\tau_{xy} \approx 2$ Н/мм². Следовательно, $Q \approx 24$ Н, что не противоречит здравому смыслу (конечно, эту величину можно вычислить точнее выполненной прикидки, но для проводимого анализа в этом нет необходимости).

Аналогичный результат был получен в работе [4] при испытании соснового образца по схеме Iosipescu методом фотоупругих покрытий. Размеры образца $48 \times 48 \times 140$ мм. На образец наклеивалось фотоупругое покрытие толщиной 1,6 мм из материала ЭД-6М. Ввиду малой длины образца и для того, чтобы предотвратить

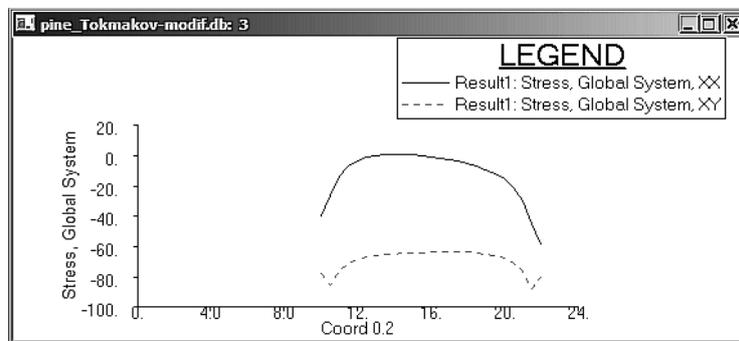
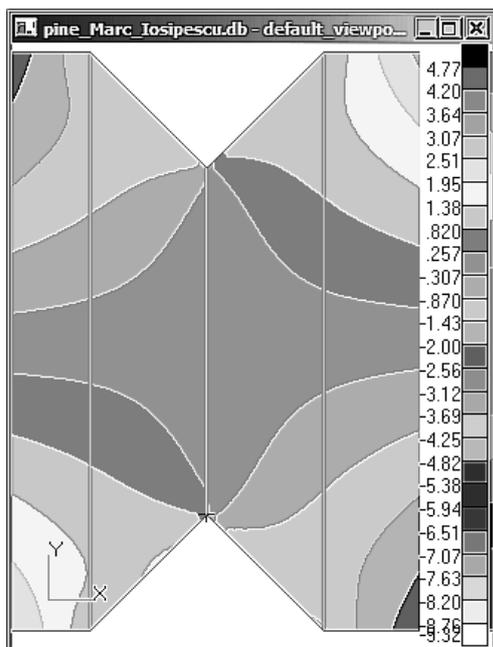
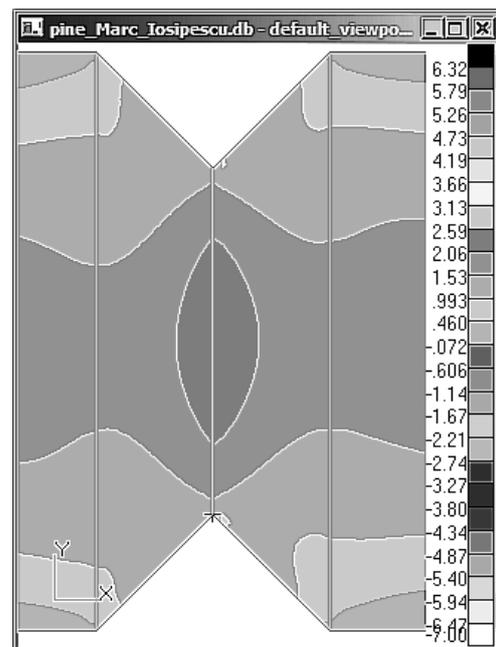


Рис. 13



Картина полос σ_x (сосна, $\gamma = 90^\circ$)



Картина полос τ_{xy} (сосна, $\gamma = 90^\circ$)

Рис. 14

разрушение образца в зоне действия больших изгибающих моментов от растягивающих напряжений, он зажимался между четырьмя стальными накладками, и затем такая комбинированная балка испытывалась по схеме, предложенной Iosipescu. Скалывание производилось поперек волокон в тангенциальной плоскости. Интерференционная картина полос максимальных касательных напряжений приведена на рисунке 16 (цифры – номера полос). 4-я полоса практически совпадает с опасным сечением.

Изменим размеры образца так, чтобы размер плоскости скалывания остался неизменным, а угол у концентратора стал равным $\gamma = 53,13^\circ$, и снова проведем вычисления. Картины изополос нормальных σ_x и касательных τ_{xy} напряжений для модифицированного образца приведены на рисунке 17. Изменение угла γ еще более приблизило напряженное состояние в плоскости скалывания.

Сопоставление эпюр напряжений τ_{xy} , приведенных на рисунках 15 и 18, показывает, что они

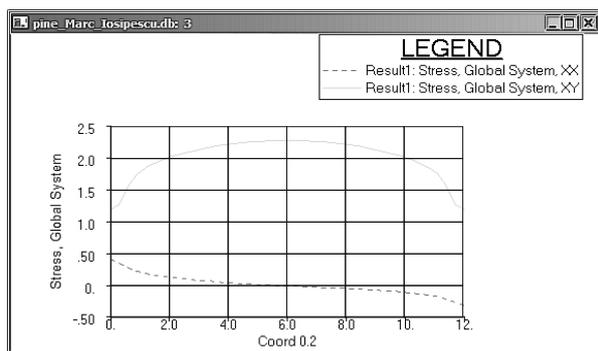


Рис. 15

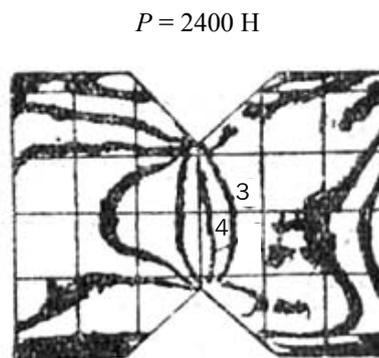
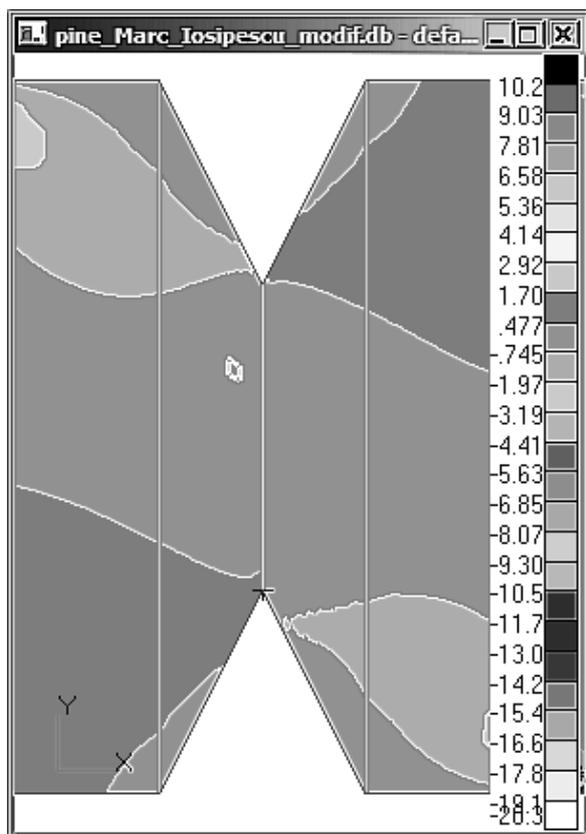
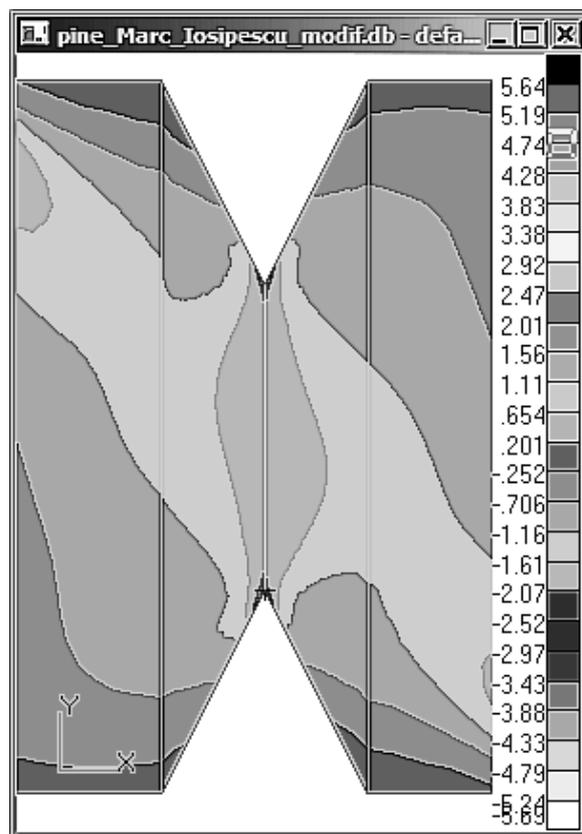


Рис. 16



Картина полос σ_x (сосна, $\gamma = 53,13^\circ$)



Картина полос τ_{xy} (сосна, $\gamma = 53,13^\circ$)

Рис. 17



имеют разные кривизны, а это позволяют надеяться на то, что можно найти угол, при котором касательные напряжения в плоскости скалывания будут близки к постоянной величине.

Проверим, будет ли распределение напряжений в плоскости скалывания зависеть от породы древесины.

В качестве породы древесины выберем дуб, величину упругих характеристик которого возьмем из работы [19]: $E_1 = 5820 \text{ Н/мм}^2$; $E_2 = 2185 \text{ Н/мм}^2$; $E_3 = 985 \text{ Н/мм}^2$; $G_{12} = 1287 \text{ Н/мм}^2$;

$G_{13} = 800 \text{ Н/мм}^2$; $G_{23} = 403 \text{ Н/мм}^2$; $\mu_{12} = 0,32$; $\mu_{21} = 0,12$; $\mu_{13} = 0,5$; $\mu_{31} = 0,085$; $\mu_{23} = 0,64$; $\mu_{32} = 0,3$.

Картинки изополюсов нормальных σ_x и касательных τ_{xy} напряжений для модифицированного образца из дуба приведены на рисунке 19.

Сопоставление картин полюсов на рис. 17 и 19, эпюр напряжений на рис. 18 и 20, позволяет сделать заключение о независимости распределения напряжений в опасном сечении образца от его материала.

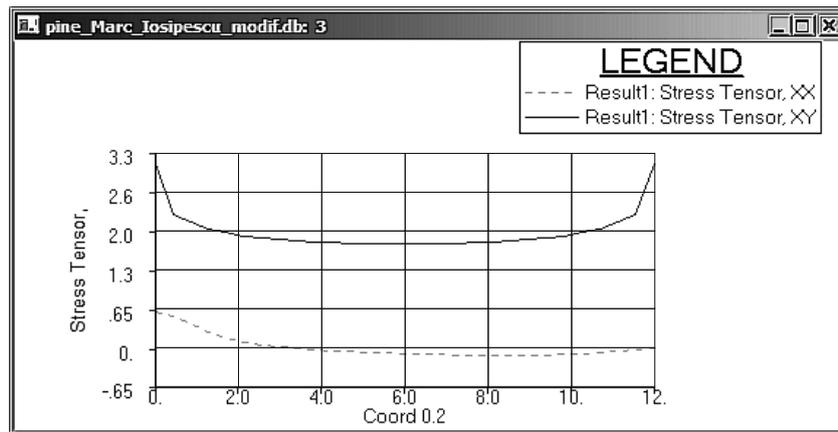
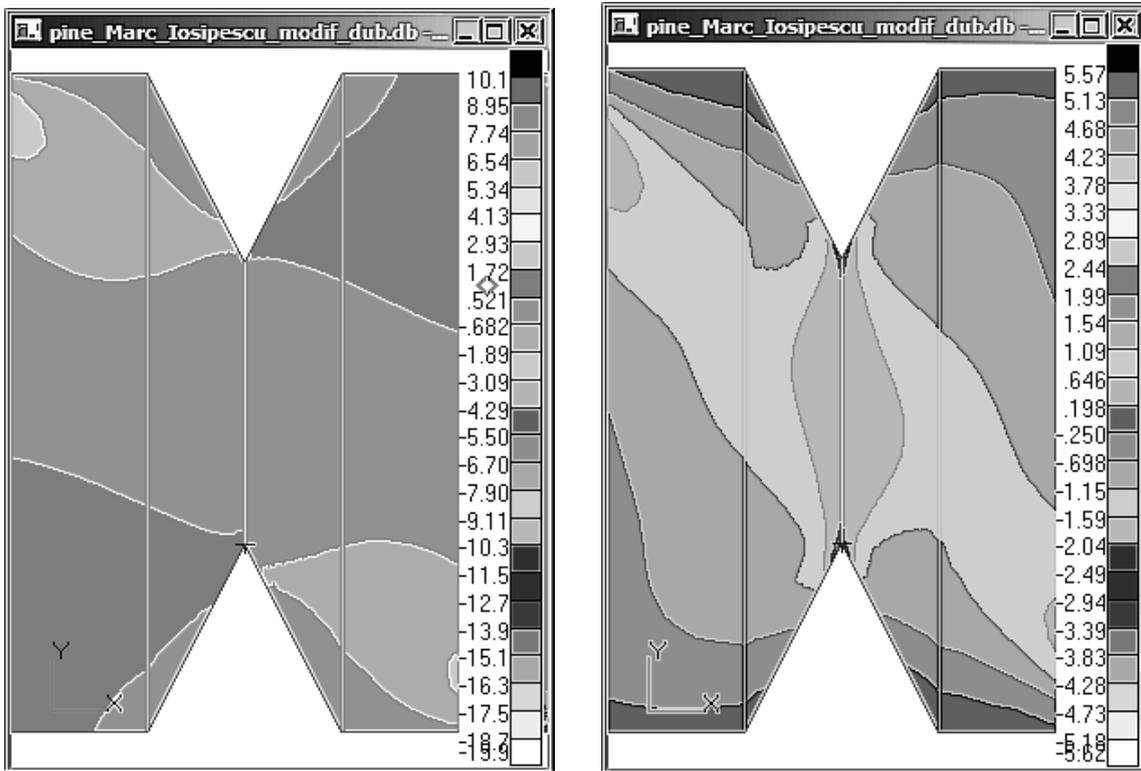


Рис. 18



Картина полюсов σ_x (дуб, $\gamma = 53,13^\circ$)

Картина полюсов τ_{xy} (дуб, $\gamma = 53,13^\circ$)

Рис. 19

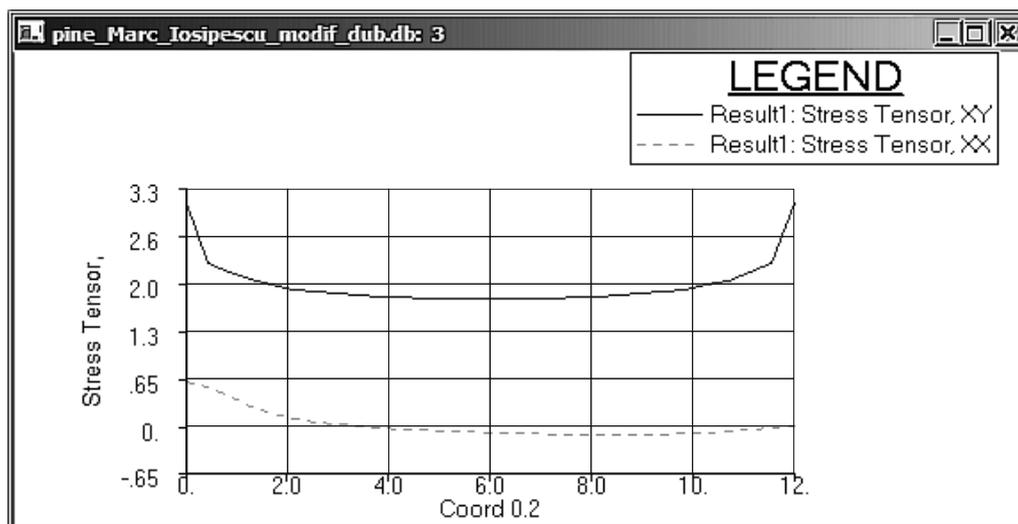


Рис. 20

Выводы

1. В плоскости скалывания образца Iosipescu напряженное состояние приближается к однородному, а потому это наиболее оптимальный образец на скалывание.

2. В плоскости скалывания стандартного образца напряженное состояние несколько отличается от однородного в начале и в конце плоскости скалывания, эта схема испытаний отличается простотой по сравнению со схемой Iosipescu.

3. В плоскости скалывания образца А.Л. Токмакова напряженное состояние неоднородно и его нецелесообразно использовать для определения прочностных характеристик древесины на скалывание.

Список литературы

1. Kollmann F., Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, Bd. 1, 2. Berlin, 1951. 1048 S.
2. Белянкин Ф. П. Прочность древесины при скалывании вдоль волокон. Киев : Знание, 1955. 256 с.
3. Sasaki H., Маки Т. Stress Analysis of Wood, Second Trial with a Photoelastic Method, Wood Science and Technology, vol. 3, 1968.
4. Жилкин В. А., Коротков А. В. Исследование методом фотоупругих покрытий деформированного состояния стандартных образцов на скалывание // Изв. вузов. Сер. : Строительство и архитектура. 1971. № 4. С. 176–179.
5. Жилкин В. А. Оценка точности исследования напряженного состояния элементов деревянных конструкций методом фотоупругих покрытий // Вестник ЧГАА. 2012. Т. 61. С. 63–70.

6. Iosipescu N., New Accurate Procedure for Single Shear Testing of Metals, Journal of Materials, vol. 2, No. 3, Sept. 1967, pp. 537–566.

7. Adams D. F., Walrath D. E. Iosipescu shear properties of SMC composite materials. In: Composite materials: testing and design (Sixth Conference) (ASTMSTP 787). Philadelphia: ASTM, 1982. p. 19–33.

8. Adams D. F., Walrath D. E. Further developments of the Iosipescu shear test method. Exp Mech 1987; 27(2):113–9.

9. ASTM D 5379-93, Test method for shear properties of composite materials by the V-notched beam method. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials; 1993.

10. Винсон Ж. Р., Сираковский Р. Л. Поведение конструкций из композиционных материалов / пер. с англ. М. : Металлургия, 1991. 264 с.

11. Janowiak J. J., Pellerin R. F. Iosipescu shear test apparatus applied to wood composites. Wood and Fiber Science, 23(3), 1991, pp. 410–418.

12. Богомолов А. В., Федчук В. К. О практике оценки прочности неметаллических волокнистых композиционных материалов при высоких температурах // Проблемы прочности. 2003. № 2. С. 143–146.

13. Xaviera J. C., Garridob N. M., Oliveirab M., Moraisa J. L., Camanhoc P. P., Pierrond F. A comparison between the Iosipescu and off-axis shear test methods for the characterization of Pinus Pinaster Ait. Composites: Part A: applied science and manufacturing, 2004, 35, pp. 827–840

14. Niklas Melin. The modified Iosipescu shear test for orthotropic materials. Doctoral thesis no. 72. Department of Solid Mechanics Royal



Institute of Technology SE-100 44 Stockholm, Sweden, 2008. 37 p.

15. Suna Y. T., Shia D. Q., Yanga X. G., Mia C. H., Fengb J., Jiangb Y. G. Stress State Analysis of Iosipescu Shear Specimens for Aerogel Composite with Different Properties in Tension and Compression. *Procedia Engineering* 67 (2013) 517–524.

16. ГОСТ 16483.5-73. Методы определения предела прочности при скалывании вдоль волокон.

17. ГОСТ 20182-74. Конструкции асбестоцементные клеевые. Метод определения прочности клеевых соединений при сдвиге.

18. Пат. на изобретение № 2295717. Способ испытания деревянных строительных конструкций на скалывание вдоль волокон / А. Л. Токмаков ; опубл. 20.03.2007.

19. Ашкенази Е. К., Ганов Э. В. Анизотропия конструкционных материалов. Л. : Машиностроение, 1980. 247 с.

20. Лехницкий С. Г. Теория упругости анизотропного тела. М. : Наука, 1977. 416 с.

Жилкин Виталий Афанасьевич, докт. техн. наук, профессор, кафедра информационных технологий и прикладной математики, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: Zhilkin_Vitalii@mail.ru.

* * *

УДК 629.331 : 004.94

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ КОМБИНАЦИЙ ПРИБОРОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ИНФОРМАТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ

Р. Ю. Илимбетов, Е. А. Сенченко, Д. В. Астафьев, Г. Н. Салимоненко

В статье рассмотрены требования, предъявляемые к современным автомобильным комбинациям приборов. Данные требования позволяют улучшить информативность панелей приборов, уменьшить количество затрачиваемого времени на считывание информации с приборов в современных транспортных средствах (ТС). В связи с предъявляемыми требованиями были предложены факторы, влияющие на восприятие водителем (оператором) информации с комбинации приборов ТС. Каждый из предложенных факторов был подробно рассмотрен с точки зрения влияния его на информативность панели приборов, критерии влияния цветовой гаммы на психологическое восприятие информации, структуру информационного поля, метод высвечивания информации. В качестве примера освещения и оформления панели приборов были рассмотрены конструкции современных производителей легковых и грузовых автомобилей, а также комбинации приборов специализированной техники. Рассмотрена комбинация приборов современного отечественного автомобиля КамАЗ-63968. В выводе подчеркнута важность правильной компоновки и расположения комбинации приборов в современных транспортных средствах.

Ключевые слова: комбинация приборов, панель приборов, цветовая гамма, КамАЗ-63968, информативность, индикация, освещенность, символы индикации, теплые и холодные цвета, стрелочные приборы, цифровые приборы.

Основную информацию о дорожной обстановке, о подвижных и неподвижных ориентирах водитель получает из комбинации приборов. Считывание информации протекает в условиях малого количества времени ($t = 0,5-1$ с), причем это время уменьшается с ростом скорости движения и плотности транспортного потока.

В связи с этим при разработке панели приборов на основе электронных приборов следует обязательно учитывать следующие технические требования:

- панель приборов должна быть работоспособной в температурном диапазоне от -40 °С до 85 °С [1];

- питание дисплеев должно осуществляться от системы электроснабжения автомобиля или с использованием стабилизатора напряжения (обычно +5 В). Чаще всего используется один источник питания как для дисплеев, так и для электронных схем их управления;

- срок службы (долговечность) дисплеев составляет более 100 тыс. ч [1];

- символы индикации в комбинации приборов должны быть хорошо различимы при прямом попадании солнечных лучей и обладать хорошей читаемостью применяемых знаков и символов. Обычно высота цифр на шкалах – 6 мм при толщине от 0,5 до 10 мм.



Ширина штриха составляет 1–2 мм при длине от 5...10 мм [2];

- уровень освещенности (подсветка) комбинации приборов составляет порядка 1200 кд/м². Яркость подсветки должна быть регулируемой, так как внешнее освещение в темное и светлое время суток отличаются. Как правило, подсветка выполняется источниками света, различного исполнения, расположенными внутри комбинации приборов, и освещает шкалы приборов. Также применяется подсветка шкал источниками света, находящимися за шкалой и подсвечивают цифры и штрихи, которые сделаны прозрачными. На некоторых моделях комбинаций приборов стрелки также имеют подсветку [2];

- не отвлекать внимание водителя в периоды между восприятием информации. Для уменьшения влияния комбинации приборов делают изогнутыми, с таким расчетом, чтобы расположенные в комбинации приборы были удобны для восприятия информации и эффективно привлекали внимание водителя при внештатном изменении состояния измеряемых величин.

К комбинации приборов водитель обращается не всегда, а эпизодически, каждое обращение происходит за время 0,5...0,8 с, общее время обращения обычно не превышает 1% рабочего времени. За время обращения водитель должен выбрать из всей совокупности информации, которая предоставляется ему на панели, нужную для него в данное время, считать ее с информационного устройства, осмыслить, чтобы затем выполнить то или иное воздействие на автомобиль [3].

Влияние различных факторов на информативность современных комбинаций приборов

При каждом обращении к комбинации приборов водитель, решает свои задачи. Время выполнения этих задач зависит от следующих факторов:

- общего числа элементов информационного поля и плотности элементов;
- цветовой гаммы информационного поля;
- структуры информационного поля;
- метода высвечивания информации.

Рассмотрим каждый фактор влияния более подробно [3].

Общее число элементов информационного поля и плотность элементов

Для наилучшего восприятия информации количество приборов, расположенных на ком-

бинации приборов, должно быть минимальным, но достаточным для более полного получения информации. Расположенные в комбинации приборов устройства не должны «налезать друг на друга», они должны выделяться. Расстояние между отдельными приборами должно быть достаточным для фиксации взгляда именно на этом устройстве.

Структура информационного поля

Чтобы уменьшить время поиска нужного информационного устройства, которое затрачивает водитель, целесообразно располагать приборы (индикаторы, сигнальные лампы и т.д.) на комбинации приборов отдельными функциональными зонами. Например, информацию о работе двигателя (частоте вращения коленчатого вала, температуре охлаждающей жидкости, давлении масла в системе смазки двигателя и др.) лучше получать от устройств, которые расположены вблизи друг от друга, так как все эти показания взаимосвязаны между собой. Зону их расположения в комбинации приборов можно выделить каким-либо способом: обвести каймой, выделить цветом или как-то иначе. Также целесообразно выделить средства отображения информации о параметрах движения автомобиля (скорости, суточного пробега, суммарного пробега). Структура информационного поля комбинации приборов должна быть упорядочена по каким-либо параметрам.

Влияние цвета и света

Цветовые воздействия играют немаловажную роль. Фон приборной панели не должен отвлекать на себя внимание водителя. Цвет может повлиять на принятие решения или изменить время реакции. Выделяют две группы цветов – **теплые** и **холодные** (бывают еще нейтральные). К теплым относится красный, оранжевый и желтый различных оттенков. К холодным – синий, фиолетовый, зеленый и промежуточные [4].

Теплые цвета ассоциируются с солнцем, огнем. В определенном смысле теплые тона более эмоциональные. Причем спектр этих эмоций достаточно широк – от агрессивного алого, до мягких и уютных пастельных тонов [4].

Холодные цвета ассоциируются со снегом, льдом, водой. Эмоционально они более «сдержаны», «строги». Рассмотрим психоэмоциональное воздействие цвета комбинации приборов на восприятие информации комбинации приборов [4].

Красный цвет создает чувство взволнованности, возбуждения, активности и привлекает внимание, например красный Ferrari [5]. Красный цвет используется в комбинации приборов для подсветки предельных величин показателей работы двигателя, например частоты вращения коленчатого вала. В качестве подсветки красный цвет использует в автомобилях «Mitsubishi» в модельном ряде Lancer. На рисунке 1 представлена комбинация приборов автомобиля Mitsubishi Lancer IX.

Также красный цвет имеет свойство быстро утомлять. Свойством повышать активность также обладает *оранжевый цвет*, однако он более уравновешен для восприятия информации. Оранжевую подсветку используют в автомобилях «Renault Logan». На рисунке 2 представлена комбинация приборов автомобиля Renault Logan.

Желтый цвет ассоциируется с солнцем, чем-то теплым [5]. В силу особенностей его восприятия глазом человека происходит очень быстро. В больших количествах желтый утомляет, дозированный, в качестве акцента, – привлекает внимание. Желтый цвет сигнала используется для предупреждающей информации. Он говорит о том, что требуется принятие каких-либо мер, но решение остается за водителем.

Синий цвет помогает сконцентрироваться на самом необходимом [5]. Элементы комбинации приборов, подсвеченные синим цветом, привлекают к себе внимание, но не вызывают отрицательных эмоций, как, например, красный цвет. Синий цвет подсветки комбинации приборов использует южнокорейская компания «Hyundai» в своих автомобилях Hyundai «solaris». На рисунке 3 представлена комбинация приборов Hyundai solaris.

Зеленый цвет используется в комбинации приборов в качестве выделения информации о состоянии каких-либо параметров работы двигателя, например, о состоянии температуры охлаждающей жидкости или включении наружного освещения автомобиля. Как правило, если показания находятся в зеленой зоне, это говорит о правильной работе двигателя.

Также следует отметить, что количество используемых цветов для индикации непосредственно влияет на эффективность восприятия информации. Если эффективность восприятия черно-белого изображения принять за 100%, то эффективность двухцветного возрастает на 20%, а многоцветного – на 40%. Правильная цветовая схема – фактор не решающий, но однозначно важный [6].

Метод высвечивания информации

Высвечиваемая информация для водителя на комбинации приборов может быть двух видов, количественной и качественной.

Количественная информация (скорость движения транспортного средства, частота вращения коленчатого вала двигателя, суммарный пробег и т. п.) оценивается числами. Такая ин-



Рис. 1. Комбинация приборов Mitsubishi Lancer IX



Рис. 2. Комбинация приборов Renault Logan



Рис. 3. Комбинация приборов Hyundai solaris



формация может предоставляться водителю при помощи аналоговых или цифровых приборов.

Качественная информация показывает состояние отслеживаемого объекта: включено-выключено, достаточно-недостаточно (например, недостаточное давление в системе смазывания двигателя). Для такой информации подходят сигнальные лампы, световые индикаторы и т. п.

Для получения точной количественной информации со стрелочного прибора водитель должен сопоставить положение стрелки и деления на шкале измерительного прибора и учесть число, которое этому делению соответствует. В результате, процесс получения информации требует определенного времени. Предоставление информации цифровым прибором сразу выдает некоторое число, следовательно, требует меньше времени от водителя для ее восприятия. Это позволяет исключить ошибки, связанные с тем, что на стрелочном приборе стрелка может не вполне точно совпадать с делением шкалы.

Если необходимо отображение динамического процесса, например, изменение частоты вращения коленчатого вала (тахометр) при движении автомобиля, то стрелочный прибор более удобен для восприятия информации, так как стрелка плавно перемещается по шкале, ее движение прогнозируется водителем автомобиля, цифровой прибор дает быстро изменяющиеся числа, их смену невозможно отследить. При помощи стрелочного тахометра, водитель оценивает положение стрелки, даже не привязывая его к конкретным значениям шкалы, и этой информации ему достаточно. В то же время многие системы транспортного средства изменяют свои значения медленно. В этом случае целесообразно использовать цифровые устройства, с помощью которых можно добиться высокой точности измерения показания состояния систем автомобиля.

Оформление информации в комбинации приборов может иметь различное устройство. Сигнальные лампочки и различные информационные окна могут высвечиваться или не высвечиваться. Для этого используется дополнительный дисплей. Высвечивание информации на нем происходит по вызову водителя или при выходе какого-либо контролируемого параметра за допустимые пределы. В качестве дисплея чаще всего используется жидкокристаллический экран. Например, в новом автомобиле КамАЗ-63968 в качестве комбинации приборов используется дисплей, высвечивающий всю

информацию не только с контрольно-измерительных приборов автомобиля, но и с различных узлов управления, а в модели КамАЗ-65115 используется аналоговая комбинация приборов. На рисунке 4 представлен внешний вид комбинаций приборов автомобиля КамАЗ [7].

Сигнальные лампочки (или светодиоды) целесообразно использовать без дополнительных надписей, если можно понять, к чему относится ее индикация. Например, лампа низкого уровня топлива в баке.

Что касается комбинации приборов специализированной техники, то помимо основной информации о состоянии автомобиля, здесь необходима информация о состоянии установленного оборудования для более полного использования транспортного средства. Набор средств отображения информации на специализированной технике определяется технологическими задачами, для выполнения которых он предназначен и которые обеспечиваются установленным оборудованием. На рисунке 5 представлена панель приборов Харвестера John Deere 903КН (Джон Дир 903) [8].

Для отображения информации на комбинации приборов для специализированной техники дополнительные могут быть применены приборы, контролирующие ход выполнения технологического процесса при работе агрега-



а



б

Рис. 4. Комбинации приборов автомобилей КамАЗ: а – магистральный; б – специализированный



Рис. 5. Комбинация приборов Харвестера John Deere 903KH

та и его производительность (частоту вращения вала отбора мощности, площадь обработанного поля и т. п.).

Выводы

В настоящее время современный автомобиль оборудован различными электронными системами, от которых водитель получает информацию о состоянии узлов и агрегатов автомобиля, а также о различных факторах движения. Вся эта информация, без сомнения, очень важна, но на стадии проектирования приборной панели необходимо определить, какую информацию она должна высвечивать водителю и какими методами она должна выдавать информацию водителю. Благодаря использованию требований, предъявляемых к комбинации приборов, и факторов влияния на восприятие информации

можно добиться улучшения информативности приборных панелей.

Список литературы

1. Автомобильные комбинации приборов на основе электронных индикаторов. Режим доступа : <http://studik.net/avtomobilnye-paneli-priborov-na-osnove-elektronnykh-indikatorov>.
2. Автомобили и тракторы. Основы эргономики и дизайна : учебник для студентов вузов / И. С. Степанов [и др.] ; под общ. ред. В. М. Шарипова. М. : МГТУ «МАМИ», 230 с.
3. Соснин Д. А., Яковлев В. Ф. Новейшие автомобильные электронные системы : учеб. пособ. для спец. по ремонту автомоб., студ. и препод. вузов и колледжей. М., 2005. 240 с.
4. Теория цвета. Теплые и холодные цвета. Режим доступа : <http://color-harmony.livejournal.com/649.html>.
5. Влияния цветов на восприятие информации. Режим доступа : <http://converlab.com/2010/05/vlijanie-cvetov-sajta-na-ego-vozprijatie/>.
6. Никулова Г. А. Цветовое оформление учебных материалов и влияние на восприятие информации // Вестник Пермского государственного гуманитарного педагогического университета. 2006. Вып. 2.
7. Автомобиль КамАЗ-63968. Режим доступа : <http://www.zr.ru/content/articles/678366-broneavtomobili-tajfun-sdelaj-ku>.
8. Гусеничные Харвестеры. John Deere 903KH (Джон Дир 903). Режим доступа : <http://forestry.u-st.ru/catalog/gusenichnye-kharvestery/kharvester-john-deere-903kh>.

Илимбетов Рафаэль Юрикович, канд. техн. наук, кафедра «Электрооборудование и электронные системы автомобилей и тракторов», Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский институт).

E-mail: ilimbay@yandex.ru.

Сенченко Евгений Александрович, магистрант, кафедра «Электрооборудование и электронные системы автомобилей и тракторов», Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский институт).

E-mail: Evgen9499@yandex.ru.

Астафьев Дмитрий Владимирович, канд. техн. наук, кафедра «Электрооборудование и электронные системы автомобилей и тракторов», Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский институт).

E-mail: dim_as@rambler.ru.

Салимоненко Григорий Николаевич, магистрант, кафедра «Электрооборудование и электронные системы автомобилей и тракторов», Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский институт).

E-mail: XVS1100TLC100@mail.ru.

* * *

УДК 621.43.001.42

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВС

Р. Я. Исмагилов, С. С. Куков

В статье рассмотрен новый метод диагностирования цилиндропоршневой группы двигателей внутреннего сгорания. Рядовая эксплуатация ДВС автотранспорта показывает заметное снижение их ресурсных параметров до 20–50%. Удельный вес неисправностей цилиндропоршневой группы составляет 13% неисправностей. Вместе с тем чрезмерный износ кривошипно-шатунного механизма приводит к отказу элементов цилиндропоршневой группы. Суммарный удельный вес неисправностей при этом составляет 25%. Анализ методов и средств диагностирования позволил выявить требования к методу диагностирования и диагностическому средству. Данным средством является осциллограф Постоловского. Степень износа цилиндра определяется по ниспадающей части сигнала давления. Чем быстрее снижается величина давления от верхней мертвой точки, тем больше утечки в цилиндропоршневой группе.

Ключевые слова: диагностирование, цилиндропоршневая группа, тестовое воздействие, диагностические параметры, режимы.

Уже порядка нескольких десятков лет заводы-изготовители выпускают так называемые двигатели-«миллионники». Однако в условиях рядовой эксплуатации «миллионники» проявляют себя как «тысячники» [1–10]. Главная проблема заключается в отклонении условий эксплуатации от нормативно заданных заводом-изготовителем. Так, некоторые ученые утверждают, что заметное снижение ресурсных параметров ДВС в реальных условиях составляет 20–50% [5–9].

На ЦПГ в сумме приходится 13% неисправностей, но в случае отказа трудоемкость их устранения и денежные затраты несопостави-

мы с любым другим отказом ДВС и автомобиля в целом.

Рассмотрим основные факторы, влияющие на безаварийную работу ЦПГ в процессе эксплуатации (рис. 1).

Цель работы: повышение эффективности диагностирования ЦПГ двигателей внутреннего сгорания.

Анализ методов и средств диагностирования позволил выбрать диагностическое средство, удовлетворяющее требованиям: высокая достоверность и информационная емкость диагностирования ЦПГ, приспособленность к диа-

гностированию современных тракторов и автомобилей. Данным средством является осциллограф Постоловского USB-Autoscope 3 [9, 10].

Теоретические исследования

Система впуска представлена рядом последовательных и параллельных элементов [5–10]. Некоторые из них практически не изменяют свои свойства и выходные параметры в процессе эксплуатации, тогда как другие изменяют свое техническое состояние непрерывно. Рассмотрим расчетную схему процесса подачи воздуха через элементы системы впуска (рис. 2).

Составим уравнение Бернулли для потока воздуха во впускном тракте и решим его относительно количества проходящего воздуха Q , получим:



Рис. 1. Эксплуатационные факторы

$$Q = \sqrt{\frac{(H_{\text{БАК}} - H) \cdot 2 \cdot g \cdot S^2}{1 + \lambda_1 \cdot \frac{l_1}{d_1} + \lambda_2 \cdot \frac{l_2}{d_2} + \lambda_3 \cdot \frac{l_3}{d_3} + \lambda_4 \cdot \frac{l_4}{d_4} + \lambda_5 \cdot \frac{l_5}{d_5} + \lambda_6 \cdot \frac{l_6}{d_6} + \lambda_7 \cdot \frac{l_7}{d_7}}}, \quad (1)$$

где $H_{\text{БАК}}$ – вакуумметрический столб разрежения, создаваемый возвратно-поступательным движением поршня, м;

H – высота подъема воздуха во впускном тракте, м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

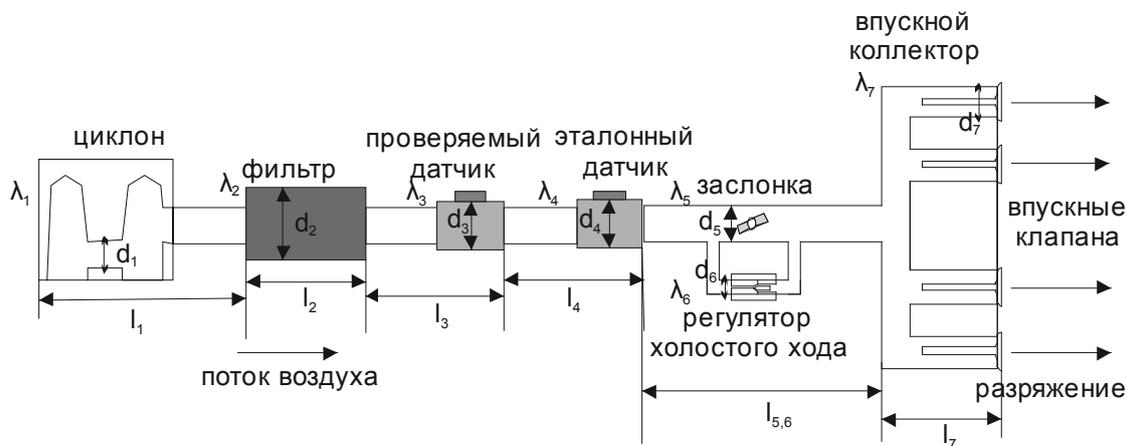
S – наименьшая площадь сечения во впускном тракте, м²;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7$ – коэффициенты Дарси для участков: циклона, воздушного фильтра, проверяемого ДМРВ, эталонного ДМРВ, дроссельной заслонки, регулятора холостого хода, впускных клапанов;

$d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7$ – диаметр участков: циклона, воздушного фильтра, проверяемого ДМРВ, эталонного ДМРВ, дроссельной заслонки, регулятора холостого хода, впускных клапанов, м;

$l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7$ – длина участков: циклона, воздушного фильтра, проверяемого ДМРВ, эталонного ДМРВ, дроссельной заслонки, регулятора холостого хода, впускных клапанов, м.

Герметичность клапанов и правильность фаз ГРМ определяются на основании тестов. Для проверки герметичности клапанов необходимо вывести ДВС на режим максимальной нагрузки при выключении полностью трех цилиндров и максимальной степени выключения одного оставшегося в работе цилиндра [9, 10].



$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7$ – коэффициенты Дарси для участков; $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7$ – диаметр участка, м; $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7$ – длина участка, м

Рис. 2. Расчетная схема процесса подачи воздуха через элементы системы впуска



Степень негерметичности клапанов данного цилиндра проявится в виде условия [8, 9]:

$$H_{ГРМ} = \frac{n_p}{n_{и}} = \frac{n_{и} - \Delta n_{ГРМ}}{n_{и}}, \quad (2)$$

где n_p – частота вращения одного проверяемого цилиндра при максимальной степени нагружения ДВС, мин⁻¹;

$n_{и}$ – частота вращения одного нового цилиндра при максимальной степени нагружения ДВС, мин⁻¹;

$\Delta n_{ГРМ}$ – уменьшение частоты вращения проверяемого цилиндра при максимальной степени нагружения ДВС, мин⁻¹.

А степень отклонения фаз ГРМ проверяется следующим тестом [5–7]. При работе одного цилиндра на средней нагрузке меняют угол опережения зажигания в сторону раннего и позднего, найденный оптимум определится максимумом частоты вращения ДВС. Условие запишем:

$$n_{\Phi} = n_{\max}, \text{ при } \begin{cases} \text{УОЗ} \rightarrow \max \text{ до ВМТ} \\ \text{УОЗ} \rightarrow \min \text{ до ВМТ} \end{cases}, \quad (3)$$

где n_{\max} – частота вращения максимальная для данной степени нагружения цилиндра, мин⁻¹;

УОЗ → max, УОЗ → min – значения угла опережения зажигания меняются в пределах от максимально до минимально возможных.

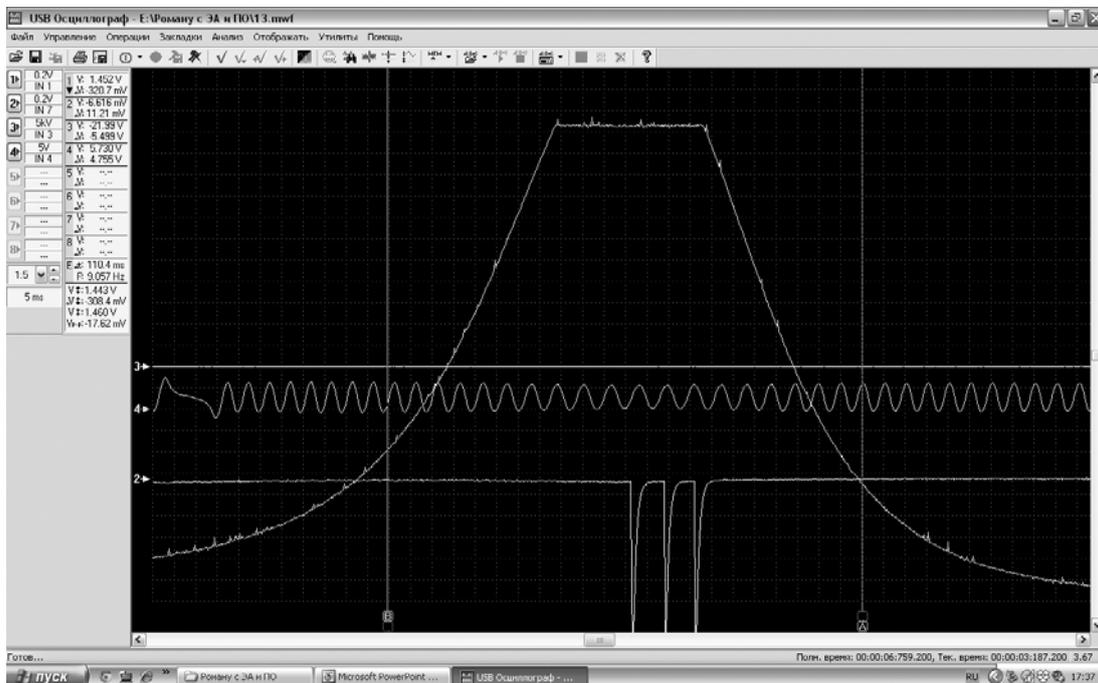
Методика исследования и результаты

Диагностирование впускного тракта поршневых двигателей внутреннего сгорания начинают с подсоединения осциллографа Постолювского [5, 6, 8, 16, 17, 18, 19, 20, 21].

При проведении экспериментальных исследований на двигателе ЗМЗ-406 устанавливалось полное открытие дроссельной заслонки для исключения запуска ДВС. В результате получали развертку осциллограммы сигнала давления в цилиндре ДВС в режиме прокрутки (рис. 3).

На полученной осциллограмме давления установочными маркерами фиксировали одинаковые временные участки влево и вправо от верхней мертвой точки. При этом степень износа цилиндра определяется по ниспадающей части сигнала давления (рис. 3). Чем быстрее во времени снижается величина давления от верхней мертвой точки, тем больше утечки в ЦПГ [5, 6].

Для исследования чувствительности сигнала давления к износу ЦПГ также осуществлялся замер осциллограммы давления при работе ДВС на трех цилиндрах (холостой ход) рисунок 4. В оставшемся диагностируемом цилиндре процесс сгорания отсутствует [8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].



канал 1 – сигнал давления; канал 2 – импульсы системы зажигания; 3 канал – синхронизирующий импульс; 4 канал – импульсы датчика положения коленчатого вала

Рис. 3. Развертка осциллограммы сигнала давления в цилиндре ДВС в режиме прокрутки стартером

Предварительно установлено, что в режиме прокрутки стартером сигнал давления имеет большую информативность. При этом в практике эксплуатации предполагается проверить чувствительность метода в двух указанных режимах [18–21].

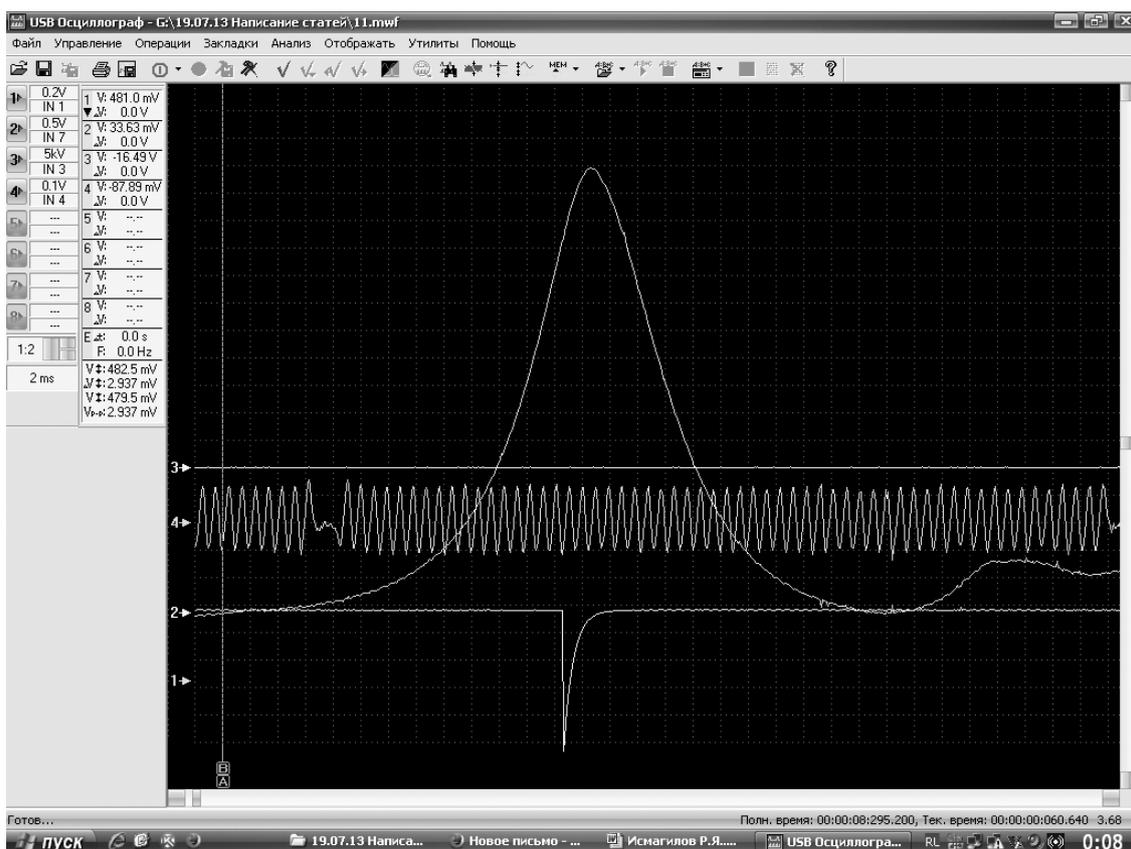
При проведении экспериментальных исследований результаты диагноза будут сравниваться с методом измерения утечек воздуха измеряемых прибором К-69М [5, 9, 10].

Выводы

Практика эксплуатации ДВС показывает значительное снижение их ресурсных параметров – 20–50%. На ЦПГ в сумме приходится 13% неисправностей. Анализ методов и средств диагностирования позволил выбрать диагностическое средство – осциллограф Постоловского USB-Autoscope 3. Степень износа цилиндра определяется по ниспадающей части сигнала давления. Чем быстрее во времени снижается величина давления от верхней мертвой точки, тем больше утечки в ЦПГ.

Список литературы

1. Соснин Д. А., Яковлев В. Ф. Новейшие автомобильные электронные системы. М. : СОЛОН-Пресс, 2005. 240 с.
2. Дьяченко В. Г. Теория двигателей внутреннего сгорания : учебник / пер. с укр. языка. Харьков : ХНАДУ, 2009. 340 с.
3. Конструирование впускных и выпускных каналов двигателей внутреннего сгорания / Б. Х. Драганов [и др.]. К. : Высш. шк., Головное изд-во, 1987. 175 с.
4. Глемба К. В., Глемба В. К. Экологические аспекты и пути совершенствования работы дизельного ДВС // Матер. ЛП междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2013. Ч. 6. С. 114–121.
5. Гриценко А. В. Метод диагностирования газораспределительного механизма по параметрам расхода воздуха и фаз газораспределения ДВС // Вестник ЧГАА. 2012. Т. 62. С. 32–34.
6. Гриценко А. В., Ларин О. Н., Глемба К. В. Диагностирование датчиков массового расхо-



канал 1 – сигнал давления; канал 2 – импульсы системы зажигания; 3 канал – синхронизирующий импульс; 4 канал – импульсы датчика положения коленчатого вала

Рис. 4. Развертка осциллограммы сигнала давления в цилиндре ДВС в режиме холостого хода (три работающих цилиндра)



да воздуха легковых автомобилей // Вестник ЮУрГУ. Сер. : Машиностроение. 2013. Т. 13. № 2. С. 113–118.

7. Методы и средства тестового диагностирования системы питания двигателей внутреннего сгорания автомобилей. Технологические рекомендации / А. В. Гриценко [и др.]. М. : ГОСНИТИ, 2013. 40 с.

8. Формирование инвестиционного механизма в сфере технического сервиса в сельском хозяйстве : монография / В. И. Черноиванов [и др.] ; под общ. ред. В. И. Черноиванова. М. : ГОСНИТИ, 2013. 298 с.

9. 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.

10. Гриценко А. В. Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем питания и смазки двигателей внутреннего сгорания (экспериментальная и производственная реализация на примере ДВС автомобилей) : автореф. дис. ... докт. техн. наук. Челябинск, 2014. 40 с.

11. Гриценко А. В. Диагностирование подшипников кривошипно-шатунного механизма двигателя внутреннего сгорания по параметрам пульсации давления в центральной масляной магистрали : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2009. 189 с.

12. Плаксин А. М., Гриценко А. В. Разработка средств и методов тестового диагностирования машин // Вестник КрасГАУ. 2013. № 12. С. 123–128.

13. Гриценко А. В., Плаксин А. М., Цыганов К. А. Концептуальные вопросы разработки тестовых систем диагностирования мобильных энергетических средств // Вестник ЧГАА. 2013. Т. 65. С. 9–19.

14. Гриценко А. В., Плаксин А. М. Диагностирование системы питания ДВС // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2014. № 1. С. 24–26.

15. Гриценко А. В., Куков С. С. Диагностирование систем ДВС на тестовых статических режимах // Вестник ЧГАА. 2012. Т. 61. С. 31–38.

16. Гриценко А. В. Диагностирование систем двигателя внутреннего сгорания бесторозным методом с перераспределением цилиндровых нагрузок // Вестник ЧГАА. 2011. Т. 58. С. 108–110.

17. Гриценко А. В., Куков С. С. Разработка эффективных средств и методов диагностирования двигателей внутреннего сгорания автомобилей // Вестник ЧГАА. 2011. Т. 58. С. 111–117.

18. Гриценко А. В., Бакайкин Д. Д., Куков С. С. Способ диагностирования системы топливоподдачи двигателей внутреннего сгорания легковых автомобилей // Вестник ЧГАА. 2011. Т. 59. С. 30–32.

19. Гриценко А. В. Разработка средств и методов диагностирования с частично параллельным резервированием элементов, а также с устранением лишних диагностических операций и диагностических параметров // Вестник КрасГАУ. Красноярск. 2012. № 7. С. 120–125.

20. Гриценко А. В. Концепция развития методов и средств диагностирования автомобилей // Матер. ЛП междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2013. Ч. III. С. 42–49.

21. Гриценко А. В., Куков С. С. Обоснование и разработка эффективных систем диагностирования двигателей внутреннего сгорания мобильных сельскохозяйственных машин // Матер. VI междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2012. Ч. III. С. 20–25.

Исмагилов Роман Ягуфарович, магистрант, кафедра «Эксплуатация автотранспорта и производственное обучение», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: roma-ninja@rambler.ru.

Куков Станислав Семенович, канд. техн. наук, доцент, кафедра «Эксплуатация автотранспорта и производственное обучение», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: kukov24@mail.ru.

* * *

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ТРАНСПОРТА ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ГРУЗОВ

В. В. Качурин

Приведены результаты исследований эффективности использования и работоспособности специализированных транспортных средств по перевозке скоропортящихся продуктов питания в городе Челябинске и Челябинской области. В результате исследований установлено, что технологической основой на автотранспортных предприятиях по доставке груза являются специализированные транспортные средства, имеющие холодильное оборудование для поддержания потребительских свойств скоропортящихся продуктов питания в период поставки. Снижение эффективности использования потребительских специализированных транспортных средств обусловлено их низкой безотказностью. Средняя наработка на отказ автомобильного парка компании ООО «АвтоТранс» не превышает 300 км пробега. Из всего состава автомобильного парка наименьшую наработку на отказ имеют автомобили марки ЗИЛ-132 км/отказ, наибольшая у автомобилей марки Скания-681 км/отказ. Суммарное количество отказов по всему подвижному составу в течение 2015 года составило 3133 шт. Большая доля отказов приходится на автомобили марки Фиат – 39%. Определили, что количество отказов составных частей специализированных звеньев имеет циклический характер, а именно нагрузка на транспорт возрастает в мае и декабре. Определяющим направлением инженерных служб автотранспортных предприятий является создание специализированных ремонтных звеньев, которые состоят из 2–3 слесарей, имеющих необходимое оборудование и требуемый для устранения последствий отказов машин обменный фонд запасных частей, узлов для восстановления работоспособности техники. Представлены статистические данные по средней наработке на отказ, количеству и структуре отказов, среднемесячному пробегу транспортных средств.

Ключевые слова: специализированные транспортные средства, наработка на отказ, скоропортящиеся продукты питания, улично-дорожная сеть.

Актуальность исследований

Грузоперевозки продуктов питания является задачей достаточно важной, поэтому услуги по ее организации и выполнению чрезвычайно популярны и пользуются огромным спросом. Заказчиками по перевозке продуктов являются небольшие магазины, а также супермаркеты и прочие подобные торговые сети.

Перевозка продуктов питания имеет особенности, поскольку срок их хранения ограничен, и это составляет основную проблему при транспортировке. Кроме того, определенные категории товаров требуют в процессе транспортировки соблюдения норм темпе-

ратурного режима и влажности. Только соблюдение этих норм при доставке продуктов в сетевые магазины обеспечит их сохранность [1, 2, 3, 13, 14, 15].

Перевозка продуктов питания, к которым относятся мясо, птица и рыба, а также различные полуфабрикаты, осуществляется специально для этого предназначенными рефрижераторами с морозильными камерами [4, 5]. Очевидно, для того чтобы бесперебойно функционировал процесс доставки и чтобы избежать значительных простоев машины, необходимо выявить напряженный период работы специализированного автотранспорта.



В период использования специализированного автотранспорта во время доставки происходят отказы составных частей машины, что увеличивает продолжительность времени доставки продуктов питания и времени простоя машины. Для решения этой задачи в кратчайшие сроки необходимо произвести перегрузку продуктов питания в работоспособный автомобиль. Однако перегрузка негативно сказывается на качестве скоропортящихся продуктов питания, поскольку во время перемещения груза происходит изменение параметров температуры и влажности.

Очевидно, что устранение последствий отказов транспортных средств необходимо на месте ремонтным специализированным звеном, имеющим необходимое количество оборотного фонда и инструмента.

Кафедрой ХиПСХП с 2014 года организовано изучение вопроса надежности специализированного транспорта в условиях города Челябинска и Челябинской области. Нами была изучена частота, наименование и количество оборотного фонда, необходимое для совершения технологического процесса по доставке продуктов питания в магазины.

Очевидно, что перспектива технологической и технической модернизации процесса доставки продуктов питания на сегодняшний день имеет актуальный характер.

Цель исследования: повышение эффективности использования специализированного транспорта на основе сокращения внутрисменных технико-технологических простоев.

Задачи исследования:

- выявить основные причины внутрисменных простоев посевных комбинированных агрегатов за время реализации посевного цикла зерновых культур;

- установить основные показатели использования и безотказности специализированного транспорта;

- определить пути модернизации процессов использования и обеспечения работоспособности специализированного транспорта при перевозке скоропортящихся продуктов питания.

Методика и результаты исследований

Технологической основой доставки скоропортящихся продуктов питания (СПП) являются малотоннажные транспортные средства [5]. Они комплектуются шасси автомобилей российского производства ГАЗ, ВИС и импортного Фиат, Хино, Скания, Исудзу и др (рис. 1). Для

транспортировки скоропортящихся пищевых продуктов должен быть выделен охлаждаемый или изотермический транспорт, основой которого является термоконтейнер [6].

Грузоподъемность таких транспортных средств составляет от 500 до 3000 кг. Очевидно, что при небольшой грузоподъемности в условиях улично-дорожной сети (УДС) малотоннажным транспортным средствам легче подъехать к пункту назначения для разгрузки, поскольку дорожная сеть крупных городов, таких как Челябинск, создавались на основе генеральных планов развития, ориентированных на определенный уровень автомобилизации [7]. При этом современная дорожная сеть городов имеет ряд недостатков:

- малую удельную плотность магистральных улиц и неразвитость сети местных улиц;

- низкую пропускную способность улиц и пересечений;

- совмещенное движение общественного и пассажирского транспорта, легкового и грузового движения;

- применение для регулирования движения устаревших методов и технических средств, ориентированных на движение транспортных потоков малой плотности;

- отсутствие системы информационного обеспечения городского движения;

- практически отсутствие системы обеспечения парковок в городе;

- отсутствие специализированных дорог и маршрутов в УДС для движения грузовых автомобилей.

Очевидно, что такой ряд недостатков УДС сказывается на использовании транспортных средств (ТС) негативно, а именно перегревается



Рис. 1. Специализированный транспорт на базе шасси автомобиля ГАЗель

двигатель, машина работает продолжительное время на низких передачах из-за длительного нахождения в заторах, наблюдаются вынужденные частые разгоны и торможения двигателя внутреннего сгорания и т.д. А они, в свою очередь, в результате использования ТС предопределили частые отказы составных частей машины (СЧМ), что значительно снижает эффективность доставки пищевых продуктов до потребителей.

Несомненно, главным требованием рынка является не только оптимальная стоимость доставки скоропортящейся продукции, но и выполнение ряда условий, таких как доставка продукции в нужное время (точно в срок), доставка в нужное место, доставка продукции в необходимом количестве, сохранение определенных потребительских характеристик продукции (минимизация возникновения порчи продуктов).

Невыполнение данных требований приводит к увеличению процента возврата продукции и, как следствие, увеличению затрат и удорожанию конечного продукта [8].

При этом автомобильная доставка мясной продукции предприятия ООО «Авто Транс», в котором проводились исследования, обладает рядом особенностей, а именно [9]:

- мясные продукты относятся к разряду скоропортящихся или быстро утрачивающих товарное состояние;
- мясные продукты представлены значительной номенклатурой товаров;

– мясные грузы чаще всего поставляются в товарных упаковках с ручной разгрузкой в пунктах назначения (магазинах);

– отдельная заявка на доставку груза может рассматриваться как средне- или мелкопартионная;

– погрузка и доставка мясной продукции выполняется в условиях жестких временных ограничений.

Таким образом, мелкая и средняя партионность грузов приводит к тому, что доставку специализированным автомобильным транспортом СПП к магазинам следует рассматривать как развозку грузов в рамках временных ограничений.

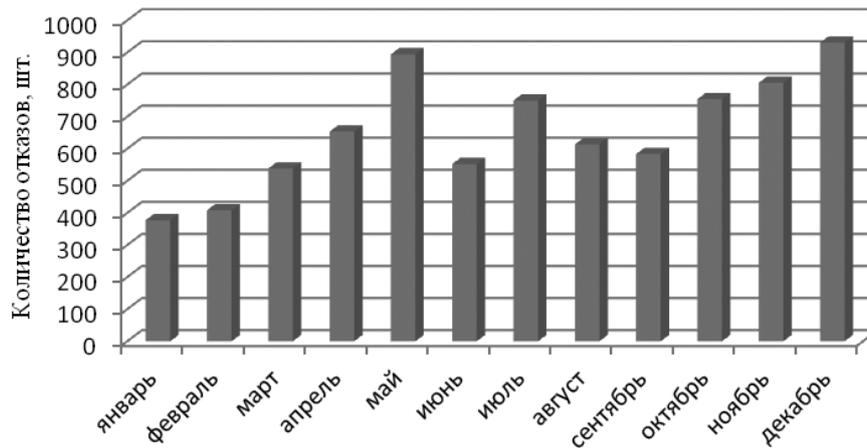
Исследования безотказности специализированного транспорта по доставке скоропортящихся мясных продуктов компании ООО «Авто Транс» проводились в условиях города Челябинска и Челябинской области в период 2014 года. Под наблюдением находились 100 автомобилей, которые были сгруппированы в девять статистических групп (табл. 1) [10].

Сбор статистических данных по безотказности специализированного транспорта осуществлялся путем обработки транспортных накладных, заборных ведомостей с материально-технического склада автотранспортного предприятия [11].

Анализ экспериментальных исследований показал следующее: из всего состава автомобильного парка наименьшую наработку на от-

Таблица 1 – Показатели использования и безотказности специализированного транспорта

Группа	Количество автомобилей в группе, шт.	Марка автомобиля	Среднее значение параметров								
			Пробег за день, км	Пробег за месяц, км	Количество рабочих дней, дни	Коэффициент сменности	Продолжительность смены, ч	Количество смен, см.	Количество отказов за месяц, шт.	Суммарное количество отказов, шт.	Нарботка на отказ, км
1	5	Хундай	198	4035	20	2	10	41	30	204	198
2	7	Хино	1400	11711	8	1	10	12	33	83	413
3	37	Фиат	733	6187	8	2	10	33	34	1223	509
4	3	Вис	426	2664	6	1	10	8	62	24	209
5	3	Скания	2017	12400	6	1	10	6	20	18	681
6	23	Исудзу	2172	23548	11	1	10	23	45	528	168
7	3	Зил	200	9800	49	2	10	98	75	294	132
8	17	Газ	237	3494	15	2	10	33	35	558	294
9	2	Автобус ПАЗ	180	8958	50	2	10	101	73	201	441



Период использования автомобилей компании ООО "А.Транс", мес.

Рис. 2. Расход запасных частей специализированного транспорта в течение года

каз имеют автомобили марки ЗИЛ-132 км/отказ., наибольшая наработка у автомобилей марки Скания-681 км/отказ. Суммарное количество отказов по всему подвижному составу в течение 2015 года составило 3133 шт. Большую долю отказов приходится на автомобили марки Фиат – 39%.

Также для каждого транспортного средства проанализировано наименование и количество составных частей, используемых в течение года [5].

По результатам исследования количества отказов составных частей ТС определили, что нагрузка для данного автопарка имеет циклический характер (рис. 2), а именно нагрузка на транспорт возрастает в мае и декабре, что связано с покупательской способностью (майские праздники, подготовка к Новому году).

Очевидно, чтобы избежать простоев специализированного транспорта, особенно в напряженный период, необходимо заранее провести диагностические мероприятия машин, обеспечить склады составными частями для устранения последствий отказов за короткий период времени.

Выводы и рекомендации

Очевидно, что одним из важнейших показателей социальной составляющей является здоровье населения страны, что во многом определяется потреблением качественных и безопасных продуктов питания. Своевременное обеспечение продуктами питания населения является важнейшей задачей.

Сообщение водителем о невозможности доставки скоропортящейся продукции точно в срок может быть вызвано частыми отказами

автомобиля. Сокращение времени простоя специализированного транспорта может быть обеспечено в кратчайший срок в условиях улично-дорожной сети только мобильными ремонтными службами, которые кроме оборудования должны комплектоваться обменным фондом составных частей машины.

Список литературы

1. Особенности перевозки пищевых продуктов. Режим доступа : <http://www.charoit.net>.
2. Перевозка продуктов питания: требования к процессу. Режим доступа : <http://www.gtpereezd.ru>.
3. Федеральный закон от 2 января 2000 г. № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов».
4. Санитарные правила перевозки продуктов. Режим доступа : <http://host.net>.
5. Петрова А. П. Нормативное регулирование транспортирования скоропортящихся продуктов // Мясные технологии. 2011. № 2. С. 40–42.
6. Качурин В. В. Управление надежностью специализированного транспорта при перевозке скоропортящихся грузов // Вестник ЧГАА. 2015. Т. 71. С. 49–57.
7. СП 2.3.6.1066-01. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям торговли и обороту в них продовольственного сырья и пищевых продуктов. М., 2001. 36 с.
8. Лобанов Е. М. Транспортные проблемы современных больших городов // Транспорт Российской Федерации. 2005. № 1. С. 29–31.
9. Еськова И. А. Особенности доставки скоропортящихся молочных продуктов в условиях мегаполиса // Логистика. 2012. № 10. С. 44–46.

10. Качурин В. В. Безотказность комбинированных агрегатов на севе // Вестник ЧГАА. 2015. Т. 71. С. 49–57.

11. Дзюба И. С. Перевозка скоропортящихся грузов : пособ. для курс. и дипломного проектирования. Гомель : БелГУТ, 1999. 22 с.

12. Плаксин А. М., Качурин В. В. Показатели использования и эксплуатационной надежности посевных комбинированных агрегатов // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 69. С. 63–70.

13. Инструктивные указания и практические рекомендации по перевозкам скоропортящихся грузов и эксплуатации рефрижераторных секций / сост. В. И. Павлов. Ми. : Высш. шк., 1989. 340 с.

14. Правила перевозки грузов. М. : Транспорт, 1986. Ч. 1. 304 с.

15. Перевозка скоропортящихся грузов : справочник. М. : Транспорт, 1986. 304 с.

Качурин Виталий Владимирович, ассистент кафедры «Технология металлов, машиностроения и метрологии», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: kachurin-vv@yandex.ru.

* * *

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗЕРВУАРОВ ПЕРВИЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА

А. Н. Козлов

Рассмотрели вопрос сохранения качества сырого коровьего молока и его соответствия основным межгосударственным стандартам при производстве молочных продуктов. Опыты проводили в ряде хозяйств Челябинской области. Установили, что первоначальное качество молока сохраняется при интенсивном его охлаждении только в начальный период его получения на ферме. Проанализировали преимущества и недостатки резервуаров для охлаждения молока водой, предварительно охлажденной льдом, замороженным на стенках испарителя, (тип Р1) и непосредственно через стенку испарителя (тип Р2). В резервуарах типа Р1 исследовали температурные режимы нагрева ледяной воды и охлаждения молока непосредственно в процессе доения коров. Выявили, что охлаждение молока ледяной водой до температуры ниже плюс 4 град, поступающего в процессе доения в резервуар, происходит только в первые 20...30 мин. Температура охлаждения молока в резервуаре в дальнейшем не превышает плюс 10 град. В период хранения температура молока не снижалась ниже 10 град. Доказали, что двух- и трехкратный режим доения коров не влияет на температурный режим охлаждения молока в резервуаре. Вода не успевает охладиться до 0 град, напротив, в процессе охлаждения молока постепенно нагревается. Холодильный агрегат установки включается в работу в начале процесса доения и не выключается в промежутках между дойками. Продолжительность его работы составляет 16–20 ч в сут. В резервуарах типа Р1 молоко коровье сырое охлаждается в процессе машинного доения с 32 до 15–16 град, до заданной температуры (4 град) – за 20...30 мин по окончании доения коров. Качество сырого молока (4 град) сохраняется при низких затратах электроэнергии (до 10 кВт·ч). В резервуарах типа Р2 холодильный агрегат работает только в период доения коров (5–8 ч в сут). Это обеспечивает значительную экономию электроэнергии.

Ключевые слова: молоко коровье сырое, резервуар, вода, охлажденная льдом, охлаждение теплоносителем, охлаждение хладагентом.

Цель работы: выявить эффективность работы резервуаров с различными технологическими схемами охлаждения молока в процессе машинного доения.

В молочном скотоводстве сохраняется сложное положение с производством молока сырого [1, 2]. Так, например, самообеспеченность Челябинской области молочной продукцией недостаточна. Она в 2014 году составила 73 % [1].

Молоко является сложной коллоидной полидисперсной системой. Необоснованные механические, тепловые и т.д. воздействия на молоко коровье сырое приводят к необратимым потерям его питательности при первичной обра-

ботки. Согласно новому межгосударственному стандарту ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. ТУ» установлены повышенные требования к бактериальной обсемененности молока и содержания в нем самотических клеток [3].

Качество молока коровьего сырого зависит от ряда факторов и прежде всего от санитарно-гигиенических условий содержания коров и состояния доильного оборудования [4–7]. Здоровье животных и продолжительность хранения молока на ферме также относятся к определяющим факторам [7]. Однако охлаждение молока непосредственно после эвакуации из сборной емкости доильной установки с температурой

Таблица 1 – Зависимость объема охлаждающего молока от количества доек

2 дойки	Холодильный агрегат танка рассчитан на охлаждение 50% объема танка (1/2) от 35 °С до 4 °С за установленный (согласно нормативу) период времени
4 дойки	Холодильный агрегат танка рассчитан на охлаждение 25% объема танка (1/4) от 35 °С до 4 °С за установленный (согласно нормативу) период времени

32...34 °С до температуры ниже 4 °С обеспечивает сохранение неизменности его качества в течение длительного времени (до 24 часов и больше).

Производственные рекомендации

На Российском рынке представлены ведущие мировые производители резервуаров для охлаждения молока на животноводческих фермах.

В классификацию резервуаров для охлаждения молока согласно ISO 5708 заложены три критерия: количество доений в сутки, температура окружающей среды и продолжительность охлаждения. Первый критерий – количество доений в сутки. Этот критерий характеризует мощность холодильного агрегата, установленного на танке, и показывает, какую часть от общего объема резервуар способен охладить за один цикл работы. Следовательно, чем меньше количество доений, тем мощнее агрегат установлен на танке (табл. 1).

Резервуары делятся на два типа: горизонтальные и вертикальные. Каждый тип по конструкции верхней части подразделяется на открытый и закрытый. Горизонтальные танки занимают большую площадь в молочном отделении и трудно промываются.

Обладают большей вместимостью и быстрее охлаждают молоко за счет увеличенной поверхности испарителя. Вертикальные танки очень ограничены по объему и не имеют систем автоматической промывки. Закрытые резервуары оборудуются системами автоматической промывки. Открытые резервуары промываются вручную. Они используются на фермах, где нет квалифицированного персонала. Молоко, охлажденное в открытых резервуарах, нагрева-

Таблица 2 – Зависимость температуры эксплуатации конденсатора холодильного агрегата от температуры окружающей среды

Класс	Температура эксплуатации, °С*	Безопасная рабочая температура, °С**
А	38	43
В	32	38
С	25	32

* Температура воздуха на входе в конденсатор холодильного агрегата, при которой рассчитывается время охлаждения;

** максимальная температура окружающего воздуха, при которой гарантируется нормальная работа холодильного агрегата.

ется быстрее из-за отсутствия термоизоляции верхней подъемной части.

Второй критерий – температура окружающей среды (табл. 2).

Третий критерий – максимальное время охлаждения молока одной дойки с 35 до 4 °С. Определено пять классов: 0 – до 2 часов; I – до 2 часов 30 минут; II – до 3 часов; III – до 3 часов 30 минут; IV – особые данные, указанные производителем.

Необходимый объем резервуара вычисляется по зависимости:

$$V = \frac{P}{365} \cdot D \cdot \frac{1}{C} \cdot S,$$

где V – объем резервуара в литрах;

P – общий объем молока (например, за год), который необходимо охладить на ферме;

365 – количество дней накопления общего объема (P);

D – количество дней хранения молока на ферме, от вывозки до вывозки;

C – коэффициент заполнения резервуара, для расчета принимаем равным 0,9;

S – коэффициент, учитывающий увеличение надоев в летний период, для расчета принимаем равным 1,3.

В настоящее время большинство производителей предлагают резервуары (танки-охладители) с охлаждением молока через стенку испарителя (прямое расширение хладагента) или водой, предварительно охлажденной замороженным льдом на поверхности испарителя.

Наиболее распространенная система охлаждения молока за счет прямого охлаждения хладагентом. В этом случае нижняя часть резервуара состоит из двух сваренных между собой стальных листов и выполняет роль ис-



парителя. Зазор между листами в зависимости от типа применяемого хладагента составляет от 0,7 до 2,0 мм. Для изготовления надежных испарителей необходимо использовать лазерную сварку и самые современные методы контроля надежности сварных соединений.

Основные преимущества системы с прямым охлаждением заключаются в простоте конструкции; более низкой по сравнению с системой, оборудованной льдогенератором, общей стоимостью танка-охладителя молока; меньших габаритных размеров; максимальном объеме до 32 000 л и высоким КПД системы.

Основными недостатками системы с прямым охлаждением заключается в следующем: существует риск намораживания молока на стенках танка при низком уровне заполнения, более низкой, по сравнению с системой, оборудованной льдогенератором, скоростью охлаждения молока.

Эти проблемы достаточно легко решить. Для исключения намораживания молока на стенках, танки-охладители молока оборудуются датчиками для контроля уровня, которые блокируют пуск холодильного агрегата при заполнении танка менее чем на 10%. Для увеличения скорости охлаждения молока применяются пластинчатые охладители, использующие проточную воду, или устанавливаются более мощные холодильные агрегаты.

При охлаждении молока с использованием замороженного льда льдогенератор-испаритель находится в емкости, заполненной теплоносителем (обычно водой), расположенной под танком-охладителем молока [8]. Испаритель состоит из системы спиралей или трубок. Внутри трубки хладагент кипит при температуре минус 8 °С. Толщина замороженного льда на их поверхности не должна превышать 30...35 мм [9]. При растоплении 1 кг льда формируется 16 литров ледяной воды. Данного количества достаточно для охлаждения 5,6 кг молока с температурой от 20 до 4 °С [10].

При правильно выбранном льдогенераторе данная система охлаждает молоко с 32 °С до 4 °С за 30–40 минут. Стоимость данной опции сопоставима со стоимостью полнокомплектного танка-охладителя молока с прямым охлаждением.

Основные преимущества системы охлаждения с льдогенератором заключается в следующем: исключается возможность намораживания молока на стенках танка при низком уровне заполнения, большая, по сравнению с системой

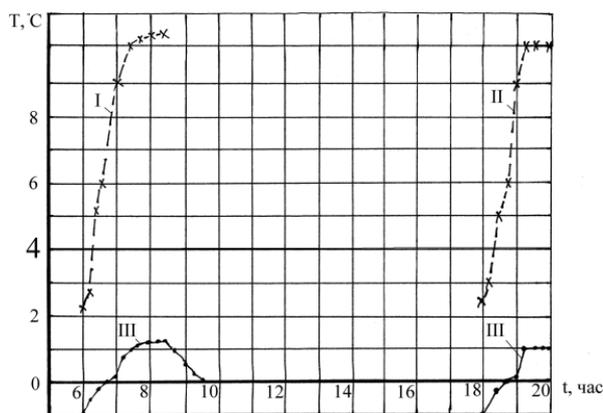
«прямого расширения», скорость охлаждения молока, отсутствие перегрузок компрессора холодильного агрегата, возможность экономии средств на оплату электроэнергии за счет использования «ночного тарифа», снижение «пикового» потребления электроэнергии во время доения.

Основными недостатками системы охлаждения с льдогенератором является более высокая (на 25–30%) общая стоимость танка-охладителя молока, большее электропотребление, большие габаритные размеры танка-охладителя молока, небольшой максимальный объем (max 7 150 л), меньший по сравнению с системой КПД, из-за дополнительных затрат энергии на охлаждение теплоносителя, т.е. при отсутствии «ночного тарифа» эта система экономически не выгодна. Потребление электрической энергии данными резервуарами составляет от 25...30 кВт·ч на одну тонну охлаждаемого молока. Требования ЕЭС ограничивают потребление электрической энергии не более 14 кВт·ч [11].

Результаты исследований

На рисунке 1 представлены результаты опытов, проведенных на молочной ферме отделения «Темир» агрофирмы «Филимоновское». Количество охлажденного молока за утреннюю дойку составило 1150 и за вечернюю – 950 литров. В утреннюю дойку температура ледяной воды составила около 0 °С и за весь цикл доения (3 часа) она возросла до температуры плюс 5,5 °С. В первый час она нагрелась на 0,8 °С, во второй час – на 2,4 °С и третий час – на 1,9 °С (рис. 1).

Первые порции молока охладилась с температуры +35 °С до +2,2 °С. В течение 15 минут температура молока в емкости достигла +3,5 °С, что соответствует нормативным документам. Через час работы установки температура молока повысилась на +6,8 °С, через два часа – на 1,2 °С и через три часа – на 0 °С. При доении коров два раза в течение суток режим работы резервуара для охлаждения молока следующий. Молоко, поступающее из приемной колбы доильной установки, охлаждается ледяной водой с температурой около 0 °С до температуры ниже 4 °С в течение 30 минут. Молоко в течение двух часов охлаждается в резервуаре с повышением первоначальной температуры от 2 °С до 10 °С, охлаждение молока в течение третьего часа не обеспечивает понижения его температуры ниже 10 °С (рис. 1).



I, II – температура молока коровьего сырого в утреннюю и вечернюю дойки;
III – температура охлаждающей жидкости (вода)

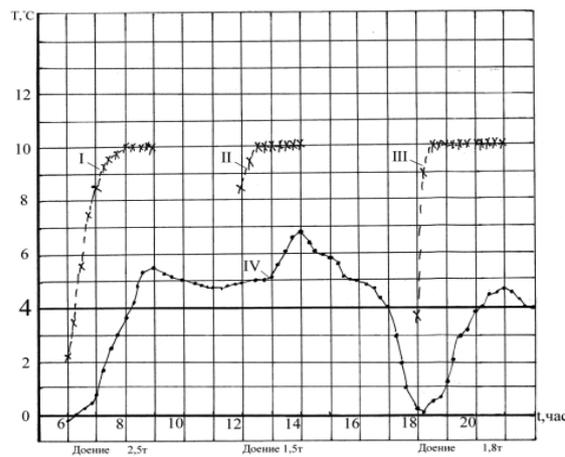
Рис. 1. Графическая зависимость изменений температуры молока коровьего сырого и охлаждающей жидкости в процессе машинного доения (двухразовая дойка)

Холодильный агрегат после окончания дойки понизил температуру воды до 0 °C в течение 1 часа при отсутствии молока в емкости танка-охладителя ввиду его отгрузки на молочный завод. В вечернюю дойку режим охлаждения молока и нагрева воды аналогичен режиму, выявленному в утреннюю дойку (рис. 1).

Таким образом, температура охлаждаемого молока, при поступлении 15...16 литров в минуту, составила +10 °C. Холодильный агрегат, обеспечивающий намораживание льда, работал без остановки в течение 3,5 часов.

На рисунке 2 представлены результаты опытов, проведенных на молочной ферме отделения «Черкасовское» ОАО СХП «Красноармейское». Количество охлажденного молока за утреннюю дойку составило 2500 литров, за обеденную – 1500 и за вечернюю – 950 литров.

В утреннюю дойку первые порции молока охладились с температуры +35 °C охладилось до +2,2 °C (рис. 2). В течение 30 минут температура молока в емкости достигла +5,5 °C, что не соответствует нормативным документам. Через час работы установки температура молока повысилась на +6,3 °C, через два часа – на 1,5 °C и три часа осталась неизменной. При доении коров три раза в течение суток режим работы резервуара для охлаждения молока следующий. Молоко, поступающее из приемной колбы доильной установки, охлаждается ледяной водой с температурой около 0 °C до температуры ниже 4 °C в течение 20 минут. Молоко,



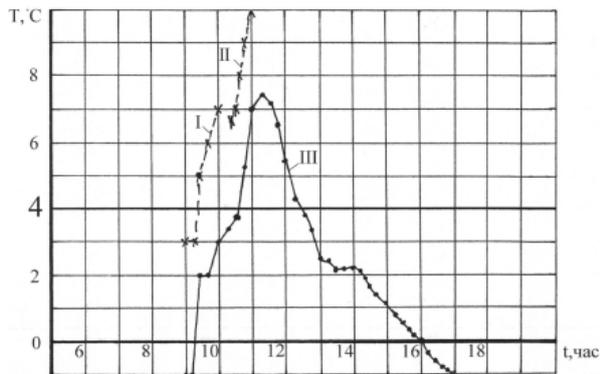
I, II, III – температура молока коровьего сырого в утреннюю, обеденную и вечернюю дойки;
IV – температура охлаждающей жидкости (вода)

Рис. 2. Графическая зависимость изменений температуры молока коровьего сырого и охлаждающей жидкости в процессе машинного доения (трехразовая дойка)

в течение двух часов, охлаждается в резервуаре с повышением первоначальной температуры от 2 до 10 °C, охлаждение молока в течение третьего часа не обеспечивает понижения его температуры ниже 10 °C. Холодильный агрегат, после окончания дойки понизил температуру воды незначительно – с 5,5 до 4,8 °C. Это связано с необходимостью поддержания температуры молока в емкости танка-охладителя (рис. 2).

В обеденную дойку первые порции молока охладились с температуры 35 °C всего до 8,5 °C и через 30 минут температура охлаждаемого молока составила 10 °C. Данная температура охлаждаемого молока сохранялась до конца обеденной дойки. Температура воды повысилась к концу дойки на 2 °C. Вся масса молока после обеденной дойки отвозится на молочный завод. Поэтому холодильный агрегат танка охладителя осуществляет охлаждение только воды. Она понизилась к началу вечерней дойки до 0 °C (рис. 2).

В вечернюю дойку первые порции молока охладились с температуры 35 °C до 3,6 °C. Однако через 15 минут ее температура достигла 9 °C, а через 30 минут – 10 °C. Данная температура охлаждаемого молока не изменилась в течение вечерней дойки. Температура воды повысилась с 0 до 4,5 °C. Таким образом, температура охлаждаемого молока при трехразовой дойке при поступлении 25...40 литров в минуту составила +10 °C. Холодильный агрегат, обеспечивающий намораживание льда, работал без остановки в течение 20 часов (рис. 2).



I, II, – температура молока коровьего сырого в первое и второе разовое поступление;
III – температура охлаждающей жидкости (вода)

Рис. 3. Графическая зависимость изменений температуры молока коровьего сырого и охлаждающей жидкости (молочный цех)

На рисунке 3 представлены результаты опытов, проведенных на молочном приемном пункте агрофирмы «Филимоновское». Выявили, что при разовом поступлении молока коровьего сырого с температурой 25 °С первоначальная порция молока охладилась до 3 °С, и данный режим сохранялся в течение 15 минут. Через 30 минут температура молока повысилась до 5 °С. Весь разовый объем молока (1700 литров за час) охладился до 7 °С. Через 15 минут осуществился прием второго объема молока (950 литров), и температура поступающего молока через 45 минут повысилась с 7 до 10 °С. Температура охлаждаемой воды повысилась с 0 до 7,5 °С. После охлаждения молоко выгрузили и отправили на молочный завод. Температура охлаждаемой воды достигла через 7 часов работы холодильного агрегата нулевого значения.

Выводы

1. В резервуаре с охлаждением молока коровьего сырого непосредственно через стенку испарителя обеспечивается его охлаждение в течение машинного доения до 15...16 °С. По

окончании дойки оно охлаждается в течение 20...30 минут до температуры ниже 4 °С. Данная температура молока поддерживается в нем неограниченное время.

2. В резервуаре с охлаждением молока коровьего сырого водой, охлаждаемой замороженным льдом на стенке испарителя, не обеспечивается его охлаждение ниже 4 °С. Температура молока не снижается ниже 10 °С.

Список литературы

1. Сушков С. Ю. Стратегия развития Челябинской области в сфере агропромышленного комплекса // АПК России. 2015. Т. 72. № 2. С. 9–12.
2. Бочкарева Т. Ю. Оценка факторов, определяющих развитие молочной отрасли // Вестник ЧГАА. 2013. Т. 63. С. 122–124.
3. Юрова Е. А. Контроль молочного сырья. Современные требования, принципы и подходы // Молочная промышленность. 2015. № 4. С. 11–12.
4. Козлов А. Н. Повышение работоспособности доильной установки // Вестник ЧГАА. 2013. Т. 66. С. 42–47.
5. Козлов А. Н. Эффективность механической стимуляции коров в процессе молокоотдачи // АПК России. 2015. Т. 72. № 2. С. 57–62.
6. Козлов Н. А., Тимирбаева А. И. Повышение точности и достоверной оценки жесткости сосковой резины доильных аппаратов // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 68. С. 98–104.
7. На что влияет способ охлаждения молока на ферме / Л. А. Буйлова [и др.] // Молочная промышленность. 2009. № 5. С. 75.
8. Дмитриев Д. Н., Прокопенко Г. В. Генераторы ледяной воды: все выгоды новых технологий // Молочная промышленность. 2015. № 1. С. 27.
9. Маргелов Г. Ледяная вода и аккумуляторы холода // Молочная промышленность. 2009. № 5. С. 38.
10. Семенчук С. М. Ледяная вода: мифы и реальность // Молочная промышленность. 2009. № 5. С. 34–35.
11. Попов А. В., Двуреченский И. В. Инновационное оборудование для первичной обработки молока: разработка и эксплуатация // Молочная промышленность. 2009. № 11. С. 62–64.

Козлов Александр Николаевич, канд. техн. наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: alkoz2@yandex.ru.

* * *

УДК 629.331 : 004.94

КОМПОНОВКА ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ ЭЛЕКТРОБОЛИДА «ФОРМУЛЫ СТУДЕНТ» КЛАССА «ЭЛЕКТРИК»

Д. С. Коробков, Г. Р. Хазиев, В. Б. Присёлков, С. А. Малюгин

Рассмотрены возможные компоновки тягового электропривода для электроболида согласно регламенту соревнований «Формула студент» в классе «электрик». Для гоночного автомобиля важно обладать высокими динамическими свойствами, а это может быть достигнуто различными способами. В статье проанализированы плюсы и минусы следующих компоновок: центральный электродвигатель, плюс редуктор, плюс межколесный механический дифференциал; два бортовых электродвигателя, по одному на каждое ведущее колесо; электромотор-колеса (подварианты с двумя и четырьмя мотор-колесами). Приведены примеры использования различных компоновок, рассмотрена схема компоновки с центральным электродвигателем, предложено использование компоновки электромотор-колеса для реализации высоких динамических свойств электротранспорта, вместе с тем выявлены сложности, которые могут быть обнаружены при реализации предложенной схемы.

Ключевые слова: электроболид, «Формула студент», электрик, тяговый электропривод, мотор-колесо.

Целью настоящего исследования является выбор оптимальной компоновки тягового электропривода (ЭП) для электроболида согласно регламенту «Формула студент» в классе «электрик». Компоновка тягового электропривода существенно влияет на конструкцию, а также на технические показатели автомобиля. Так, в зависимости от компоновки тягового ЭП изменяется конструкция трансмиссии автомобиля. Выбор оптимальной компоновки тягового ЭП позволяет снизить массу автомобиля, улучшить динамические свойства и управляемость автомобиля, увеличить КПД трансмиссии и всего автомобиля в целом.

Согласно EV2.1.1 из технического регламента «Formula Student Electric» (FSE), число электрических двигателей не ограничено, разрешены любые типы электрических двигателей. EV1.1.2 Максимальное разрешенное напряжение, возникающее между двумя электрическими соединениями, различается на этапах соревнований и варьируется в диапазоне от 300–600 В, в которых есть класс электромобилей. Максимальная мощность для тягового двигателя составляет 80 кВт [1].

В зависимости от количества электроприводов (один, два или четыре) будет определена компоновка электропривода и трансмиссия.



Многообразие известных схем, конструкций и компоновочных решений тяговых приводов электромобилей укладывается в рамки трех основных вариантов:

- центральный электродвигатель, плюс редуктор, плюс межколесный механический дифференциал (подварианты с задним, передним и разнесенным их расположением);
- два бортовых электродвигателя, по одному на каждое ведущее колесо (подварианты с задним и передним расположением);
- электромотор-колеса (подварианты с двумя и четырьмя мотор-колесами) [2].

Центральный электродвигатель

На рисунке 1 представлена схема электромобиля Mitsubishi i-MiEV с одним тяговым ЭП[3].

Данная схема получила широкое распространение в начале развития электромобилей, так как схожа с классической компоновкой автомобиля с бензиновым двигателем, что говорит об универсальности схемы и минимальных изменениях в конструкции автомобиля. Также схема с центральным электродвигателем широко используется в автомобилях с комбинированной энергетической установкой. Главным недостатком данной компоновки является наличие сложной трансмиссии, что в свою очередь увеличивает массу и уменьшает КПД автомобиля.

Два бортовых электродвигателя, по одному на каждое ведущее колесо

Как правило, в соревнованиях «Формула студент» используется компоновка с двумя электроприводами, т.к. именно два электродвигателя равномерно распределяют крутящий момент между колесами, благодаря чему достигается максимальное ускорение. Данную компоновку используют такие команды, как «Формула Электрик МАДИ» – электро болид «Белуха», команда университета Дирбон штата Мичиган США – электро болид «E-205», команда «Полярный медведь» университета Манитобы, Канада – электро болид «E12» и др. [4]. На рисунке 2 схематично представлена компоновка двух бортовых электродвигателей.

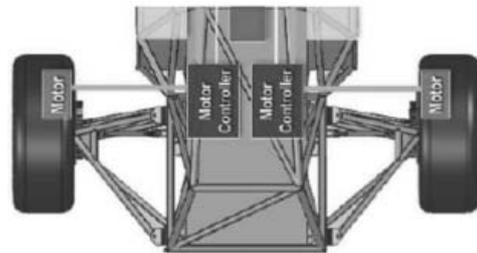
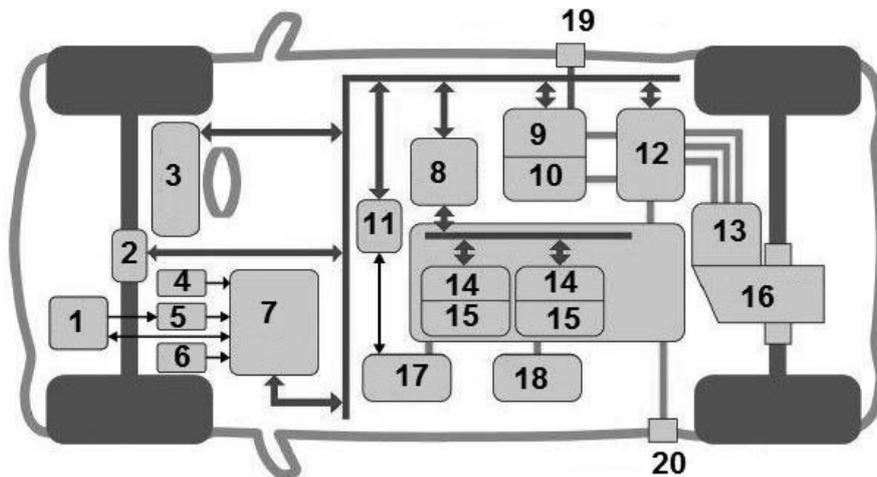


Рис. 2. Схема компоновки с двумя бортовыми электродвигателями



- 1 – датчик давления в тормозной системе; 2 – электроусилитель рулевого управления; 3 – приборная панель; 4 – датчик положения педали акселератора; 5 – датчик положения педали тормоза; 6 – датчик положения селектора переключения передач; 7 – блок управления электромобилем; 8 – блок управления аккумуляторной батареи; 9 – бортовое зарядное устройство; 10 – преобразователь постоянного тока; 11 – блок управления кондиционером; 12 – инвертор; 13 – электродвигатель; 14 – уровень зарядки аккумуляторной батареи; 15 – модуль аккумуляторной батареи; 16 – трансмиссия; 17 – компрессор кондиционера; 18 – отопитель; 19 – разъем для обычной зарядки; 20 – разъем для быстрой зарядки [3]

Рис. 1. Схема электромобиля Mitsubishi i-MiEV с одним тяговым ЭП

Помимо высокого ускорения на старте, применение двух тяговых электродвигателей позволяет избавиться от механического дифференциала, заменив его электронным. Применение электронного дифференциала снижает массу и увеличивает общее КПД электроболида. Также отказ от механического дифференциала обеспечивает простоту конструкции и увеличивает надежность электроболида.

Мотор – колесо

Идея применения электромотора, интегрированного прямо в колесо, давно привлекает разработчиков гибридов и электромобилей. Электрические мотор-колеса наделяют маши-

ну невиданными возможностями и преимуществами [5].

О перспективности данной компоновки говорит рекорд скорости от команды «GREEN TEAM», участвующей в FSE. Силовая установка рекордного болида состоит из четырех электромоторов и батареи емкостью 6,62 кВт/ч. При массе 160 килограмм удельная мощность экспериментального автомобиля выше, чем у Bugatti Veyron Super Sport или Porsche 918 Spyder [6].

На рисунке 3 показано устройство мотор-колеса фирмы Michelin [5].

В таблице 1 показаны основные достоинства и недостатки мотор-колеса.

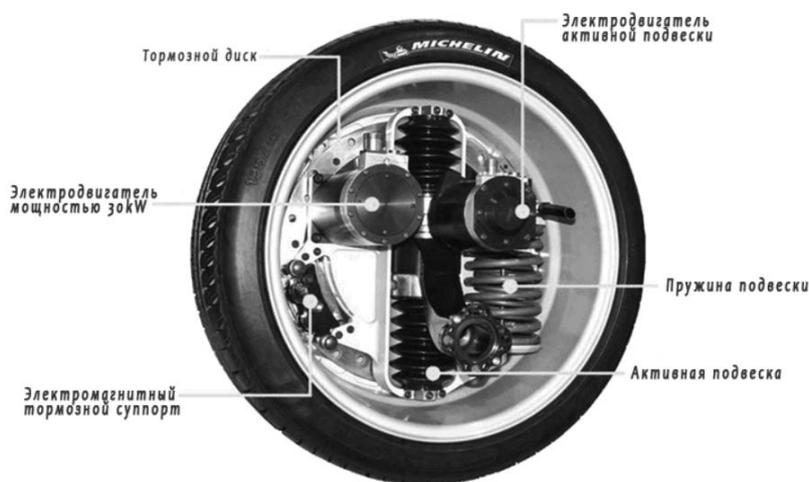


Рис. 3. Устройство мотор колеса, Michelin

Таблица 1 – Основные достоинства и недостатки мотор-колеса [5, 7, 8]

Мотор-колесо	
Достоинства	Недостатки
1. Отсутствие трансмиссии: 1.1 снижение общего веса электроболида; 1.2 экономия топлива; 1.3 надежность конструкции, снижение затрат на ремонт	1. Большая неподдресоренная масса (тяжелые колеса): 1.1 снижение управляемости на высоких скоростях; 1.2 повышенный износ подвески; 1.3 большие вибрации на кузов автомобиля
2. Повышенная динамика автомобиля: электродвигатели развивают максимальный крутящий момент сразу же, как только на них подается питание	2. Высокооборотные электродвигатели нуждаются в понижающем редукторе: редуктор должен быть компактным и герметичным
3. Увеличенная маневренность автомобиля: ведь все колеса могут вращаться с разной скоростью и даже в разных направлениях	3. Сложность конструкции, высокая стоимость: наличие микропроцессорного управления (с ростом скорости автомобиля увеличение стоимости электронных компонентов)
4. Упрощенная конструкция системы регенерации торможения	
5. Повышение активной безопасности движения: – любые алгоритмы систем ABS, ESP, Traction Control, Brake Assist и других легко программируются в блоке управления и могут воздействовать на каждое колесо индивидуально	



Выводы

На сегодняшний день наиболее перспективными компоновками тягового ЭП являются компоновки: с двумя бортовыми электродвигателями, по одному на каждое ведущее колесо и электромотор-колеса. Компоновка с центральным электродвигателем имеет существенный недостаток, в виде сложной трансмиссии. Компоновка с электромотор-колесами обладает высокими динамическими показателями, наибольшей удельной мощностью, а также увеличивает маневренность электроболида. Однако на пути массового внедрения мотор-колес стоит несколько нерешенных пока проблем. Главная из них – масса механизмов, помещаемых внутрь обода. Высокооборотные электродвигатели нуждаются в понижающем редукторе. Он должен быть компактным и герметичным. Редуктор добавляет несколько килограммов к общей массе колеса. Большая неподрессоренная масса, резко снижает комфорт и управляемость, повышают износ подвески, передают на кузов больше вибраций. Оптимальный вес колеса для среднеразмерного автомобиля составляет от 10 до 30 кг без учета шины. Вписаться в эти жесткие рамки мотор-колесу очень непросто. В свою очередь сложность конструктивного исполнения отражает высокую стоимость мотор-колеса.

Список литературы

1. Регламент «Formula Student Electric» (FSE). Режим доступа : <http://mylektsii.ru/3-5584.html>.

2. Пат. РФ № 2146623. Привод электро-мобиля / А. Д. Элизов [и др.]. Режим доступа : <http://www.freepatent.ru/patents/2146623>.

3. Электрический автомобиль. Режим доступа : <http://systemsauto.ru/engine/electric-car.html> (дата обращения: 2.11.2015).

4. Коробков Д. С. Разработка и исследование электроболида с учетом регламента «Формула студент» : дис. 2015.

5. Устройство и демонстрация работы мотор-колеса Michelin. Режим доступа : <http://autoesco.info/motwh.php>, устройство мотор колеса (дата обращения: 2.11.2015).

6. Немецкие студенты разогнали электро-мобиль до «сотни» менее чем за две секунды. Режим доступа : <http://www.kolesa.ru/news> (дата обращения: 2.11.2015).

7. Перспективы применения тягового электропривода на гусеничных машинах / А. А. Стадучин, Е. Б. Сарач // Наука и инновации. 2013. № 10(22). С. 49.

8. Анализ конструкций электромеханических преобразователей и выбор схемы электро-амортизатора неподрессоренных масс транспортного средства / А. Н. Сергиенко, Б. Г. Любарский, В. Б. Самородов, Н. Е. Сергиенко // Автомобильный транспорт. 2012. № 31. С. 18.

Коробков Денис Сергеевич, аспирант, кафедра «Электрооборудование и электронные системы автомобилей и тракторов», ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (Национальный исследовательский институт).

E-mail: denkorobkov@yandex.ru.

Хазиев Глеб Романович, студент АТ факультета, ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (Национальный исследовательский институт).

E-mail: glebhaziev@gmail.com.

Присёлков Владислав Борисович, магистрант, кафедра «Электрооборудование и электронные системы автомобилей и тракторов», ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (Национальный исследовательский институт).

E-mail: priselkoff@yandex.ru.

Малюгин Сергей Александрович, аспирант, кафедра «Электрооборудование и электронные системы автомобилей и тракторов», Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский институт).

E-mail: chelboy174@mail.ru.

* * *

КОНТРОЛЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВЫПУСКНОГО ТРАКТА ДВС

Н. Е. Кошелев

Автором разработаны новый способ диагностирования системы выпуска автомобилей и диагностическое средство для его реализации. Отказы, связанные с системой мониторинга выпускного тракта являются первыми в ряду неисправностей систем двигателя внутреннего сгорания. Анализ отказов элементов системы выпуска показывает, что наиболее уязвимы и подвержены отказам каталитический нейтрализатор и датчик кислорода. Анализ методов и средств диагностирования позволил выявить: наиболее перспективным направлением является разработка тестовых методов диагностирования выпускного тракта. При диагностировании производится анализ отдельных участков осциллограммы количества газов в цилиндре в зависимости от угла поворота коленчатого вала при обеспечении тестового нагружения (воздействия). Тестовое воздействие обеспечивается путем полного и частичного отключения искрообразования и топливоподачи в диагностируемый цилиндр двигателя. При этом баланс индикаторной мощности и мощности механических потерь характеризует техническое состояние ДВС. Данный баланс определяется по установленному значению частоты вращения ДВС на заданном тестовом режиме. Также оценивается выбег коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания и сопротивление выпускной системы. Процесс диагностирования с использованием данных диагностических параметров позволяет с высокой достоверностью определять техническое состояние системы выпуска отработавших газов. В результате проведенных исследований получен патент на изобретение Российской Федерации № 2011139288 на данный метод и приборные средства его реализации.

Ключевые слова: система выпуска, диагностирование, диагностические параметры, каталитический нейтрализатор, датчик кислорода, сопротивление выпускного тракта.

Актуальность темы

Автомобили являются самым распространенным источником загрязнения окружающей среды. В настоящее время с целью снижения загрязнений проводятся многочисленные мероприятия [1–8]. Постоянно разрабатываются законодательные международные и национальные требования, накладывающие ограничение на степень этого загрязнения. При этом конструкции автомобилей подвергаются непрерывному совершенствованию [8–11]. Для повышения эксплуатационных свойств ДВС на сегодня используются [7, 8]: 1. Измерение тока ионизации; 2. Определение пропусков воспламенения

смеси и детонационного сгорания измерением силы ионного тока; 3. Применение систем зажигания с двумя свечами на один цилиндр; 4. Смещение фазы (от 10° поворота коленчатого вала при средней и большой нагрузке до 0° поворота коленчатого вала при малой нагрузке, а также при снижении нагрузки); 5. Управление фазами.

Мероприятия по снижению токсичности [1–8]: 1. Рециркуляция отработавших газов (система EGR); 2. Изменение фаз газораспределения; 3. Создание вихревого движения смеси во впускном канале и оптимизация формы камеры сгорания (работа на переобедненных рабочих



смесях $\lambda = 1,4 \dots 1,6$; 4. Конструкция свечи зажигания, ее положение в камере сгорания, а также энергия и продолжительность искрового разряда; 5. Вентиляция картера ДВС; 6. Очистка отработавших газов. Термическое дожигание; 7. Каталитическое дожигание; 8. Использование систем с обратной связью с применением кислородных датчиков; 9. Точные таблицы изменения угла опережения зажигания (УОЗ).

Целью настоящей работы является повышение эффективности диагностирования элементов системы выпуска ДВС путем контроля отдельных участков осциллограммы количества газов в цилиндре в зависимости от угла поворота коленвала при обеспечении тестового нагружения; выбега коленчатого вала ДВС и сопротивления выпускной системы.

Проведенный анализ факторов, влияющих на техническое состояние элементов системы выпуска показывает, что наиболее уязвимы и подвержены отказам – каталитический нейтрализатор и датчик кислорода (далее в тексте λ -зонд). Поэтому при эксплуатации ДВС необходимо осуществлять процесс контроля технического состояния данных элементов выпускного тракта [10–13].

Проведенный анализ методов и средств диагностирования позволил выявить их основные преимущества и недостатки. Наиболее перспективным направлением является разработка новых тестовых методов диагностирования выпускного тракта с использованием осциллографа Постоловского и отключателя электромагнитных форсунок [7–16]. В данном случае использование отключателя электромагнитных форсунок позволяет задавать нагрузочные тестовые режимы для повышения чувствительности диагностических признаков [17–24].

Теоретические исследования

С целью выбора диагностических режимов и параметров рассмотрим известные в практике диагностирования и эксплуатации автомобилей зависимости. Проведем их анализ.

Степень очистки отработавших газов определяется [7, 8, 12, 14]:

$$\delta = 1 - \exp\left(-\frac{0,41 \cdot a \cdot l}{\text{Re}_3^{0,25}}\right), \quad (1)$$

где δ – степень очистки отработавших газов;

a – удельная поверхность гранул катализатора, $\text{м}^2/\text{г}$;

l – толщина слоя катализатора, м;

Re_3 – эффективное число Рейнольдса.

Перепад давления на слое каталитического нейтрализатора:

$$\Delta P_{\text{сл}} = \frac{G^2}{F^2 \cdot \rho} \cdot \frac{a \cdot l}{2 \cdot \varepsilon^2} \cdot f_3, \quad (2)$$

где G – массовый расход отработавших газов, $\text{кг}/\text{с}$;

F – площадь реактора, м^2 ;

ρ – плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ε – пористость слоя катализатора;

f_3 – коэффициент сопротивления.

Коэффициент сопротивления определяется:

$$f_3 = \frac{36,4}{\text{Re}_3} + 0,45. \quad (3)$$

Эффективное число Рейнольдса:

$$\text{Re}_3 = \frac{4 \cdot G}{F \cdot \mu \cdot a}, \quad (4)$$

где μ – динамическая вязкость газа, $\text{Па} \cdot \text{с}$.

Для примера рассмотрим влияние технического состояния системы выпуска (увеличенное сопротивление) на мощность ДВС (по снижению частоты вращения коленчатого вала ДВС) [7, 11, 13, 15, 16]:

$$n_{\text{н1}} = n_{\text{р1}} \pm \Delta n_{\text{р1}}, \quad (5)$$

где $n_{\text{н1}}$ – частота вращения коленчатого вала исправного ДВС (табличное значение), мин^{-1} ;

$n_{\text{р1}}$ – реальное значение частоты вращения коленчатого вала неисправного ДВС, мин^{-1} ;

$\pm \Delta n_{\text{р1}}$ – увеличение или уменьшение частоты вращения коленчатого вала ДВС, связанное с неисправностью системы выпуска, мин^{-1} .

Из представленного выражения (5) видно, что реальное (фактическое) значение частоты вращения коленчатого вала ДВС $n_{\text{р1}}$ при диагностировании отличается от табличного значения $n_{\text{н1}}$ на величину $\Delta n_{\text{р1}}$. Величина $\pm \Delta n_{\text{р1}}$ зависит от технического состояния элементов системы выпуска. При исправности элементов системы выпуска $n_{\text{н1}} = n_{\text{р1}}$, что даст в выражении (5) $n_{\text{р1}}/n_{\text{н1}} = 1$. При неисправности системы выпуска отношение $n_{\text{р1}}/n_{\text{н1}} \neq 1$, а значение мощности реального ДВС будет отличаться от значения мощности исправного (эталонного) ДВС [7, 8].

Рассмотрим теоретические аспекты, связанные с выбегом ДВС.

Моменты сопротивления вращающихся деталей ДВС M_t постоянен и практически не зависит от угловой скорости [7, 10, 11, 12, 14]. С учетом этого угловое ускорение (замедление) ε коленчатого вала:

$$\varepsilon = \frac{\partial \omega}{\partial \tau} = -\frac{1}{j}(M_{\tau} + k\omega), \quad (6)$$

где ω – угловая скорость вращения, рад/с;
 τ – временной интервал, с;
 j – момент инерции вращающихся деталей ДВС;
 k – степень влияния ω на коэффициент трения.

Решение дифференциального уравнения (6) при начальных условиях $\omega = \omega_0$ и $\tau = 0$ дает зависимость ω от τ :

$$\omega = \frac{\varepsilon_0}{k} e^{-\frac{k}{j}\tau} - \frac{M_{\tau}}{k}, \quad (7)$$

где ε_0 – ускорение (замедление) в начальный момент времени ($\tau = 0$).

Ускорение (замедление) в начальный момент времени ($\tau = 0$):

$$\varepsilon_0 = -\frac{1}{j}(M_{\tau} + k\omega_0). \quad (8)$$

Время (продолжительность) выбега τ_b определяется из выражения (8) при условии $\omega = 0$. После логарифмирования и преобразований получим:

$$\tau_b = \frac{j}{k} \ln \left(\frac{-\varepsilon_0 j}{M_{\tau}} \right). \quad (9)$$

При измерении выбега угловую скорость коленчатого вала можно записать в виде:

$$\omega = \omega_0 e^{-a\tau} - \omega_n, \quad (10)$$

где ω_n – снижение угловой скорости вала ротора из-за установки дополнительного сопротивления на выхлопе, рад/с;

a – конструктивный параметр.

Время выбега τ_b можно определить из выражения (10) при $\omega = 0$:

$$\tau_b = \frac{1}{a} \ln \frac{\omega_n}{\omega_0}. \quad (11)$$

Методика диагностирования системы выпуска

Для диагностирования выпускного тракта поршневых двигателей внутреннего сгорания подсоединяют отключатель электромагнитных форсунок к штатным электромагнитным форсункам [7, 8, 12, 17, 18, 19, 20, 24]. При помощи отключателя обеспечивается тестовое воздействие на объект диагностирования, а также подсоединяется осциллограф Постоловского, которым измеряют давление в цилиндре ДВС и снимают сигналы с датчиков коленчатого вала и распределительного валов [7, 8, 12, 16]. Данные диагностические средства представлены на рисунке 1.

Диагностирование производят в следующем порядке. Запускают двигатель. Задают номинальную частоту вращения коленчатого вала двигателя при помощи дроссельной заслонки автомобиля. Поддерживая ее неизменное значение, отключателем электромагнитных форсунок выключают одновременно все цилиндры. За время от момента выключения цилиндров двигателя до его полной остановки осциллографом Постоловского измеряют число оборотов коленчатого вала [7, 8, 12, 16].

Сравнивают измеренное число оборотов коленчатого вала с эталонным (за эталон принимают число оборотов коленчатого вала для нового двигателя). Чем меньшее количество оборотов делает двигатель до полной остановки, тем больше сопротивление выпускного тракта.



а



б

Рис. 1. Диагностические средства: а – осциллограф Постоловского с датчиком давления; б – отключатель электромагнитных форсунок



1 – сигнал давления в первом цилиндре ДВС; 2 – импульс системы зажигания

Рис. 2. Развертка осциллограммы осциллографа Постолювского

Таблица 2 – Затраты энергии на газообмен за один цикл работы двигателя

Техническое состояние двигателя	Затраты энергии, Дж	Затраты энергии, %
Исправный двигатель	145	100
Увеличено сопротивление выпуску на +8,62 кПа	178	123

При проведении экспериментальных исследований развертка осциллограммы осциллографа Постолювского выглядела следующим образом (рис. 2).

Исследования проводились: 1) при штатном режиме выбега ДВС и закрытой заслонке; 2) при штатном режиме выбега ДВС и 100% открытой заслонке; 3) при установке искусственного сопротивления в выпускную систему и 100% открытой заслонке.

Увеличение сопротивления выпускного тракта двигателя приводит к уменьшению мощности ДВС. Согласно нормативно-технической документации уменьшение номинальной мощности двигателя на 15% считается отказом. Практика эксплуатации и диагностирования двигателей показывает, что предельное значение мощности наблюдается при сопротивлении выпускного тракта + 8,62 КПа [7, 12, 14].

Проведенные измерения и расчеты энергии, затрачиваемой на преодоление потерь на газообмен при нормальном техническом состоянии двигателя ЗМЗ 4062 и при предельно увеличенном сопротивлении на выпуске представлены в таблице 2.

Анализ результатов расчетов, представленных в таблице 2, показывает, что предельное

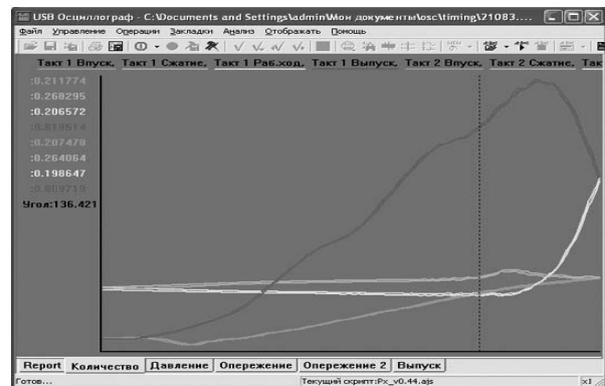


Рис. 3. Осциллограмма количества газов в цилиндре в зависимости от угла поворота коленчатого вала:

крайнее левое положение графика совпадает с ВМТ; крайнее правое положение графика совпадает с НМТ; зеленый – такт впуска; синий – такт сжатия; желтый – такт рабочего хода; красный – такт выпуска

увеличение сопротивления выпуску отработавших газов увеличивает затраты энергии на газообмен на 23% за цикл [7, 14].

При проведении измерений также снимается осциллограмма количества газов в цилиндре в зависимости от угла поворота коленчатого вала рисунок 3.

При диагностировании проводится анализ отдельных участков осциллограммы количества газов в цилиндре в зависимости от угла поворота коленвала при обеспечении тестового нагружения [12, 14, 16].

Результаты экспериментальных исследований

В результате проведенных исследований получены следующие данные:

1) при штатном режиме выбега ДВС и закрытой заслонке – 61 оборота до полной остановки; 2) при штатном режиме выбега ДВС и 100% открытой заслонке – 88 оборотов до полной остановки; 3) при установке искусственного сопротивления в выпускную систему и 100% открытой заслонке – 51 оборот до полной остановки.

Испытания проводились на тестовых режимах, при которых сравнивались изменения участков осциллограмм на выпуске до установления сопротивления в выпускном тракте и после установления сопротивления в выпускном тракте.

Кроме того, выполнялся расчет скрипта (самостоятельной диагностической программой) в виде диаграммы затрат на выпуск до установления повышенного сопротивления на выпуске и после установления сопротивления (рис. 4).

Также проводилось измерение времени выбега автомобиля в двух режимах: 1) от 4000 мин⁻¹ до 900 мин⁻¹; 2) от 5500 мин⁻¹ до 900 мин⁻¹. Расчет времени осуществлялся автоматически при помощи скрипта программы.

Результаты проведенных измерений представлены на рисунках 5 и 6.

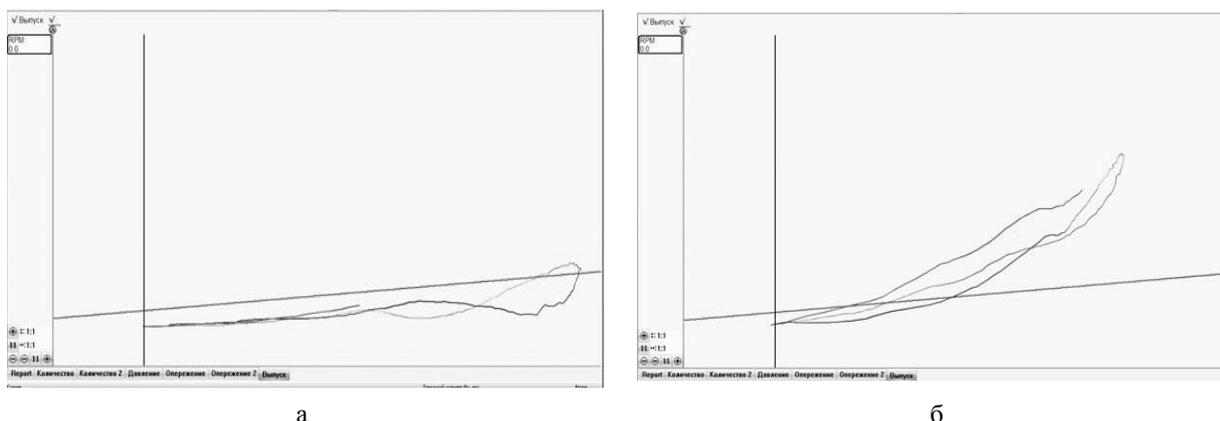


Рис. 4. Диаграмма затрат на выпуск: а – до установления повышенного сопротивления на выпуске; б – после установления повышенного сопротивления на выпуске

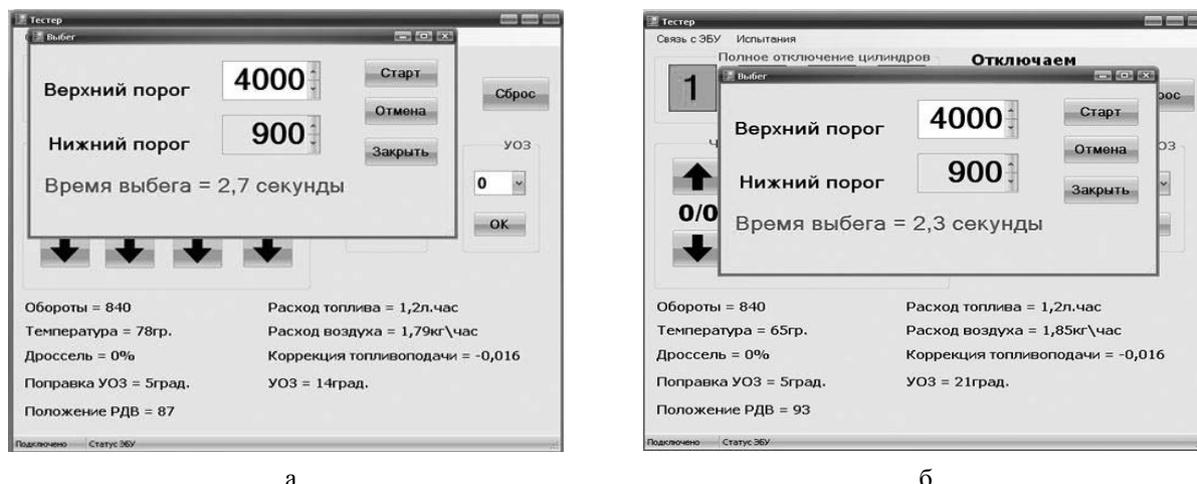
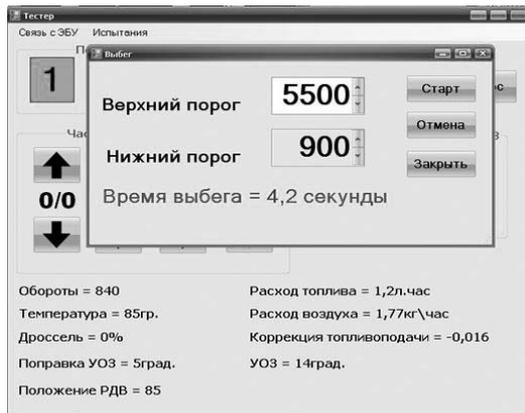
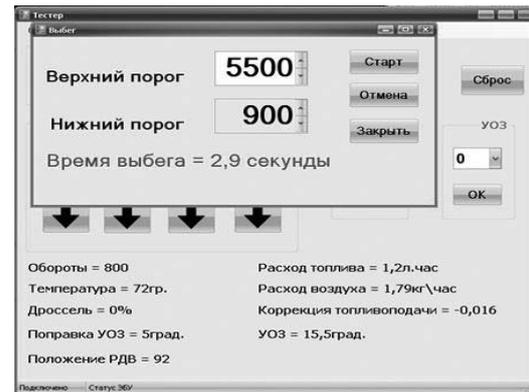


Рис. 5. Динамика изменения времени выбега в зависимости от сопротивления в выпускном тракте: а – без сопротивления; б – с сопротивлением



а



б

Рис. 6. Динамика изменения времени выбега в зависимости от сопротивления в выпускном тракте:
а – без сопротивления; б – с сопротивлением

Выводы

Проведенные исследования показали, что систему выпуска можно диагностировать при использовании нового тестового метода диагностирования. При диагностировании измеряют и ведут анализ по трем диагностическим параметрам: числу оборотов коленчатого вала ДВС до полной остановки, диаграмме затрат на выпуск и времени выбега. Экспериментально получено: 1) при штатном режиме выбега ДВС и закрытой заслонке – 61 оборота до полной остановки; 2) при штатном режиме выбега ДВС и 100% открытой заслонке – 88 оборотов до полной остановки; 3) при установке искусственного сопротивления в выпускную систему и 100% открытой заслонке – 51 оборот до полной остановки. В результате исследований установлена большая чувствительность времени выбега при частоте вращения 5500 мин^{-1} по отношению к 4000 мин^{-1} .

Список литературы

1. Гребенников А. С. Диагностирование автотракторных двигателей по внутрицикловым изменениям угловой скорости коленчатого вала : дис. ... докт. техн. наук. Саратов, 2002. 292 с.
2. Иванов Р. В. Диагностирование ДВС по параметру мощности механических потерь : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2010. 40 с.
3. Лешаков И. А., Кравченко И. Н., Ерофеев М. Н. Математическая модель расчета основных параметров каталитических нейтрализаторов // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 5. С. 76–80.

4. Улучшение эксплуатационных характеристик двигателя с применением нанотехнологий / С. М. Гайдар, В. Н. Свечников, А. Ю. Усманов, М. И. Иванов // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 111. С. 4–8.

5. Исаенко П. В., Исаенко В. Д. К расчету гидравлического сопротивления очистительнейтрализатора для систем выпуска отработавших газов машин автотранспортного комплекса // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2006. № 1. С. 95–106.

6. Исаенко В. Д., Исаенко А. В., Исаенко П. В. Основы теории надежности и диагностика автомобилей : учеб. пособие / Федеральное агентство по образованию, гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Томский гос. архитектурно-строит. ун-т. Томск, 2007. 238 с.

7. 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.

8. Гриценко А. В. Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем питания и смазки двигателей внутреннего сгорания (экспериментальная и производственная реализация на примере ДВС автомобилей) : автореф. дис. ... докт. техн. наук. Челябинск, 2014. 40 с.

9. Гриценко А. В. Диагностирование подшипников кривошипно-шатунного механизма двигателя внутреннего сгорания по параметрам

пульсации давления в центральной масляной магистрали : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2009. 189 с.

10. Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем топливоподачи и смазки двигателей внутреннего сгорания / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, К. И. Лукомский, В. В. Волынкин // *Аграрный вестник Урала*. 2014. № 7(125). С. 51–58.

11. Диагностирование системы выпуска двигателей внутреннего сгорания путем контроля сопротивления выпускного тракта / А. М. Плаксин [и др.] // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 8. Ч. 2. С. 322–326.

12. Диагностирование системы впуска двигателей внутреннего сгорания методами тестового диагностирования / А. М. Плаксин [и др.] // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 8. Ч. 5. С. 1053–1057.

13. Плаксин А. М., Гриценко А. В. Разработка средств и методов тестового диагностирования машин // *Вестник КрасГАУ*. 2013. № 12. С. 123–128.

14. Пат. на изобретение № 2474805. Способ диагностирования выпускного тракта поршневых двигателей внутреннего сгорания / С. С. Куков, А. В. Гриценко, К. А. Цыганов, А. В. Горбунов ; опубл. 27.02.13, Бюл. № 6.

15. Гриценко А. В., Плаксин А. М., Цыганов К. А. Концептуальные вопросы разработки тестовых систем диагностирования мобильных энергетических средств // *АПК России*. 2013. Т. 65. С. 9–19.

16. Гриценко А. В., Плаксин А. М. Диагностирование системы питания ДВС // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2014. № 1. С. 24–26.

17. Гриценко А. В., Куков С. С. Диагностирование систем ДВС на тестовых статических режимах // *Вестник ЧГАА*. 2012. Т. 61. С. 31–38.

18. Гриценко А. В. Диагностирование систем двигателя внутреннего сгорания бестормозным методом с перераспределением цилиндрических нагрузок // *Вестник ЧГАА*. 2011. Т. 58. С. 108–110.

19. Гриценко А. В., Куков С. С. Разработка эффективных средств и методов диагностирования двигателей внутреннего сгорания автомобилей // *Вестник ЧГАА*. 2011. Т. 58. С. 111–117.

20. Гриценко А. В., Бакайкин Д. Д., Куков С. С. Способ диагностирования системы топливоподачи двигателей внутреннего сгорания легковых автомобилей // *Вестник ЧГАА*. 2011. Т. 59. С. 30–32.

21. Гриценко А. В. Разработка средств и методов диагностирования с частично параллельным резервированием элементов, а также с устранением лишних диагностических операций и диагностических параметров // *Вестник КрасГАУ*. 2012. № 7. С. 120–125.

22. Формирование инвестиционного механизма в сфере технического сервиса в сельском хозяйстве : монография / В. И. Черноиванов [и др.] ; под общ. ред. В. И. Черноиванова. М. : ГОСНИТИ, 2013. 298 с.

23. Гриценко А. В. Концепция развития методов и средств диагностирования автомобилей // Матер. ЛП междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2013. Ч. III. С. 42–49.

24. Гриценко А. В., Куков С. С. Обоснование и разработка эффективных систем диагностирования двигателей внутреннего сгорания мобильных сельскохозяйственных машин // Матер. VI междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2012. Ч. III. С. 20–25.

Кошелев Никита Евгеньевич, аспирант, кафедра «Эксплуатация автотранспорта и производственное обучение», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: mr.chigi@mail.ru.

* * *

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ И ПАРАМЕТРОВ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕШЕХОДОВ НА НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ

О. Н. Ларин, К. В. Глемба, А. В. Гриценко

Повышение безопасности пешеходов путем совершенствования технического обеспечения дорожного движения на нерегулируемых пешеходных переходах в условиях недостаточной видимости является актуальной научно-технической задачей. В результате исследований определена классификация дорожно-транспортных ситуаций, позволяющая учитывать наиболее важные факторы: движение в торможении, без торможения, без превышения скорости, с превышением скорости, слева-направо, справа-налево, в ночное время и в различных погодных условиях. Рассмотрены факторы: скорость пешехода и автомобиля, направление движения пешехода и т.п. Была создана принципиально новая классификация факторов в условиях недостаточной видимости. Приводится методика экспериментальных исследований, описываются приборные средства измерения его параметров. Разработана математическая модель процесса сближения транспортного средства и пешехода в условиях недостаточной видимости, которая позволяет определить расстояние от транспортного средства до места предполагаемого наезда на пешехода с учетом скорости движения транспортного средства, пешехода и направления движения пешехода, а также выявить ранее неизвестные опасные зоны для пешехода относительно транспортного средства. Разработана имитационная модель и алгоритм анализа дорожно-транспортных происшествий и установлена закономерность влияния скорости пешехода и автомобиля, а также направления движения пешехода на путь, пройденный автомобилем от места наезда до его полной остановки. Имитационная модель позволяет определить положение автомобиля в моменты возникновения опасной ситуации, наезда, остановки транспортного средства. Вложения в обустройство нерегулируемых пешеходных переходов сократят величину ущерба от гибели и ранения людей. Коэффициент эффективности предложенных мероприятий составляет в среднем 7,6 ед., а окупаемость проекта – 1,5 мес.

Ключевые слова: пешеход, манекен-пешеход, водитель, безопасность дорожного движения, наезд, нерегулируемый пешеходный переход, видимости, обзорность, информативность, организация движения, скорость пешехода и автомобиля.

Актуальность темы

Обеспечение безопасности дорожного движения (БДД) является одной из форм реализации единой государственной политики в области охраны жизни, здоровья и имущества граждан путем предупреждения дорожно-транспортных происшествий (ДТП), снижения тяжести их последствий. Анализ существующих в России проблем в сфере БДД показал, что принципиальные вопросы ее обеспечения не решены: подготовленность дорожной инфраструктуры, финансирование и дисциплинированность участников дорожного движения. Автомобильный транспорт по числу ДТП

значительно опережает железнодорожный, авиационный и водный транспорт. Тяжесть последствий в России – 12 погибших на 100 пострадавших в результате ДТП, и это в 4–5 раз больше, чем в странах ЕЭС. Пешеходы – одна из самых многочисленных и уязвимых категорий участников дорожного движения (ДД). В России ежегодно совершается около 70 тыс. наездов на пешеходов: каждое четвертое ДТП (с пострадавшими) – это наезд на пешехода. В крупных городах до половины всех ДТП – наезды на пешеходов, из них на пешеходных переходах происходит каждый третий наезд на пешехода, в т.ч. по вине водителей в 86% случаев.

ДТП с участием пешеходов происходят по многим причинам, среди которых есть как технологические (не решаются задачи по организации и управлению ДД), так и человеческие факторы. Наезды на пешеходов могут произойти как по причине ошибок водителей, так и из-за ошибок в поведении пешеходов [1–4].

Анализ исследований показал, что основной причиной наезда на пешехода является недостаточная видимость в темное время суток. По статистике 2014 г. наезды на пешехода в темное время суток составляют 39,5% всех ДТП, что превышает дневной показатель примерно на 10%, при этом интенсивность движения транспорта в это время суток ниже на 15...20%, чем днем. Риск получить смертельные травмы пешеходами в темное время повышается на 43,9% по сравнению с дневным временем суток. Как следствие, в темное время суток гибнет 69,1% от всех погибших пешеходов. Таким образом, повышение безопасности пешеходов путем совершенствования технического обеспечения ДД на нерегулируемых пешеходных переходах в условиях недостаточной видимости является актуальной научно-технической задачей [1–25].

В результате была поставлена цель исследований – повышение БДД на нерегулируемых пешеходных переходах за счет совершенствования технического обеспечения ДД.

Рабочая гипотеза состоит в том, что повышение БДД пешеходов на нерегулируемых пешеходных переходах возможно путем установления зависимостей процесса сближения транспортного средства и пешехода в условиях недостаточной видимости на основе совершенствования информативности в системе «дорога-пешеход».

Теоретические исследования

Были рассмотрены следующие сопутствующие факторы, влияющие на ДТП: скорость пешехода и автомобиля, направление движения пешехода и т.п. На основе анализа были выбраны основные факторы, которые объединены в матрицу, показанную на рисунке 1.

В матрице каждый элемент характеризует определенный фактор и может принимать значения «0» или «1», в зависимости от принимаемых значений показателей, характеризующих фактор. Поскольку каждый элемент матрицы может принимать 2 значения, то существует N вариантов:

$$N = k^n = 2^4 = 16, \tag{1}$$

где n – число факторов;

k – число уравнений для каждого фактора.

Приведенная матрица состояния позволила охарактеризовать 16 видов дорожно-транспортных ситуаций (ДТС) и объединить их в группы (рис. 2). На основе анализа была создана принципиально новая классификация факторов в условиях недостаточной видимости.



Рис. 1. Матрица состояния сопутствующих факторов, влияющих на ДТП

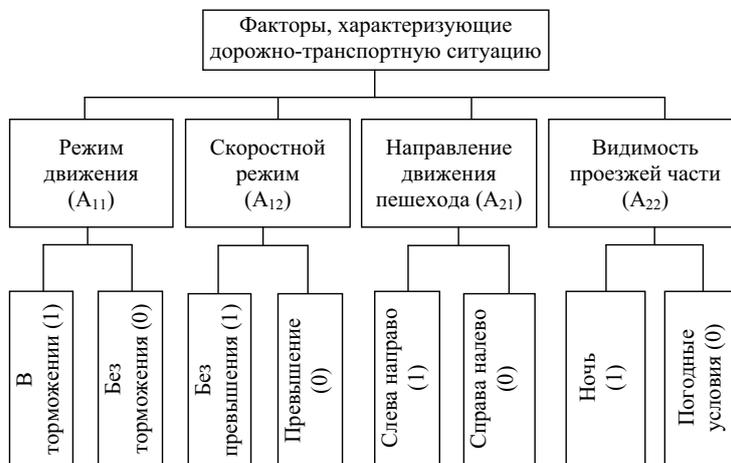


Рис. 2. Новая классификация факторов в условиях недостаточной видимости



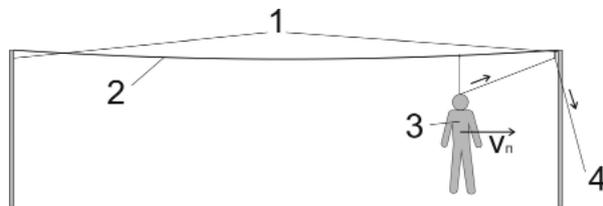
Методика исследований

При проведении эксперимента использовался прибор-измеритель «Эффект-02», который предназначен для измерения параметров эффективности торможения автотранспортных средств и устойчивости в этом режиме. Метод дорожных испытаний применялся по требованиям ГОСТ в области БДД. На момент проведения эксперимента прибор «Эффект-02» был проверен на работоспособность согласно существующей методике.

Условия проведения эксперимента. Транспортное средство: автомобиль «Лада Калина», технически исправное, загрузка – 1 пассажир, шины колес без ошиповки. Время суток – сумерки, искусственное освещение отсутствует. Тип дорожного покрытия – асфальтобетон, состояние покрытия – сухое, продольный профиль – горизонтальный участок (прямая в плане). Прибор «Эффект-02» устанавливался в салоне автомобиля в вертикальном рабочем положении. Прибор крепился с помощью прижима на вертикальной плоскости стекла левой двери автомобиля. Стрелка расположения прибора совпадала с направлением движения проверяемого автомобиля. На педаль тормозной системы устанавливался датчик усилия. Кабель датчика подключался к аккумуляторной батарее, входящей в комплект прибора. После включения прибора вводилась категория транспортного средства (М 1) в снаряженном состоянии, а также дата изготовления транспортного средства.

С целью имитации движения пешехода через проезжую часть была создана экспериментальная установка для передвижения манекена пешехода (рис. 3) [26, 27].

Для проверки эффективности действия тормозной системы автомобиля его разгоняли до скоростей 40, 50 и 60 км/ч, далее затормаживали



1 – вертикальные столбики, установленные по обе стороны от проезжей части; 2 – трос, по которому с помощью оператора перемещается манекен; 3 – манекен-пешеход; 4 – оператор манекена

Рис. 3. Экспериментальная установка для передвижения манекена пешехода

в режиме экстренного торможения однократным нажатием на тормозную педаль при отсоединенном от трансмиссии двигателе. В результате каждого эксперимента на индикаторе прибора отображались следующие значения величин: S_i – измеренное значение длины тормозного пути, м; S_n – пересчитанная норма тормозного пути, м; J – установившееся замедление, м/с²; V_0 – начальная скорость торможения, км/ч; t – время срабатывания тормозной системы, с; F – усилие нажатия на педаль, Н.

Экспериментальные замеры проводились по методике полнофакторного эксперимента в зависимости от скорости движения автомобиля, пешехода и направления движения пешехода. Дальность общей видимости определялась в условиях, максимально приближенных к условиям рассматриваемого ДТП, при этом наблюдатель с места водителя замечает место, до которого в свете фар просматривается дорога перед автомобилем. Один из участников эксперимента медленно уходит от передней части автомобиля по траектории его движения, держа на высоте 15–20 см от поверхности дороги лист белой бумаги, имитирующий препятствие. В процессе перемещения лист попеременно поворачивается к наблюдателю плоскостью или ребром. Когда наблюдатель перестает различать бумагу на общем фоне, то дает сигнал остановиться. Место остановки фиксируют. Затем замеряется расстояние между передней частью автомобиля и зафиксированным местом остановки. Система «транспортное средство – пешеход» устанавливается на полосе движения автомобиля за 300 м до места наезда на пешехода.

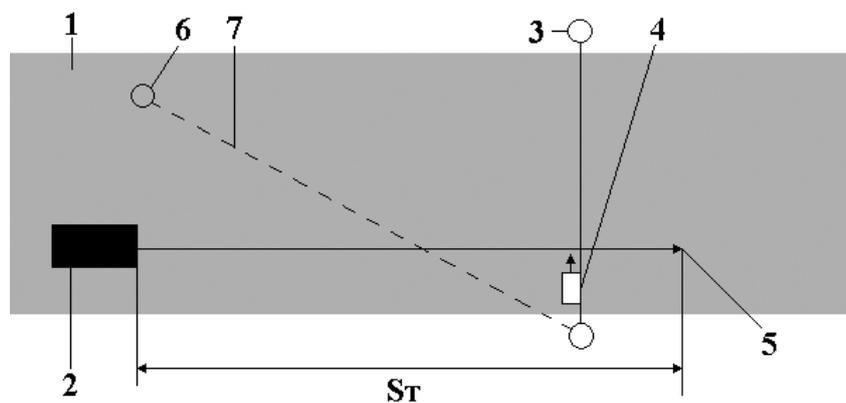
В процессе исследований по определению общей видимости устанавливаются критерии и фиксируются следующие параметры: (Y) критерий – показатель общей видимости; (X) фактор – факторы, влияющие на показатель общей видимости Y , где $Y = f(X)$.

Разработана методика по определению конкретной видимости пешехода в условиях недостаточной видимости. Эксперимент проводился отдельно для разных направлений движения пешехода (справа-налево и слева-направо относительно направления движения автомобиля), в практической реализации эксперимента участвовали 4 человека: 1 водитель, 1 оператор манекена и 2 измерителя (рис. 4).

Для ориентирования и управления скоростным режимом на земле устанавливается фонарь 6 (см. рис. 4) с прозрачной синей пленкой и лучом света, направленным на оператора

манекена. В момент пересечения движущимся автомобилем луча синего света оператор манекена начинает его перемещение со скоростью, определенной для выбранного измерения. Первый измеритель располагается на обочине, вблизи места наезда, с предполагаемым местом остановки транспортного средства и фиксирует место остановки транспортного средства, далее вместе с оператором манекена производит измерение расстояния между местом наезда и полной остановки транспортного средства с помощью лазерной рулетки (рис. 5). Второй измеритель заносит показания прибора в соответствующую строку таблицы. Перед началом измерений рекомендуется провести пробные измерения для установления недочетов и ошибок, которые могут возникнуть.

В результате измерения получаются данные о длине S_T (тормозного пути) и измеряется S''_T (путь, пройденный автомобилем от места «наезда» до полной остановки). Рассчитывается остановочный путь S_0 , а также путь, пройденный автомобилем от места принятия решения о торможении (момент обнаружения пешехода, который в экспертной практике считается также моментом возникновения опасности S_a) до места наезда нахождение разности между S_0 и S''_T , он же является конкретной видимостью S_B при выбранной скорости. Для каждого опыта проводятся три повторности, таким образом общее количество измерений составляет 36 для обоих этапов эксперимента. В результате измерений экспериментальным прибором получаются данные: начальная скорость V_a в момент торможения



1 – проезжая часть; 2 – автомобиль и направление его движения (направление неизменно, скорость V_a меняется в зависимости от конкретного эксперимента); 3 – экспериментальная установка для передвижения манекена (пешехода); 4 – манекен (пешеход) и направление его движения (направление и скорость зависят от конкретного этапа эксперимента); 5 – место окончательной остановки автомобиля; 6 – фонарь с направленным освещением; 7 – луч света фонаря

Рис. 4. Схема эксперимента

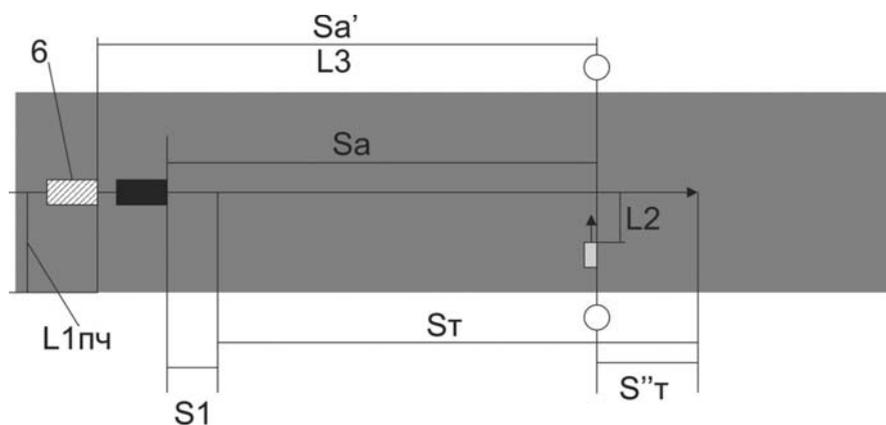


Рис. 5. Схема фиксации места остановки транспортного средства и измерения параметров



ния, тормозной путь S_p , установившееся замедление $J_{уст}$, которые потом заносятся в таблицу.

Результаты эксперимента и их анализ

С целью определения аварийноопасных ситуаций был проведен двухфакторный эксперимент с тремя повторностями. В качестве факторов были выбраны скорости автомобиля и передвижения пешехода. Эксперимент проводился отдельно для случая перемещения манекена-пешехода по нерегулируемому пешеходному переходу справа-налево и слева-направо относительно направления движения автомобиля, которая была выбрана в пределах допустимых скоростей для населенного пункта согласно регламенту. Скорости передвижения пешехода соответствовали двум пороговым значениям при его средних нормативных скоростях во время обычного и быстрого шага.

Для анализа полученных результатов использовалась линейная регрессия, поскольку основной целью эксперимента является определение степени детерминированности вариаций, зависимой переменной предикторами (независимыми переменными). Также необходимо было создать модель, предсказывающую значение зависимой переменной с помощью независимой и определить вклад отдельных не-

зависимых переменных в вариацию критериальной переменной. В качестве основного математического инструментария выбран метод наименьших квадратов. Расчеты проводились в программе PASWStatistics 18.

Первым в многофакторном эксперименте проводилось перемещение манекена-пешехода обычным и быстрым шагом *слева-направо*. Результат эксперимента представлен в виде рисунка 6. Получено уравнение регрессии по результатам проведения эксперимента в нестандартизированном виде (достоверность аппроксимации $R^2 = 0,951$):

$$y = -24,641 + 1,994x_1 + 0,77x_2, \quad (2)$$

где x_1 – скорость автомобиля, м/с;

x_2 – скорость пешехода, м/с.

Вторым в многофакторном эксперименте проводилось перемещение манекена-пешехода обычным и быстрым шагом *справа-налево*. Результат эксперимента представлен в виде рисунка 7. Получено также уравнение регрессии по результатам эксперимента также в нестандартизированном виде (достоверность аппроксимации $R^2 = 0,892$):

$$y = -39,201 + 2,217x_1 + 5,333x_2. \quad (3)$$

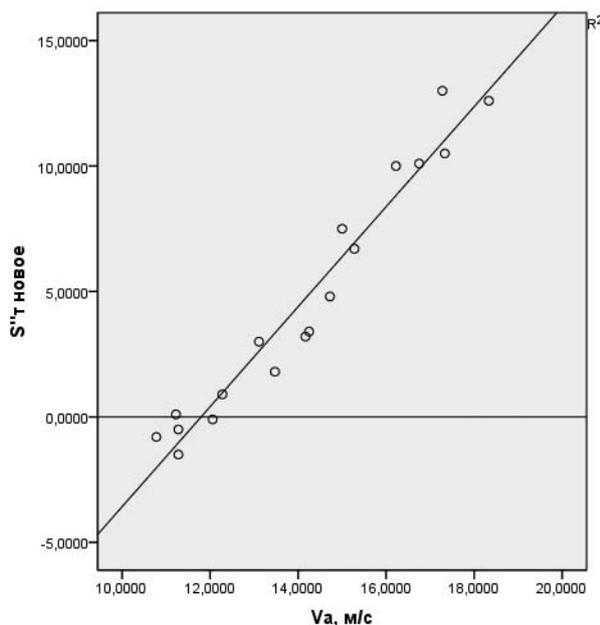


Рис. 6. Линейная аппроксимация исходных данных – результат проведения многофакторного эксперимента при перемещении манекена-пешехода обычным и быстрым шагом слева-направо, аппроксимирующая линия R^2 (линейная регрессия = 0,951)

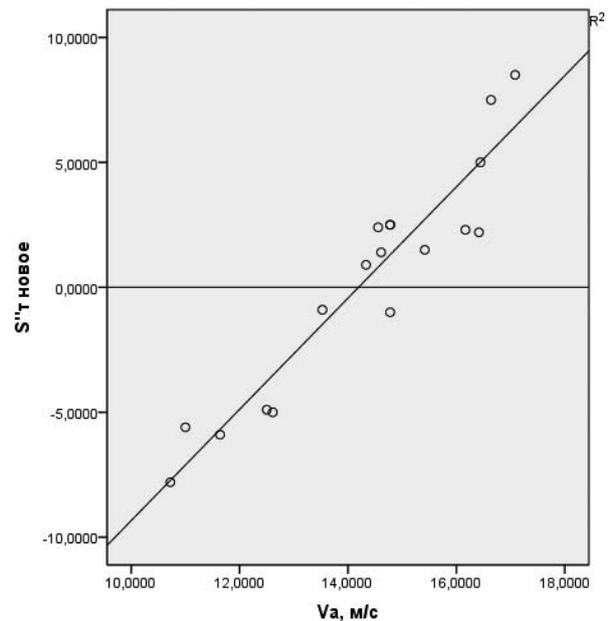


Рис. 7. Линейная аппроксимация исходных данных – результат проведения многофакторного эксперимента при перемещении манекена-пешехода обычным и быстрым шагом справа-налево, аппроксимирующая линия R^2 (линейная регрессия = 0,892)

Суммарные данные многофакторного эксперимента представлены на рисунке 8 (зависимости S^{11} от скорости движения автомобиля V_a при перемещении манекена-пешехода справа-налево и слева-направо в нестандартизированном виде).

Зависимости на рисунке 8 (линии 1–4), построенные по суммарным данным многофакторного эксперимента, примут вид:

$$y = -26,092 + 2,167x_1, \quad (4)$$

$$y = -21,258 + 1,842x_1, \quad (5)$$

$$y = -27,070 + 1,854x_1, \quad (6)$$

$$y = -34,196 + 2,463x_1, \quad (7)$$

где y – расстояние, пройденное автомобилем с места столкновения с манекеном-пешеходом до полной остановки, м;

x_1 – скорость автомобиля, м/с.

Анализ данных зависимости однонаправленного движения, представленных на рисунке 8, показывает безопасную универсальную точку (оптимум), которая смещается в отрицательную (безопасную) зону движения пешеходов справа-налево с разными скоростями $V_{пеш} = 1,3$ м/с и $V_{пеш} = 1,6$ м/с. При движении пешеходов слева-направо безопасная универсальная точка (оптимум) смещается в положительную (опасную) зону движения, где при любой скорости пешехода происходит наезд, т.е. существующая скорость автомобиля V_a опасна для любой скорости пешехода $V_{пеш}$.

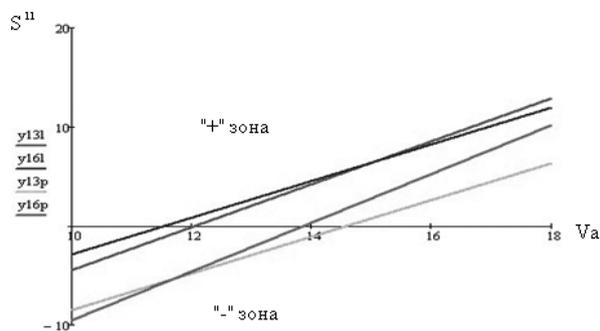


Рис. 8. Графики зависимости S^{11} (м) от скорости движения автомобиля V_a (м/с) при перемещении манекена-пешехода справа-налево и слева-направо:

- 1 – y_{13l} слева-направо со скоростью 1,3 м/с;
- 2 – y_{16l} слева-направо со скоростью 1,6 м/с;
- 3 – y_{13p} справа-налево со скоростью 1,3 м/с;
- 4 – y_{16p} справа-налево со скоростью 1,6 м/с

Основные результаты и выводы

На основании анализа экспериментальных данных были разработаны рекомендации и предложены мероприятия по повышению БДД пешеходов на нерегулируемых переходах, рассмотрены критические условия безопасного перехода проезжей части пешеходами, произведен расчет экономической эффективности предлагаемых мероприятий по повышению БДД пешеходов и расчет системы регулирования ДД на нерегулируемом пешеходном переходе [26, 27]. Определена и выполнена классификация ДТС, характеризующая ДТС и позволяющая учитывать наиболее важные факторы: движение в торможении, без торможения, без превышения скорости, с превышением скорости, ночью и в различных погодных условиях. Создана принципиально новая классификация факторов в условиях недостаточной видимости. Разработана математическая модель процесса сближения транспортного средства и пешехода в условиях недостаточной видимости, которая позволяет определить расстояние от транспортного средства до места предполагаемого наезда на пешехода с учетом скорости движения транспортного средства и пешехода, а также направления движения пешехода. По модели можно выявить ранее неизвестные опасные зоны для пешехода относительно транспортного средства и рассмотреть комплекс ситуаций, в которых принято условие $S_a < S_0$, то есть, где водитель не располагает технической возможностью предотвратить наезд на пешехода даже прибегнув к экстремному торможению. Разработана имитационная модель и алгоритм анализа ДТП и установлена закономерность влияния скоростей пешехода и автомобиля, направления движения пешехода на путь, пройденный автомобилем от места наезда до его полной остановки. Имитационная модель позволяет определить положение автомобиля в момент возникновения опасной ситуации, положение автомобиля в момент наезда, положение автомобиля в момент остановки транспортного средства. С помощью алгоритма могут быть выявлены опасные участки улично-дорожной сети, на которых внедрение дополнительных технических средств организации ДД позволит избежать ДТП. Построена пространственно-временная диаграмма, которая позволяет представить развитие ДТС в пространстве и времени.

При условиях движения автомобиля и пешехода на скоростях $V_{1,3}$ и $V_{1,6}$ наблюдаются относительно разные интервалы S^{11} , что указы-



вает на более безопасный маневр с пешеходом, имеющим меньшую скорость движения. При равных условиях движения пешеходов с обоих направлений можно сделать вывод, что более безопасная скорость движения автомобиля составит $V_a = 14,3$ м/с при движении пешехода справа-налево. Определено также, что наезд автомобиля на пешехода происходит при меньшей скорости в режиме движения пешехода справа-налево, что подтверждается пересечением графиков в отрицательной координатной плоскости (рис. 8).

Проведенные экономические расчеты показали, что вложения в обустройство нерегулируемых пешеходных переходов сократят величину ущерба от гибели и ранения людей. Коэффициент эффективности предложенных мероприятий составил в среднем 7,6 ед., а окупаемость проекта составила 1,5 мес.

Список литературы

1. Гайфуллин В. М., Денисова О. О. О проблеме обеспечения видимости на нерегулируемых пешеходных переходах // Вестник ОГУ. 2011. № 10. С. 76–81.
2. Городокин В. А., Гайфуллин В. М. Об изменениях, внесенных в п. 14.1 Правил дорожного движения 10 мая 2010 г. Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2011. № 19. С. 90–93.
3. Гайфуллин В. М. Исследование взаимоотношений участников движения на улично-дорожной сети // Транспорт Урала. 2012. № 3. С. 16–19.
4. Гайфуллин В. М., Ларин О. Н. Исследование риска травмирования пешеходов // Инновационный транспорт. 2015. № 1(15). С. 83–86.
5. Глемба К. В., Ларин О. Н. Системный подход к поиску резерва повышения БДД в крупных городах России // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса : межвуз. сб. науч. статей. Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2013. С. 165–180.
6. Глемба К. В. Влияние пертинентности информационного поля на безопасность дорожного движения // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 68. С. 7–13.
7. Глемба К. В., Горбачев С. В. Влияние на безопасность движения уровня формализации информационного потока в эргатических системах // Вестник ОГУ. 2011. № 10(129). С. 88–93.
8. Глемба К. В., Ларин О. Н., Майоров В. И. Вопросы применения системного подхода для повышения безопасности дорожного движения // Ежемесячный научный информационный сборник «ТРАНСПОРТ: наука, техника, управление». М. : ВИНТИ РАН, 2013. № 11. С. 52–55.
9. Глемба К. В. Влияние перцептивных процессов пространственного восприятия участников дорожного движения на их безопасность // Вестник ЧГАА. 2012. Т. 62. С. 26–31.
10. Глемба К. В., Ларин О. Н. Влияние условий организации дорожного движения на процесс восприятия водителем информации // Ежемесячный научный информационный сборник «ТРАНСПОРТ: наука, техника, управление». М. : ВИНТИ РАН, 2012. № 11. С. 55–57.
11. Обоснование безопасной скорости движения колесных машин / К. В. Глемба [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2002. № 12. С. 27–30.
12. Глемба К. В., Ларин О. Н. Проблемы управления мобильными машинами и обоснование структурных взаимосвязей человеко-машинных систем // Матер. междунар. науч.-практ. конф. «Транспорт России: проблемы и перспективы-2013» / Ин-т проблем транспорта РАН им. Н. С. Соломенко. СПб. : НПО «Профессионал», 2013. С. 152–159.
13. Глемба К. В. К вопросу снижения степени тяжести травмирования участников дорожного движения при ДТП // Матер. 66-й науч. конф. «НАУКА ЮУрГУ». Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2014. С. 218–227.
14. Оценка потенциальной технологической безопасности подсистемы «машина» / Ю. Г. Горшков, Ю. И. Аверьянов, О. Ф. Скорняков, К. В. Глемба // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2003. № 12. С. 40–41.
15. 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.
16. Автоматическое определение тормозного пути и замедления автомобиля при торможении как фактор обеспечения безопасности дорожного движения / К. В. Глемба, Ю. И. Аверьянов, А. Н. Загородних, И. В. Гальянов // Вестник ЧГАУ. 2004. Т. 43. С. 51–55.
17. Автоматический контроль за исправностью тормозной системы / К. В. Глемба [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2003. № 5. С. 20–22.
18. Глемба К. В. Проблемы и пути совершенствования элементов пассивной безопасности автомобильного транспорта // Матер. ЛП междунар. науч.-техн. конф. «Достижения

науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2014. Ч. IV. С. 115–120.

19. Глемба К. В., Ларин О. Н. Аспекты распределения кинетической энергии удара при ДТП // Матер. Всерос. заоч. науч.-практич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы функционирования систем транспорта». Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. Т. 1. С. 140–145.

20. Глемба К. В., Ларин О. Н. К вопросу моделирования адаптивной системы поглощения кинетической энергии при ДТП // IV междунар. науч.-практич. конф. «Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса». Новокузнецк : КузГТУ, 2014. С. 275–280.

21. Современные методы оценки безопасности и эргономичности системы «оператор-машина-среда» / К. В. Глемба, Ю. И. Аверьянов, С. А. Спекторук, В. Н. Мельник // Вестник ЧГАУ. 2005. Т. 45. С. 12–17.

22. Глемба К. В., Ларин О. Н. Обзор методов определения надежности оператора в динамических эргатических системах // Транспорт Урала. 2012. № 1(32). С. 17–22.

23. Глемба К. В., Ларин О. Н. Обзор методов определения надежности оператора в дина-

мических эргатических системах // Транспорт Урала. 2012. № 1(32). С. 17–22.

24. 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.

25. Глемба К. В. Многокритериальный подход к исследованию оценки безопасности в системах принятия решений при управлении автомобилем // Матер. IV междунар. науч.-практич. конф. «Проблемы и перспективы развития евроазиатских транспортных систем». Челябинск : ЮУрГУ, 2012.

26. Пат. 122514 РФ, МПК G08G1/09. Информационная система для водителей и пешеходов на нерегулируемом пешеходном переходе / В. М. Гайфуллин, О. Н. Ларин, А. Л. Феоктистов ; заявл. 15.03.2012 ; опубл. 27.11.2012, Бюл. № 33.

27. Пат. 150330 РФ, МПК G08G1/00. Информационная система для водителей и пешеходов на нерегулируемом пешеходном переходе / В. М. Гайфуллин, Ю. В. Воителев, И. В. Беляшов ; заявл. 15.07.2014 ; опубл. 10.02.2015, Бюл. № 4.

Ларин Олег Николаевич, д-р техн. наук, профессор кафедры логистики и управления транспортными системами, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения».

E-mail: larin_on@mail.ru.

Глемба Константин Вячеславович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автотранспорта и производственное обучение», ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)» (ЮУрГУ), федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: glemba77@mail.ru.

Гриценко Александр Владимирович, д-р техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автотранспорта и производственное обучение», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: alexgrits13@mail.ru.

* * *

УДК 631.3(575.1)

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В САДОВОДСТВЕ И ВИНОГРАДАРСТВЕ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

А. Т. Мусурмонов, Н. К. Буранов, А. Ж. Бекназаров, А. О. Арипов

В статье приведены результаты исследований по разработке и внедрению перспективных технологий и ресурсосберегающих технических средств в садоводстве и виноградарстве, что позволит повысить плодородие почвы, уровень механизации, урожайность, культуру земледелия, снизить затраты в 1,7 раза в садах и в 2,8 и более раз в виноградниках. Системой машин на 2011–2016 гг. предусмотрено 35 наименований технических средств для садов и 18 наименований для виноградников, в том числе 8 новых машин, выпуск которых предусматривается в Республике Узбекистан.

Ключевые слова: сад, виноград, гладкая вспашка, разноглубинный, плоскорез, приствольная обработка, междурядья, ряд, культивация, укрывка, полутоткрывка.

Обоснование исследований

В Узбекистане садоводство и виноградарство является основной отраслью агропромышленного комплекса, обеспечивающей население свежими фруктами, виноградом и сухофруктами, а также сырьем переработки.

Фрукты и виноград как высоковитаминные пищевые продукты, а также различные виды продовольствия, полученные в процессе его переработки, занимают важное место в решении проблем рационализации структуры питания, в удовлетворении неуклонно возрастающего спроса на вкусную плодово-ягодную продукцию. Пока же потребность

в этом продукте удовлетворяется всего лишь на одну треть.

В программе увеличения производства фруктов одним из решающих факторов является внедрение прогрессивной технологии и комплексной механизации в садах и виноградниках.

Перспективным планом развития садоводства и виноградарства до 2015 года намечается увеличение производства фруктов и винограда в 1,5–2 раза, главным образом, на основе повышения урожайности садов и виноградников [1].

Необходимость модернизации, технического и технологического обновления сельскохозяйственного производства, изучения

и применения опыта передовых стран, в том числе в садоводстве, использования энергосберегающих технологий отмечена на заседании межведомственной комиссии по координации работ и оперативному решению вопросов по обеспечению реализации программы дальнейшей модернизации технического и технологического перевооружения сельскохозяйственного производства на 2012–2016 гг. (протокол № 62 от 28.12.2013 г.). В рамках реализации постановлений Президента Республики Узбекистан от 21 мая 2012 г. № ПП-1758 «О Программе дальнейшей модернизации и технологического перевооружения сельскохозяйственного производства на 2012–2016 гг.» и Постановления Кабинета Министров от 14 июля 2012 г. № 215 «О мерах по обеспечению реализации Программы дальнейшей модернизации, технического и технологического перевооружения сельскохозяйственного производства на 2012–2016 гг.» в 2014 году намечается организовать производство фрез садово-виноградарских для межствольной обработки с гидроприводом, культиваторов садово-виноградарских, закрывателей и открывателей виноградных лоз [2].

О возрастающем внимании к садоводству и виноградарству и его роли в решении продовольственной программы и повышении народного благосостояния свидетельствует и тот факт, что показатели его развития впервые стали занимать самостоятельную позицию в перспективном планировании. Выращивание садов и винограда при современном уровне научно-технического прогресса, достигнутом в отрасли, все еще остается весьма трудоемким занятием.

В концепции развития механизации и электрификации сельского хозяйства до 2020 года предусмотрены в перспективе разработка и внедрение в производство универсальных почвообрабатывающих машин, выполняющих гладкую вспашку, культивацию, рыхлением с внесением удобрений и нарезкой поливных борозд. Создание машин и орудий нового поколения, высокоэкономичных, высокопроизводительных, менее энергоемких и металлоемких – глобальная задача современной науки [3].

В настоящее время в Республике в садоводческих и виноградарских фермерских хозяйствах применяются морально устаревшие трактора Т-4А, Д-75М, Т-70С, Т-54В, МТЗ-80 и т.д., завезенные из-за рубежа. Эти трактора не отвечают современным требованиям отраслей садоводства и виноградарства.

Поэтому в СКБ «Трактор» совместно с НИИМЭСХ, НИИСВиВ им. акад. М. М. Мирзаева ведутся научно-исследовательские и конструкторские работы над созданием специальных садоводческих и виноградниковых тракторов на основе анализа зарубежных опытов и с учетом почвенно-климатических условий Республики.

К специализированному садоводческому трактору в сотрудничестве АО БМКБ «Агрономаш», НИИМЭСХ, НИИСВиВ им. акад. М. М. Мирзаева, СП ООО «Агрохим» изготовлены макетные образцы фронтального плуга, универсальной почвообрабатывающей машины для сада и виноградарства, почвенной фрезы с вертикальными активными рабочими органами, штангово-брандспойтного опрыскивателя, универсального измельчителя ветвей, самосвального полуприцепа для перевозки винограда [4–6].

Материалы и методы

Для новой ресурсосберегающей технологии разработаны новые и модернизированы существующие технические средства, в том числе:

1. Для интенсивного и традиционного (сильнорослого) сада.

а) фронтальный садовый плуг к специализированному трактору для разноглубинной гладкой пахоты (рис. 1). Новая разработка [7, 8].

б) универсальная садовая почвообрабатывающая машина для культивации, рыхления с внесением удобрений, с приспособлениями приствольной обработки почвы в междурядьях сада (рис. 2). Новая разработка [9, 10].

2. Универсальная виноградниковая почвообрабатывающая машина, собираемая в вариантах – гладкой вспашки, культивации, закрывателя, полуоткрывателя (рис. 3) [9, 10].

3. Разработаны и внедрены в производство семейство опрыскивателей типа VP-1, «DALDEGAN», OBM-400, OBM-1500, «PORTER KUHН» для обработки садов и виноградников химического воздействия на обрабатываемые растения при борьбе с вредителями и болезнями методом опрыскивания жидкими химическими препаратами с пониженными нормами внесения рабочей жидкости колеблющимся рассеивающим распылом [10].

4. Разработан СКБ «Трактор» самосвальный полуприцеп для перевозки собранного винограда на специализированный трактор.

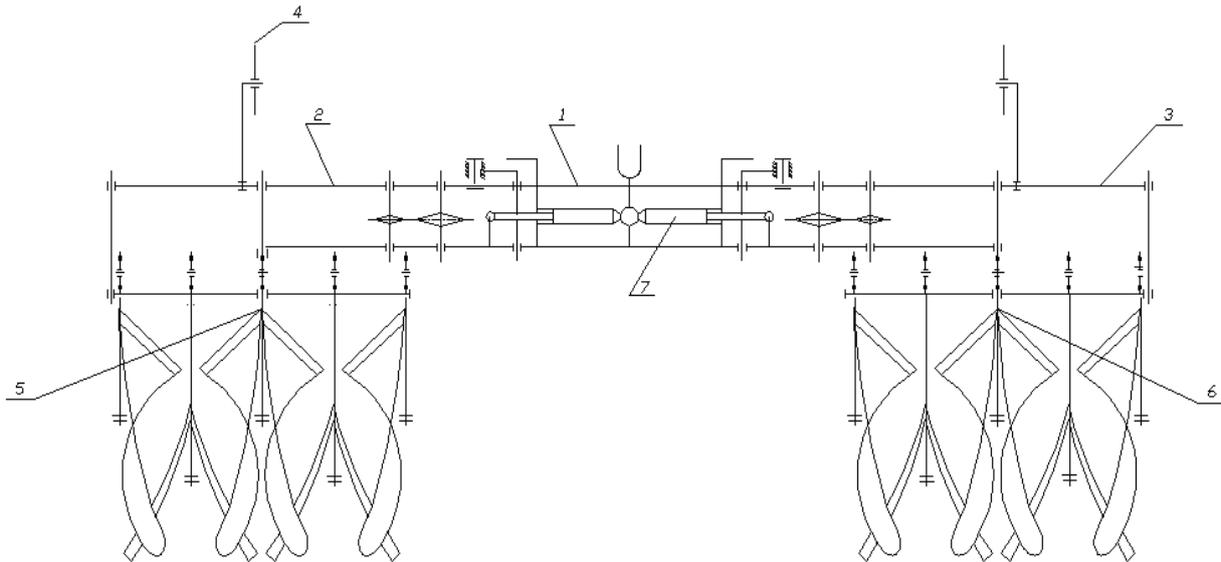
Системой машин на 2011–2016 гг. предусмотрено 35 наименований технических средств



для садов и 18 наименований для виноградников, в том числе 8 новых машин, выпуск которых предусматривается в Республике Узбекистан. Использование этих машин будет способствовать значительному повышению уровня механизации возделывания и уборки плодов и винограда [11].

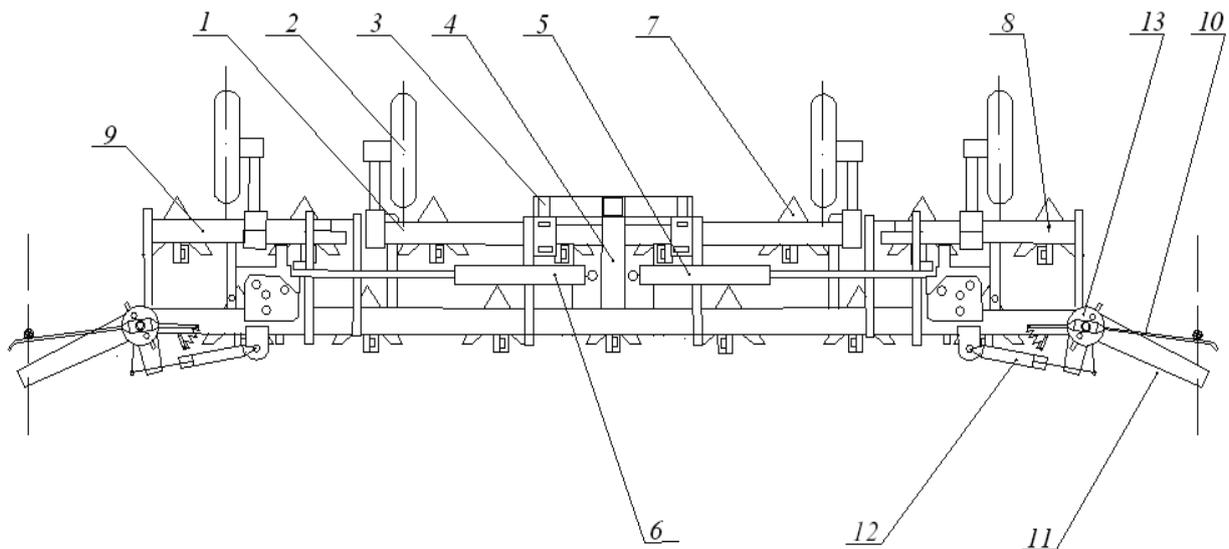
Выводы

Разработка и внедрение перспективных технологий и ресурсосберегающих технических средств в садоводстве и виноградарстве, позволит повысить плодородие почвы, уровень механизации, урожайность, культуру земледелия, снизить затраты в 1,7 раза в садах и в 2,8 и более раз в виноградниках.



1 – центральная рама; 2, 3 – приставные рамки; 4 – опорное колесо;
5, 6 – быстроъемные пахотные модули; 7 – гидроцилиндр

Рис. 1. Фронтальный садовый плуг



1 – центральная рама; 2 – опорное колесо; 3 – навесное устройство; 4 – центральная тяга;
5, 6, 12 – гидроцилиндры; 7 – полольные рабочие органы; 8, 9 – приставные рамки; 10 – щуп-датчик;
11 – поворотная лапа; 13 – гидрораспределитель

Рис. 2. Схема универсальной садовой почвообрабатывающей машины

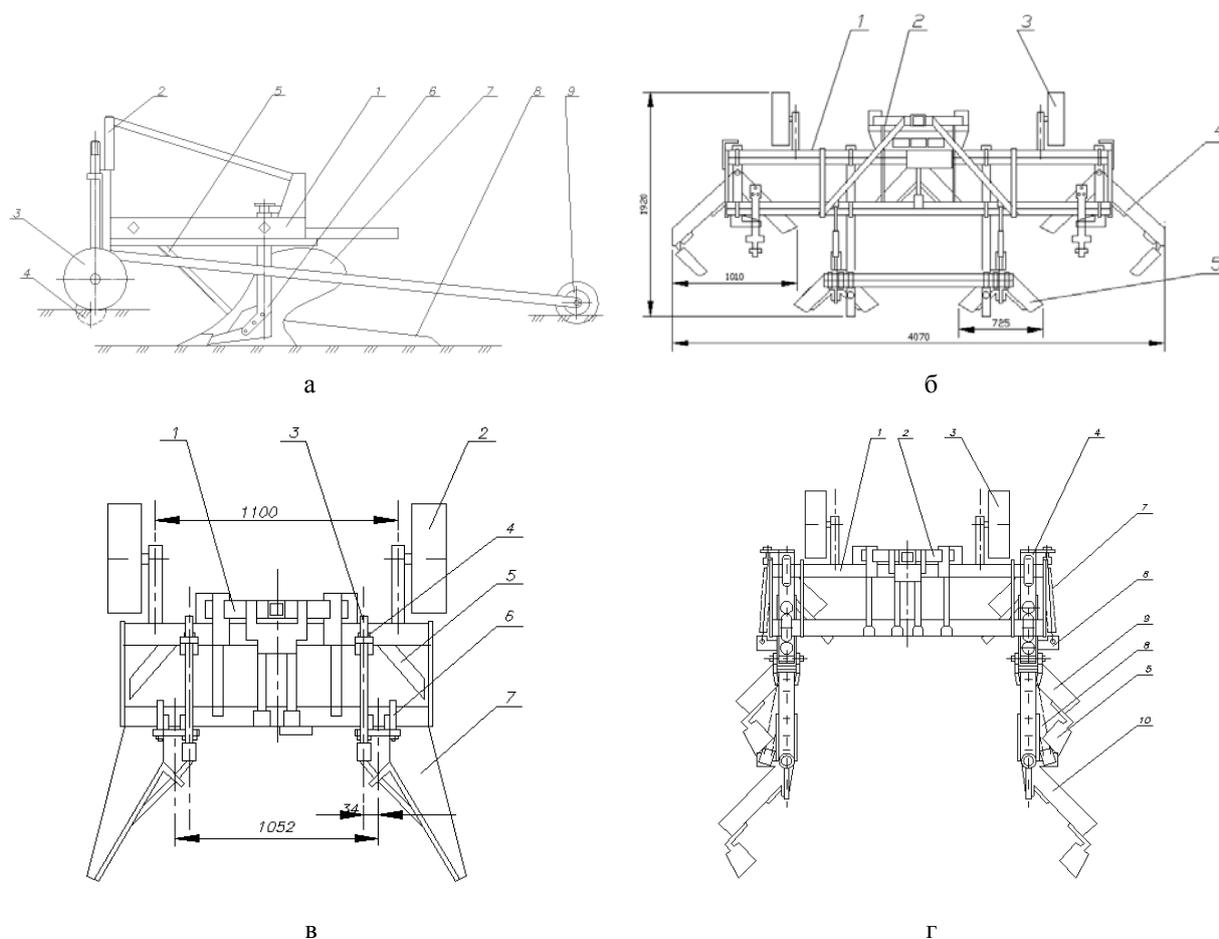


Рис. 3. Универсальная виноградниковая почвообрабатывающая машина: а – в варианте сборки гладкой вспашки: 1 – рама; 2 – навесное устройство; 3 – опорное колесо; 4 – дисковой нож; 5 – стойка заплужника; 6 – стойка; 7 – лево-правооборачивающего корпус; 8 – заплужник; 9 – каток; б – в варианте сборки культивация междурядий и прикустовых полос: 1 – рама; 2 – навесное устройство; 3 – опорное колесо; 4 – поворотная лапа; 5 – плоскорезная лапа; в – в варианте сборки укрывки: 1 – рама; 2 – навесное устройство; 3 – опорное колесо; 4 – хомут; 5 – лемех; 6 – кронштейн; 7 – отвал; г – в варианте сборки полуютокрывки: 1 – рама; 2 – навесное устройство; 3 – опорное колесо; 4 – грядиль; 5 – отпашник; 6 – стойки полуютокрывки; 7, 8 – пружины; 9, 10 – лемех

Список литературы

1. Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему развитию виноградарства в Республике на период 2013–2015 годы». ПП-1937 от 13 марта 2013 года.
2. Постановление Президента Республики Узбекистан «О программе дальнейшей модернизации, технического и технологического перевооружения сельскохозяйственного производства на 2012–2016 годы». № ПИ-1758 от 21 мая 2012 года.
3. Общая концепция комплексного развития механизации и электрификации сельского хозяйства Республики Узбекистан до 2020 года / М. Тошболтаев [и др.]. Ташкент, 2011. 71 с.
4. Мусурмонов А. Т. Обоснование технологии и схемы универсальной машины для обработки почвы в междурядьях садов // Вестник ЧГАА. 2012. № 60. С. 68–72.
5. Мусурмонов А. Т., Утаганов Х. Б. Обоснование технологии конструктивной схемы плуга для гладкой вспашки в садах и виноградниках и методика оценки эффективности их внедрения // Вестник ЧГАА. 2013. № 60. С. 107–110.
6. Мусурмонов А. Т., Утаганов Х. Б. Обоснование технологии и схемы конструкции плуга для гладкой вспашки в садах // Вестник ЧГАА. 2013. № 63. С. 66–72.
7. Пат. на полезную модель UZ № FAP 00921. Плуг для гладкой вспашки в междуряди-



ях сада / А. Т. Мусурмонов, Х. Б. Утаганов ; заявл. 27.12.2011 ; опубл. 31.07.2014.

8. Пат. UZ № IAP 04654. Устройство для межкустовой обработки почвы / А. Т. Мусурмонов, Т. Б. Ниезов ; заявл. 26.04.2010 ; опубл. 29.03.2013.

9. Система машин технологий для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 2011–2016 гг. (растениеводство). Ташкент, 2013. Ч. 1. 199 с.

10. Утаганов Х. Б., Баиров М. Т., Мусурмонов А. Т. Системы машин и орудий для вино-

градарства // Резервы повышения урожайности и качества развития виноградарства и интенсивного садоводства в Республике : матер. науч.-практ. конф. УзНИИСВиВ им. М. М. Мирзаева. Ташкент, 2013. С. 156–159.

11. Матчанов Р. Д., Юлдашев А. И., Артемьев В. П. Разработка и производство машин для защиты растений от болезней и вредителей // Вестник ТАДИ. 2013. № 1(2). С. 42–51.

Мусурмонов Аззам Турдиевич, канд. техн. наук, доцент, кафедра «Сельскохозяйственные машины, эксплуатация и ремонт», Самаркандский сельскохозяйственный институт.

E-mail: azzam61@mail.ru.

Буранов Нажмиддин Каримович, ассистент кафедры «Сельскохозяйственные машины, эксплуатация и ремонт», Самаркандский сельскохозяйственный институт.

E-mail: azzam61@mail.ru.

Бекназаров Алишер Жумабоевич, ассистент кафедры «Сельскохозяйственные машины, эксплуатация и ремонт», Самаркандский сельскохозяйственный институт.

E-mail: azzam61@mail.ru.

Арипов Абдухамид Оналбаевич, конструктор «БМКБ Агромаш».

E-mail: azzam61@mail.ru.

* * *

УДК 631.31.001.63 + 631.33.001.63

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ ОРУДИЙ ПРИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Р. С. Рахимов, И. Р. Рахимов, Ф. Ф. Касымов, А. С. Невзоров, Г. В. Ружьева

На величину тягового сопротивления большое влияние оказывает сила тяжести почвообрабатывающих и посевных орудий. Поэтому при проектировании новых и совершенствовании существующих орудий необходимо определить силу тяжести орудий, обеспечивающих выполнение агротехнических требований без поломок. В связи с этим в предлагаемой статье раскрыта методика определения силы тяжести (металлоемкости) различных типов почвообрабатывающих и посевных машин. Установлено, что в общем случае металлоемкость почвообрабатывающих орудий состоит из металлоемкости рамы, сменных рабочих органов или модулей и различных дополнительных рабочих органов (катков, выравнивателей, фрез, рыхлителей и т.д.). Кроме этого, у почвообрабатывающих посевных агрегатов добавляется металлоемкость бункера с ходовой частью и семенами и удобрениями. Все составляющие общей металлоемкости зависят от ширины захвата орудия, глубины обработки, удельного сопротивления почвы и коэффициентов удельной металлоемкости. С учетом этих факторов получена теоретическая зависимость для определения силы тяжести почвообрабатывающих и посевных орудий. Для установления металлоемкости существующих орудий по разработанной методике определены силы тяжести отдельных узлов и деталей плугов для отвальной обработки почвы, глубокорыхлителей, чизельных орудий и культиваторов КЛДП для безотвальной обработки. Зная удельное сопротивление почвы, с которой работают орудия, ширину их захвата и максимальное значение глубины обработки, определили коэффициенты удельной металлоемкости рамы орудий, рабочих органов и дополнительных приспособлений. Результаты расчетов представлены в виде таблиц и графиков. Анализ полученных данных показывает, что металлоемкость существующих орудий для основной обработки почвы при малой ширине захвата завышена и имеется возможность ее снижения.

Ключевые слова: орудие, почвообрабатывающий, посевной, сила тяжести, металлоемкость, рама, рабочий орган, дополнительный рабочий орган, бункер, глубина обработки, ширина захвата, удельное сопротивление почвы.

Одной из главных задач при проектировании почвообрабатывающих и посевных машин является снижение их массы (металлоемкости), что оказывает прямое влияние на уменьшение тягового сопротивления и увеличение производительности агрегатов.

Известно, что для выполнения технологических операций в полном соответствии с агротехническими требованиями при различных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур необходимы орудия для:

– основной обработки почвы на глубину более 0,2 м (плуги, чизельные орудия, глубокорыхлители и т.д.);

– обработки почвы на глубину от 0,12 до 0,2 м (культиваторы для обработки пара и минимальной обработки почвы, плоскорезы, дисковые бороны и т.д.);

– предпосевной обработки почвы на глубину от 0,05 до 0,1 м (комбинированные универсальные культиваторы со сменными модулями);

– комбинированной обработки почвы с совмещением различных технологических операций на глубину от 0,06 до 0,16 м (комбинированные универсальные орудия со сменными рабочими органами и модулями);

– предпосевной обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур с различными



типами рабочих органов с пневматическим высевом семян на глубину от 0,06 до 0,1 м (комбинированные почвообрабатывающие посевные комплексы).

Все эти орудия выполняются по различным конструктивным схемам. Орудия для глубокой обработки в зависимости от типа рабочего органа и характера их взаимодействия с почвой выполняются по плужной одно- и более рядным схемам (рис. 1 в, г), с расположением рабочих органов в шахматном порядке и в виде симметричного клина (рис. 1 а, б). Кроме того, эти орудия снабжаются катками или другими рабочими органами для поверхностного рыхления, мульчирования и выравнивания поверхности поля [1].

Орудия для обработки пара, плоскорезной и предпосевной обработки почвы с различны-

ми типами рабочих органов выполняются одно- и многосекционными по шахматной схеме расположением рабочих органов в 2, 3, 4 и более рядов. Спереди и сзади этих рабочих органов устанавливаются различные приспособления, катки, боронки и выравниватели, которые готовят почву под посев за один проход агрегата.

Наиболее сложную конструктивную схему имеют почвообрабатывающие посевные агрегаты с пневматическим высевом семян, имеющие отдельную почвообрабатывающую посевную часть, бункер для семян и удобрений, приспособления для прикатывания, выравнивания и мульчирования поверхности поля. Они выполняются по различным технологическим схемам (рис. 2) [2].

Сила тяжести орудий G_0 , кН, т.е. их металлоемкость, зависит от условий работы орудия

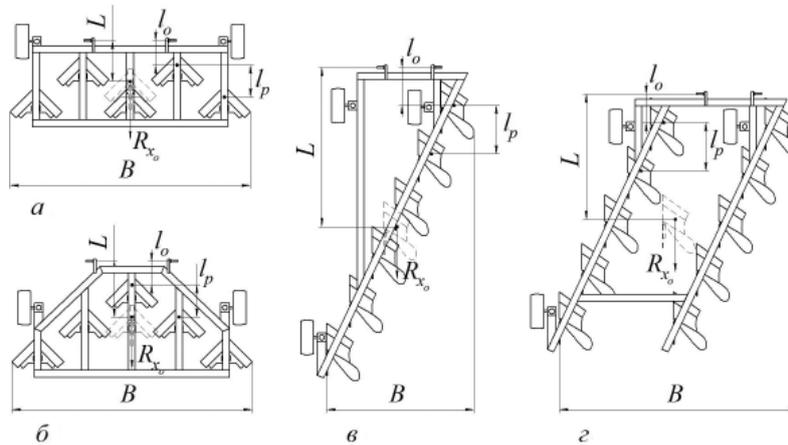


Рис. 1. Схема расположения рабочих органов на раме орудия

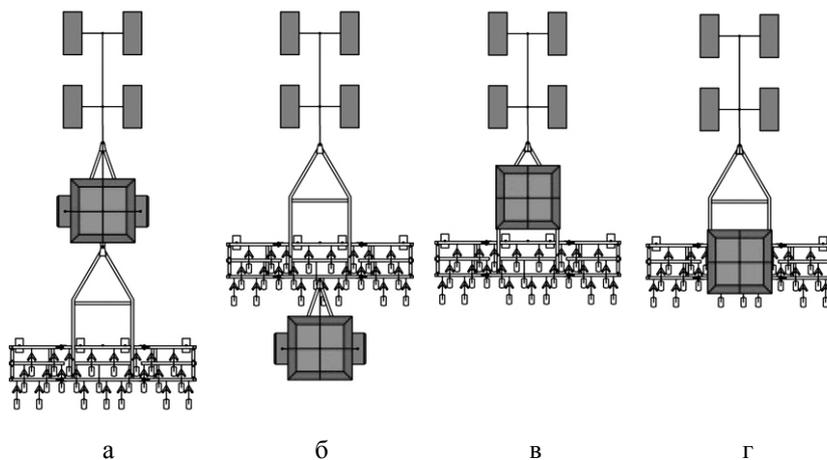


Рис. 2. Классификация схем почвообрабатывающих посевных агрегатов по месту расположения бункеров для семян и удобрений: а – бункер расположен на отдельном прицепе впереди почвообрабатывающей части; б – бункер расположен на отдельном прицепе сзади почвообрабатывающей части; в – бункер расположен на прицепном устройстве почвообрабатывающей части; г – бункер расположен на раме почвообрабатывающей части

(удельного сопротивления почвы k), от глубины обработки a и ширины захвата орудия B , которые определяют силы, действующие на рабочие органы и раму орудия. В зависимости от условий работы выпускаются орудия для легких, средних и тяжелых условий работы, отличающихся друг от друга прочностью и надежностью рабочих органов и рамы орудия, что влияет на их металлоемкость.

Для определения металлоемкости различных типов орудий для работы в конкретных условиях получена зависимость в виде [3, 4]:

$$G_0 = a_0 + \alpha \cdot B + \beta \cdot a \cdot B^3, \text{ кН}, \quad (1)$$

где a_0 – начальный показатель силы тяжести машины, кН;

α – удельная металлоемкость рабочих органов, кН/м;

β – коэффициент удельной металлоемкости рамных конструкций орудия, учитывающий прочность, профиль металла рамы и условия работы орудия, кН/м⁴;

a – глубина обработки почвы, м;

B – ширина захвата агрегата, м.

С использованием формулы (1) определена металлоемкость культиваторов, почвообрабатывающих посевных агрегатов, орудий для основной обработки почвы в зависимости от ширины их захвата.

Однако эта формула не раскрывает условия работы орудия (удельное сопротивление почвы, глубину обработки), конструктивную схему различных типов орудий (не учитываются различные типы приспособлений: боронки, катки, выравниватели и т.д.), схему расположения рабочих органов на раме, а также не отделяет силу тяжести бункера для семян от общей металлоемкости орудия.

Кроме того, известно, что силы сопротивления рабочих органов зависят от глубины обработки и удельного сопротивления почвы. Поэтому для повышения прочности рабочих органов необходимо увеличение их размеров, что ведет к возрастанию металлоемкости.

Предлагаемая методика определения металлоемкости почвообрабатывающих и посевных машин

Нами предлагается общую металлоемкость орудий G , кН, определить по следующей зависимости:

$$G = A + G_1 + G_2 + G_3 + G_6, \text{ кН}, \quad (2)$$

где A – начальный показатель силы тяжести орудия, кН;

G_1 – сила тяжести рамы орудия, кН;

G_2 – сила тяжести сменных рабочих органов, модулей и других деталей, кН;

G_3 – сила тяжести дополнительных приспособлений орудия (катки, бороны, фрезы, выравниватели и т.д.), кН;

G_6 – сила тяжести бункера для семян и удобрений с ходовой частью, вентилятором, высевающим аппаратом и семяпроводами, кН.

В работе [4] доказано, что сила тяжести G_1 зависит от марки и профиля металла рамы, глубины обработки a , ширины захвата B по следующей зависимости:

$$G_1 = \beta a_1 B^3, \text{ кН}. \quad (3)$$

Такая формула хорошо описывает металлоемкость орудий, конструктивная схема которых выполнена по плужным схемам (рис. 1 в, г) и в виде симметричного клина (рис. 1 б), когда длина орудия L_0 пропорциональна ширине его захвата B . С увеличением B точка приложения равнодействующей сил, действующих на условный средний корпус, смещается назад и изгибающий момент $M_{изг}$ увеличивается. При шеренговой схеме расположения рабочих органов с увеличением ширины захвата орудия точка приложения равнодействующей всех сил остается на месте. Поэтому формулу (3) представим в виде:

$$G_1 = \beta a_1 k_1 B L^2, \text{ кН}, \quad (4)$$

где k_1 – удельное сопротивление почвы при установке i -го типа сменного рабочего органа или модуля, кН/м²;

a_1 – глубина хода основных сменных рабочих органов или модулей, м;

β – коэффициент удельной металлоемкости рамных конструкций орудия, 1/м²;

L – расстояние от оси присоединения переднего бруса рамы к механизму навески или прицепному устройству до точки приложения равнодействующей всех сил с учетом приспособлений, м.

Для различных конструктивных схем орудий (рис. 1) расстояние L определяется по следующей зависимости:

$$L = l_0 + l_c, \text{ м}, \quad (5)$$

где l_0 – расстояние от оси присоединения орудия к механизму навески или прицепному



устройству до центра сопротивления первого рабочего органа или первого ряда рабочих органов, м;

l_c – расстояние от центра сопротивления первого рабочего органа или первого ряда рабочих органов до центра сопротивления орудия (до условного среднего рабочего органа, куда прикладывается равнодействующая всех сил, действующих на рабочие органы), м.

Тогда для различных конструктивных схем расстояние L определяется по следующим зависимостям:

– для шахматного порядка расположения рабочих органов (рис. 1 а):

$$L = l_0 + 0,5l_p(c - l), \text{ м}, \quad (6)$$

где l_p – расстояние между рабочими органами, м,
 c – количество рядов или секций рабочих органов на раме орудия, шт.;

– для симметричного клина (начиная с двухрядного расположения) (рис. 1 б):

$$L = l_0 + l_p(c - 1,33), \text{ м}, \quad (7)$$

– для плужной схемы в одну или несколько секций:

$$L = l_0 + \frac{0,5l_p(n - c)}{c}, \text{ м}, \quad (8)$$

где n – количество рабочих органов на раме орудия, шт.

Сила тяжести G_2 , кН, равна [3, 4]:

$$G_2 = \sum_{i=1}^m n_i \cdot g_{oi}, \text{ кН}, \quad (9)$$

где n_i – число сменных рабочих органов или модулей, шт.;

g_{oi} – сила тяжести одного сменного рабочего органа или модуля с крепежами, кН;

m – количество сменных рабочих органов или модулей на орудии, шт.

Значение g_{oi} зависит от глубины обработки a_{ii} и удельного сопротивления почвы k_{li} , которые определяют силы, действующие на сменные рабочие органы или модули.

Рабочие органы и детали крепежа размещены на раме равномерно, что позволяет записать формулу (5) в виде:

$$G_2 = \sum_{i=1}^m \alpha_i a_{ii} B k_{li}, \text{ кН}, \quad (10)$$

где α_i – коэффициент удельной металлоемкости сменных рабочих органов или модулей.

Сила тяжести G_3 зависит от количества различных типов приспособлений n_i и их сил тяжести g_i :

$$G_3 = \sum_{i=1}^n n_i \cdot g_i, \text{ кН}. \quad (11)$$

Сила тяжести g_i дополнительных приспособлений (бороны, катки, фрезы и т.д.) зависит от удельного сопротивления дополнительных рабочих органов k_{2i} , кН/м², ширины захвата орудия B , м, и глубины обработки дополнительных рабочих органов a_{2i} , м.

Тогда G_3 можно выразить по формуле:

$$G_3 = \sum_{i=1}^n \eta_i a_{2i} B k_{2i}, \text{ кН}, \quad (12)$$

где η_i – коэффициент удельной металлоемкости отдельных дополнительных приспособлений;

n – количество различных типов приспособлений, шт.

Сила тяжести бункера для семян и удобрений G_6 зависит от емкости бункера и места его расположения согласно принятой конструктивной схеме орудия (рис. 2) G_6 определяется по формуле:

$$G_6 = \sigma M + \delta B = \frac{\sigma L_0 B (Q_3 + Q_y)}{10^6} + \delta B, \text{ кН}, \quad (13)$$

где σ – удельная металлоемкость бункера для семян и удобрений, кН/м;

M – сила тяжести семян и удобрений в бункере, кН;

L_0 – планируемый путь почвообрабатывающего посевного агрегата с одной заправкой, м;

Q_3 – норма высева семян зерна, кг/га;

Q_y – норма внесения удобрений, кг/га;

δ – удельная металлоемкость ходовой части бункера для семян и удобрений, кН/м; при расположении бункера для семян на прицепном устройстве или на раме орудия (рис. 2) $\delta = 0$.

Подставляя полученные значения сил тяжести G_1 , G_2 , G_3 и G_6 в уравнение (2) получим:

$$\begin{aligned} G &= A + \beta a_1 k_1 B L^2 + \sum_{i=1}^m \alpha_i a_{ii} k_{li} B + \\ &+ \sum_{i=1}^n \eta_i k_{2i} a_{2i} B + \frac{\sigma L_0 B (Q_3 + Q_y)}{10^6} + \delta B = \\ &= A + (\beta L^2 + \alpha) a_1 k_1 B + \sum_{i=1}^m \eta_i k_{2i} a_{2i} B + \\ &+ \frac{\sigma L_0 B (Q_3 + Q_y)}{10^6} + \delta B, \text{ кН}. \end{aligned} \quad (14)$$

Полученная формула (14) раскрывает факторы, оказывающие влияние на силу тяжести (металлоемкость) почвообрабатывающих и посевных орудий. Установлено, что сила тяжести орудия зависит от: глубины хода рабочих органов, удельного сопротивления почвы, типа,

конструктивного исполнения, ширины захвата рабочих органов и их количества на раме орудия; конструктивной схемы расположения рабочих органов на раме орудия, которые оказывают влияние на появление изгибающих и крутящих моментов и на прочность рамы орудия;

Таблица 1 – Масса основных узлов и деталей навесных плугов и их конструктивные параметры (плужная схема расположения рабочих органов)

Наименование показателя	Параметры			
	ПЛН-3-35	ПЛН-4-35	ПЛН-5-35	ПЛН-8-35
Общая масса, G , кг	463	630	810	1735
Масса корпуса плуга в сборе, G_k , кг	61	61	61	61
Количество корпусов, n_k , шт.	3	4	5	8
Масса колеса в сборе, $G_{кол}$, кг	60	60	60	60
Количество колес, $n_{кол}$, шт.	1	1	1	2
Масса крепежа рабочего орган, $G_{кр}$, кг	3	3	3	3
Масса предплужника с крепежами, $G_{п}$, кг	12	12	12	12
Количество предплужников, $n_{п}$, шт.	3	4	5	8
Масса рамы $G_1 = G - G_k - A$, кг	145	236	340	977
Масса рабочих органов $G_2 = G_k n_k + G_{кол} n_{кол} + G_{п} n_{п} + G_{кр} n_{кр}$, кг	288	364	440	728
A , кг	30	30	30	30
Ширина захвата, B , м	1,05	1,4	1,75	2,8
Расстояние до центра сопротивления, L , м	1,15	1,55	1,95	3,15
Максимальная глубина обработки, a , м	0,27	0,27	0,27	0,27
Удельное сопротивление почвы, k_1 , кН/м ²	70	70	70	70

Таблица 2 – Масса основных узлов и деталей культиватора КЛДП и их конструктивные параметры (шахматное расположение рабочих органов)

Наименование показателя	Параметры			
	КЛДН-2,6	КЛДП-4,0	КЛДН-6,0	КЛДП-7,2
Общая масса, G , кг	1400	2150	3150	4150
Масса лапы, $G_л$, кг	18,2	18,2	18,2	18,2
Количество лап, $n_л$, шт.	6	9	13	17
Масса колеса в сборе, G_k , кг	60	60	60	60
Количество колес, n_k , шт.	2	2	2	4
Масса крепежа рабочего орган, $G_{кр}$, кг	6	6	6	6
Масса катка, $G_о$, кг	476,9	733,8	1107,0	1320,8
Масса дисков в сборе, $G_д$, кг	30	30	30	30
Количество дисков, $n_д$, шт.	3	4	6	8
Масса рамы $G_1 = G - G_2 - G_3 = G - G_л n_л - G_k n_k - G_о - G_д n_д - G_{кр} - A$, кг	570	850	1450	1760
Масса рабочих органов $G_2 = G_л n_л + G_k n_k + G_{кр} n_{кр}$, кг	260	330	420	630
Масса дополнительных приспособлений $G_3 = G_о + G_д n_д$, кг	570	970	1280	1760
A , кг	10	10	10	10
Ширина захвата, B , м	2,6	4,0	6,0	7,2
Расстояние до центра сопротивления, L , м	0,55	0,55	0,55	0,55
Максимальная глубина обработки, a , м	0,16	0,16	0,16	0,16
Удельное сопротивление почвы, k_1 , кН/м ²	50	50	50	50
Глубина хода катков, a_2 , м	0,08	0,08	0,08	0,08
Удельное сопротивление почвы, k_2 , кН/м ²	20	20	20	20



количества и типа дополнительных рабочих органов для выравнивания поверхности поля, уплотнения почвы или мульчирования поверхности поля и их глубины обработки; места расположения бункера для семян и удобрений и их емкость; тягового усилия на крюке трактора, определяющего ширину захвата агрегата. При этом влияние каждого из факторов на металлоемкость орудия оценивается коэффициентами удельной металлоемкости β , α , δ , σ , η , величины которых зависят от характеристик используемого в конструкции рамы и рабочих органов металла.

Кроме того, формула (14) позволяет оценить правильность выбора этих коэффициентов для существующих орудий и установить соответствующие их значения.

Результаты исследований

В качестве примера по разработанной методике оценены силы тяжести существующих плугов для отвальной обработки почвы с односекционным расположением рабочих органов и культиваторов типа КЛДП.

Для подсчета коэффициентов α , β и η экспериментально определены массы основных узлов и рабочих органов плугов и культиваторов. Результаты замеров и их конструктивные параметры представлены в таблицах 1, 2.

Параметры рам и рабочих органов существующих машин выбраны для наиболее тяжелых условий работы.

Поэтому при известных значениях G_1 , G_2 и G_3 значения коэффициентов β , α , и η определим при максимальных значениях глубин обработки a_1 и a_2 , а также при максимальных

значениях удельного сопротивления почвы k_1 и k_2 , для которых проектируются орудия, по формулам:

$$\beta = \frac{G_1}{a_1 k_1 B L^2}, \quad (15)$$

$$\alpha = \frac{G_2}{a_1 B k_1}, \quad (16)$$

$$\eta = \frac{G_3}{B k_2 a_2}. \quad (17)$$

Результаты расчетов представлены в таблицах 3–4.

Анализ таблиц 3, 4 показывает, что значения коэффициентов α и η для различных типов орудий практически постоянны и зависят от их количества, глубины обработки и свойств почвы. Значение коэффициента β изменяется в некоторых пределах и его значение для орудий, работающих на большую глубину, с увеличением ширины захвата снижается, что показывает на большой запас прочности у орудий с малой шириной захвата. Значения коэффициентов α , β и η представлены в таблице 5.

Исходные данные для расчетов представлены в таблице 6.

На рисунках 3, 4 представлены графические зависимости силы тяжести существующих орудий и возможные их значения по зависимости (14) при выбранных значениях коэффициентов α , β и η .

Представленные расчетные данные показывают возможность снижения металлоемкости орудий при малых значениях их ширины захвата.

Таблица 3 – Значения коэффициентов β и α для навесных плугов

	G , кН	A , кН	G_1 , кН	G_2 , кН	G_3 , кН	β , 1/м ²	α	η
ПЛН-3-35	4,63	0,3	1,45	2,88	–	0,055	0,145	–
ПЛН-4-35	6,3	0,3	2,36	3,64	–	0,037	0,137	–
ПЛН-5-35	8,1	0,3	3,40	4,40	–	0,027	0,133	–
ПЛН-8-35	17,35	0,3	9,77	7,28	–	0,019	0,137	–
Среднее значение:						0,034	0,138	–

Таблица 4 – Значения коэффициентов β , α и η культиваторов КЛДП

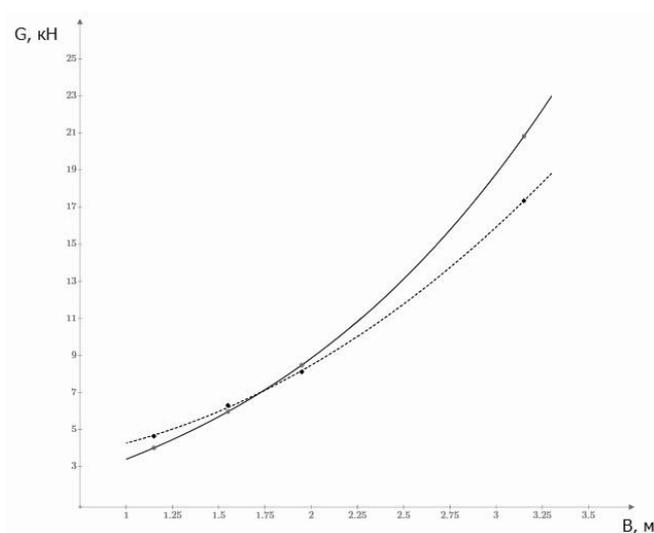
	G , кН	A , кН	G_1 , кН	G_2 , кН	G_3 , кН	β , 1/м ²	α	η
КЛДН-2,6	14	1	4,7	2,6	5,7	0,75	0,13	1,37
КЛДП-4,0	21,5	1	8,5	3,3	9,7	0,77	0,10	1,52
КЛДН-6,0	31,5	1	14,5	4,2	12,8	0,93	0,09	1,33
КЛДП-7,2	41,5	1	16,6	6,3	17,6	0,95	0,11	1,53
Среднее значение:						0,85	0,11	1,44

Таблица 5 – Значения коэффициентов α , β и η существующих орудий

Тип орудия	α	η	β	
			пределы изменений	среднее
Плуги навесные	0,138	–	0,019...0,055	0,034
Культиваторы	0,11	1,44	0,75...0,95	0,85

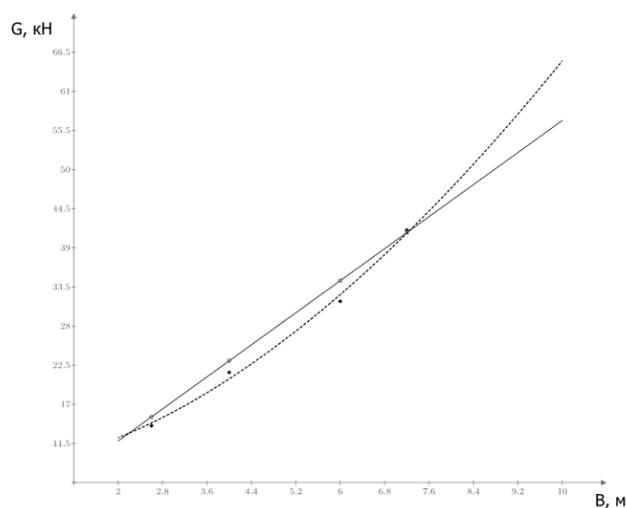
Таблица 6 – Исходные данные для расчетов

Тип орудия	a_1 , м	a_2 , м	K_1 , кН/м ²	K_2 , кН/м ²	A , кН	B , м	n , шт.	$b - \Delta b$, м	l_0 , м	l_p , м	c , шт/
плуг навесной	0,27	–	70	–	0,3	$n(b - \Delta b)$	3–15	0,35	0,5	0,7	1
Культиватор КЛДП	0,16	0,08	50	20	1,0	$n(b - \Delta b)$	6–25	0,44	0,3	0,6	2–3



1 – существующие орудия; 2 – проектируемые

Рис. 3. Зависимость силы тяжести однорядных плугов от ширины захвата



1 – существующие орудия; 2 – проектируемые

Рис. 4. Зависимость силы тяжести культиватора КЛДП от ширины захвата



При определении металлоемкости G универсальных орудий слагаемое G_2 является суммой силы тяжести сменных рабочих органов или сменных модулей.

Заключение

Предложенная формула для определения металлоемкости орудий позволяет оценить металлоемкость всех существующих универсальных и комбинированных почвообрабатывающих и посевных машин и может быть использована конструкторами при создании новых широкозахватных машин с определением возможных путей снижения их металлоемкости.

Список литературы

1. Почвообрабатывающие и посевные машины : курс лекций / В. В. Бледных [и др.]. Челябинск, 2004. 235 с.

2. Рахимов И. Р., Невзоров А. С., Анохин С. В. Разработка схемы и обоснование параметров универсального комбинированного орудия для обработки почвы и посева зерновых культур // Матер. LIV междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2015. Ч. II. С. 161–169.

3. Бледных В. В. Технико-экономический анализ производительности пахотных агрегатов // Труды ЧИМЭСХ. 1973. Вып. 72. С. 65–84.

4. Коновалов В. Н. Разработка комбинированного культиватора для основной и поверхностной обработки почвы : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2009. 150 с.

Рахимов Раис Саитгалеевич, д-р техн. наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: ildarr@bk.ru.

Рахимов Ильдар Раисович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Почвообрабатывающие и посевные машины и земледелие», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: ildarr@bk.ru.

Касымов Фаригат Фаткуллович, заведующий кафедрой физического воспитания, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: ildarr@bk.ru.

Невзоров Александр Сергеевич, магистр техники и технологии, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: ildarr@bk.ru.

Ружьева Галина Викторовна, магистр техники и технологии, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: ildarr@bk.ru.

* * *

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЗАГОТОВКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕДРЕВЕСНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

В. Н. Холопов, В. Н. Невзоров, П. В. Бырдин

Эффективное и рациональное лесопользование в нашей стране заключается не только в заготовке и переработке древесины, но и в использовании лесорастительных недревесных ресурсов, коими являются разнообразные дикорастущие плоды, ягоды, орехи, грибы, медоносные и лекарственные растения. Экономический успех заготовки таких ресурсов в Сибири обусловлен повышенным интересом к потреблению пищевых продуктов и лечебно-профилактических препаратов из экологически чистого растительного сырья. Однако при всех достоинствах современная производительность труда на сборе ягод, грибов, лекарственного сырья крайне ничтожна, а затраты труда на единицу стоимости готовой продукции практически несравнимы с другими отраслями лесохозяйственного и сельскохозяйственного производства. Ввиду этого возникает необходимость в разработке и производстве механизмов и приспособлений для заготовки и предварительной переработки различных видов лесных растительных ресурсов. Таким механизмом может стать разработанная авторами статьи малогабаритная сочлененная гусеничная машина, для повышения производительности и универсальности которой было разработано и запатентовано рулевое управление энергетической тележкой. Использование такого рулевого управления позволит в различных режимах движения осуществлять управление от одного органа и облегчить условия труда водителя. Также с целью обоснования конструктивных и кинематических параметров малогабаритной сочлененной гусеничной машины была проанализирована схема поворота сочлененной машины. В результате теоретического анализа был найден предельный угол между осями моторной и технологической тележек и установлена его зависимость от конструктивных параметров сочлененной машины. Увеличение предельного угла между продольными осями тележек возможно при блокировке горизонтального продольного шарнира.

Ключевые слова: недревесные ресурсы, малогабаритная сочлененная машина, рулевое управление, моторная тележка, технологическая тележка, предельный угол, горизонтальный продольный шарнир.

Актуальность темы

Лесорастительные недревесные ресурсы являются природной кладовой самых разнообразных дикорастущих плодов, ягод, орехов, грибов, медоносных и лекарственных растений, кормов, сырьем для получения эфирных растительных масел [1–6], технических жидкостей и т.д.

В Сибири отмечается устойчивая тенденция повышенного интереса к потреблению пищевых продуктов и лечебно-профилактических препаратов из экологически чистого растительного сырья. Препараты, приготовленные из местного сырья, оказывают гораздо больший

эффект людям, проживающим на соответствующей территории. Такие продукты повышают устойчивость организма к экстремальным ситуациям, нормализуют умственную и физическую работоспособность, обеспечивают увеличение жизненного цикла населения Сибири.

Цель исследований

Современная производительность труда на сборе ягод, грибов, лекарственного сырья ничтожна, а затраты труда на единицу стоимости готовой продукции практически несравнимы с другими отраслями лесохозяйственного и сельскохозяйственного производства. Поэтому



му первостепенной задачей в деле надлежащего освоения недревесной лесной растительности является разработка и производство механизмов и приспособлений для заготовки и предварительной переработки различных видов лесных растительных ресурсов [7].

Во многих случаях пищевые растительные ресурсы располагаются в горных и труднодоступных местах. Расширение источников заготовки не древесной продукции, к которым относятся лесные ресурсы, является важнейшей народнохозяйственной задачей, для решения которой не требуется существенных капитальных вложений.

Основной проблемой для организации рационального сбора недревесного сырья в различных природно-климатических условиях ее произрастания, начиная с просторов лесотундры Крайнего Севера и заканчивая горными склонами юга Сибири, является отсутствие малогабаритных и приспособленных к сложным условиям эксплуатации транспортных средств доставки технологического оборудования по переработки недревесного сырья.

Материалы и методы

Также существенным условием является частичная или полная переработка заготовленной недревесной продукции непосредственно на месте заготовки и ее бережная доставка к стационарному месту переработки посредством универсального малогабаритного модульного комплекса.

Основу такого модульного комплекса, предназначенного для работы в горных и труднодоступных районах Сибири, должна составлять малогабаритная сочлененная гусеничная машина [8], включающая в себя энергетическую и технологическую тележки, которая в минимальной степени воздействует на лесную почву. Для повышения универсальности машина может иметь несколько сменных технологических тележек под различный вид технологического оборудования и специальное рулевое управление [9].

Рулевое управление энергетической тележки такой сочлененной гусеничной машины содержит гидрообъемный рулевой механизм 1 (рис. 1), кинематически связанный с рулевым колесом 2, питающий насос 3, гидробак 4, шестилинейный двухпозиционный гидрораспределитель 5, гидроцилиндр 6 управления поворотом сочлененной машины, при этом корпус гидроцилиндра связан с энергетической тележкой, а его шток – с технологической (на рисунке тележки сочлененной машины не показаны).

Рулевое управление энергетической тележки сочлененной гусеничной машины содержит также двухсторонний гидрозамок 7, трехпозиционный пятилинейный гидрораспределитель 8 с гидроуправлением, гидроцилиндр 9 управления тормозом левой гусеницы (на чертеже тормоз не показан) энергетической тележки и гидроцилиндр 10 управления тормозом правой гусеницы (на чертеже тормоз не показан) энергетической тележки. Питающий насос 3

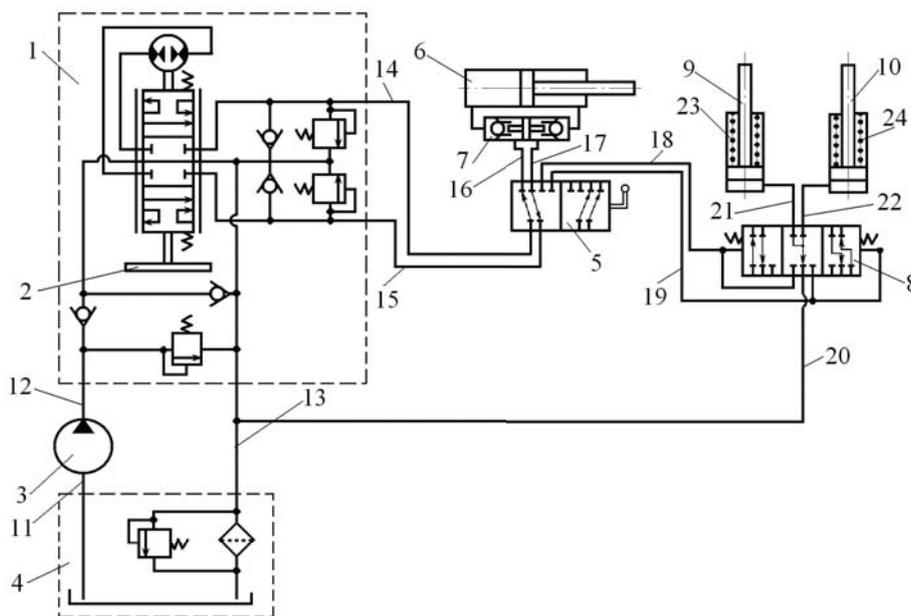


Рис. 1. Схема рулевого управления энергетической тележки сочлененной гусеничной машины

гидролинией 11 соединен с гидробаком 4. Рулевой механизм 1 гидролинией 12 соединен с питающим насосом 3, гидролинией 13 – с гидробаком 4, а гидролиниями 14 и 15 – с гидрораспределителем 5. Гидрораспределитель 5 гидролинией 16 соединен с левой и гидролинией 17 – с правой штоковыми полостями гидрозамок, связанными соответственно с левой и правой полостями гидроцилиндра 6. Гидролиниями 18 и 19 гидрораспределитель 5 соединен с гидрораспределителем 8, который гидролинией 20 соединен с гидробаком 4, гидролинией 21 – с гидроцилиндром 9 и гидролинией 22 – с гидроцилиндром 10. В первом положении золотника гидрораспределителя 5 рулевой механизм 1 гидравлически связан с гидроцилиндром 6 управления поворотом сочлененной машины, во втором положении золотника гидрораспределителя 5 рулевой механизм 1 гидравлически соединен с гидрораспределителем 8. В первом положении золотника гидрораспределителя 8 гидролиния 18 через гидролинию 21 соединена с гидроцилиндром 9, а гидроцилиндр 10 через гидролинии 22 и 20 соединен с гидробаком 4. Во втором положении золотника гидрораспределителя 8 гидроцилиндр 9 через гидролинии 21 и 20, а гидроцилиндр 10 через гидролинии 22 и 20 соединены с гидробаком 4. В третьем положении золотника гидрораспределителя 8 гидролиния 19 через гидролинию 22 соединена с гидроцилиндром 10, а гидроцилиндр 9 через гидролинии 21 и 20 соединен с гидробаком 4. Шток гидроцилиндра 9 снабжен пружиной 23, а шток гидроцилиндра 10 снабжен пружиной 24.

При движении сочлененной машины золотник гидрораспределителя 5 находится в первом положении. При повороте влево рулевого колеса 2 рабочая жидкость от гидрообъемного рулевого механизма 1 по гидролинии 14 через гидрораспределитель 5 и далее по гидролинии 16 через гидрозамок 7 поступает в левую полость гидроцилиндра 6. Поршень гидроцилиндра, перемещаясь, изменяет угол между продольными осями энергетической и технологической тележек. Происходит поворот сочлененной машины влево. Одновременно рабочая жидкость вытесняется из правой полости гидроцилиндра 6 через гидрозамок 7, гидролинию 17 и далее через гидрораспределитель 5 и гидролинию 15 в гидробак 4. При повороте вправо рулевого колеса 2 рабочая жидкость от гидрообъемного рулевого механизма 1 по гидролинии 15 через гидрораспределитель 5 и далее по гидролинии 17 через гидрозамок 7 поступает в правую полость

гидроцилиндра 6. Поршень гидроцилиндра, перемещаясь, изменяет угол между продольными осями энергетической и технологической тележек. Происходит поворот сочлененной машины вправо. Одновременно рабочая жидкость вытесняется из левой полости гидроцилиндра 6 через гидрозамок 7, гидролинию 16 и далее через гидрораспределитель 5 и гидролинию 14 в гидробак 4. Гидрозамок 7 предотвращает самопроизвольное изменение угла между продольными осями энергетической и технологической тележек.

При автономном движении энергетической тележки без технологической, золотник гидрораспределителя 5 находится во втором положении. Во втором положении находится и золотник гидрораспределителя 8, при этом рабочие полости гидроцилиндров 9 и 10 соединены через гидролинию 20 с гидробаком 4. Штоки гидроцилиндров 9 и 10 соответствующими пружинами 23 и 24 вдвинуты.

При повороте рулевого колеса 2 влево рабочая жидкость от гидрообъемного рулевого механизма 1 по гидролинии 14 через гидрораспределитель 5 и гидролинию 18 поступает к гидрораспределителю 8. Под действием давления рабочей жидкости золотник гидрораспределителя 8 перемещается вправо (по чертежу) и соединяет гидролинию 18 через гидролинию 21 с гидроцилиндром 9. Шток гидроцилиндра 9 выдвигается, сжимая пружину 23 и включая тормозной механизм левой гусеницы (на чертеже не показана) энергетической тележки. Сила торможения регулируется рулевым колесом 2, связанным с гидравлическим рулевым механизмом 1. Поскольку левая и правая гусеницы активных тележек сочлененных машин связаны между собой межколесным дифференциальным механизмом, включение тормоза левой гусеницы энергетической тележки приводит к повороту тележки влево, при этом межколесный дифференциальный механизм вместе с тормозом работает как механизм поворота гусеничной машины. Гидроцилиндр 10 правого тормозного механизма при этом через гидролинию 22, гидрораспределитель 8 и гидролинию 20 соединен с гидробаком 4. При прекращении воздействия на рулевое колесо 2 водителем золотник гидрораспределителя 8 возвращается во второе положение, гидроцилиндр 9 через гидролинии 21, 20 и гидрораспределитель 8 соединяется с гидробаком 4. Под действием пружины 23 шток гидроцилиндра 9 выдвигается.



При повороте рулевого колеса 2 вправо рабочая жидкость от гидрообъемного рулевого механизма 1 по гидролинии 15 через гидрораспределитель 5 и гидролинию 19 поступает к гидрораспределителю 8. Под действием давления рабочей жидкости золотник гидрораспределителя 8 перемещается влево и соединяет гидролинию 19 через гидролинию 22 с гидроцилиндром 10. Шток гидроцилиндра 10 выдвигается, сжимая пружину 24 и включая тормозной механизм правой гусеницы энергетической тележки. Происходит поворот энергетической тележки вправо. Гидроцилиндр 9 левого тормозного механизма при этом через гидролинию 21, гидрораспределитель 8 и гидролинию 20 соединен с гидробаком 4. При прекращении воздействия на рулевое колесо 2 водителем золотник гидрораспределителя 8 возвращается во второе положение, гидроцилиндр 10 через гидролинии 22, 20 и гидрораспределитель 8 соединяется с гидробаком 4. Под действием пружины 24 шток гидроцилиндра 10 вдвигается.

Описанное рулевое управление энергетической тележки сочлененной гусеничной машины обеспечивает управление сочлененной машиной, а также управление энергетической тележкой при ее автономном передвижении, например, при смене технологических тележек с разным технологическим оборудованием. Управление при таких различных режимах движения осуществляется от одного органа управления, что позволяет облегчить условия труда водителя.

Результаты исследований

Сочлененная машина [10], включающая в себя две соединенные шарнирным сцепным устройством тележки, имеет два опорных контура, которые показаны на рисунке 2. Треугольник AEF является опорным контуром моторной тележки. Точка С – положение центра тяжести моторной тележки – находится на линии опорного контура и определяет предельный угол между продольными осями моторной и технологической тележек. Найдем этот угол, определяющий положение неустойчивого равновесия сочлененной машины [11–16].

Из прямоугольного треугольника CDE имеем:

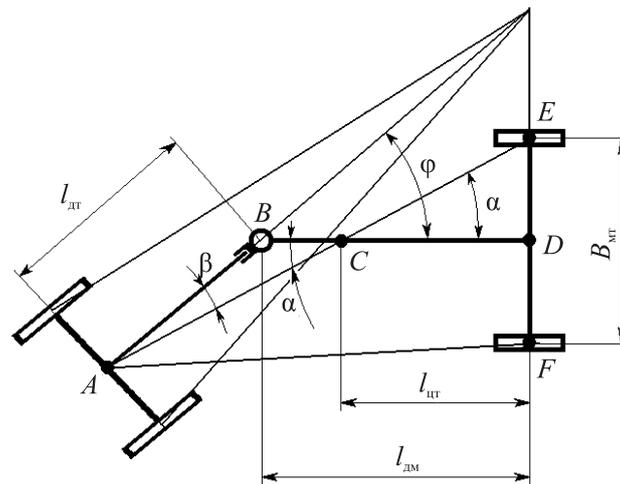
$$ce^2 = cd^2 + de^2 = l_{цт}^2 + 0,25B_{мт}^2.$$

На основании теоремы синусов получим

$$\frac{ed}{\sin \alpha} = \frac{0,5B_{мт}}{\sin \alpha} = \frac{ce}{\sin 90^\circ} = \frac{\sqrt{l_{цт}^2 + 0,25B_{мт}^2}}{1} = \sqrt{l_{цт}^2 + 0,25B_{мт}^2}.$$

или

$$\sin \alpha = \frac{0,5B_{мт}}{\sqrt{l_{цт}^2 + 0,25B_{мт}^2}}. \quad (1)$$



φ – угол между продольными осями моторной и технологической тележками; $l_{цт}$ – расстояние от оси моторной тележки до ее центра тяжести; $l_{дм}$ – расстояние от оси моторной тележки до вертикального шарнира сцепного устройства; $l_{дт}$ – расстояние от оси технологической тележки до вертикального шарнира сцепного устройства; $B_{мт}$ – колея моторной тележки

Рис. 2. Схема поворота сочлененной машины

Рассмотрим теперь треугольник ABC . Угол ACB равен α . Тогда, используя теорему синусов, получим

$$\frac{ab}{\sin \alpha} = \frac{l_{\text{дт}}}{\sin \alpha} = \frac{bc}{\sin \beta} = \frac{l_{\text{дм}} - l_{\text{цт}}}{\sin \beta},$$

отсюда

$$\sin \beta = \frac{l_{\text{дм}} - l_{\text{цт}}}{l_{\text{дт}}} \sin \alpha. \quad (2)$$

Из (1) и (2) найдем значения углов треугольника ABC .

$$\alpha = \arcsin \frac{0,5B_{\text{мт}}}{\sqrt{l_{\text{цт}}^2 + 0,25B_{\text{мт}}^2}}; \quad (3)$$

$$\beta = \arcsin \frac{l_{\text{дм}} - l_{\text{цт}}}{l_{\text{дт}}} \sin \alpha = \arcsin \frac{0,5B_{\text{мт}} (l_{\text{дм}} - l_{\text{цт}})}{l_{\text{дт}} \sqrt{l_{\text{цт}}^2 + 0,25B_{\text{мт}}^2}}. \quad (4)$$

Угол ABC в рассматриваемом треугольнике находится из суммы углов треугольника.

$$\angle ABC = 180^\circ - \alpha - \beta.$$

Но этот угол равен и $180^\circ - \varphi$. Тогда

$$180^\circ - \varphi = 180^\circ - \alpha - \beta$$

и

$$\varphi = \alpha + \beta. \quad (5)$$

Таким образом, предельный угол между продольными осями моторной и технологической тележек сочлененной машины, исходя из уравнений (3), (4) и (5), определяется

$$\varphi = \arcsin \frac{0,5B_{\text{мт}}}{\sqrt{l_{\text{цт}}^2 + 0,25B_{\text{мт}}^2}} + \arcsin \frac{0,5B_{\text{мт}} (l_{\text{дм}} - l_{\text{цт}})}{l_{\text{дт}} \sqrt{l_{\text{цт}}^2 + 0,25B_{\text{мт}}^2}}. \quad (6)$$

Уравнение (6) показывает, что этот предельный угол зависит от основных конструктивных параметров сочлененной машины.

Выводы и рекомендации

В статье определена связь конструктивных параметров сочлененной машины с предельным углом между продольными осями тележек сочлененной машины, определяющим положение ее неустойчивого равновесия. Найденный

предельный угол между продольными осями моторной и технологической тележек соответствует неподвижному положению машины, расположенной на горизонтальной площадке. При движении машины по косограм и при повороте предельный угол будет уменьшаться. При блокировке горизонтального продольного шарнира опорный контур будет определяться линиями, соединяющими точки контакта колес машины с опорной поверхностью, что позволит увеличить предельный угол между продольными осями моторной и технологической тележек.

Список литературы

1. Разработка оборудования для получения копильного дыма из растительного сырья Сибири / В. Н. Невзоров, В. Н. Холопов, В. А. Самойлов, О. И. Мяделец // Инновации в науке и образовании: опыт, проблемы, перспективы развития : матер. Всерос. оч.-заоч. науч.-практ. и науч.-метод. конф. с междунар. участием. Ч. 2 : Инновации в научно-практической деятельности. Красноярск : КрасГАУ, 2010. С. 120–122.
2. Сокращение сброса пихтового масла при его производстве / Т. В. Невзорова, В. Н. Невзоров, С. В. Хижняк, Р. А. Степень // Вестник КрасГАУ. 2011. № 10. С. 201–204.
3. Переработка растительного сырья на основе нанотехнологии / В. Н. Невзоров, В. А. Самойлов, А. И. Ярум, Т. В. Невзорова // Проблемы современной аграрной науки : матер. междунар. заоч. науч. конф. КрасГАУ. Красноярск, 2011. С. 231–234.
4. Самойлов В. А., Невзорова Т. В. Модернизация технологического оборудования для разделения пихтового масла и воды // Проблемы современной аграрной науки : матер. междунар. заоч. науч. конф. КрасГАУ. Красноярск, 2011. С. 120–125.
5. Невзоров В. Н., Степень Р. А., Невзорова Т. В. Совершенствование производства получения пихтового масла // Вестник КрасГАУ. 2014. № 2. С. 192–197.
6. Оптимизация параметров и совершенствование технологии зерношелушения / В. Н. Невзоров, В. Н. Холопов, В. А. Самойлов, А. И. Ярум // Вестник КрасГАУ. 2013. № 4. С. 160–165.
7. Невзоров В. Н., Холопов В. Н., Лабзин В. А. Структурная модель машины для сбора, первичной переработки и транспортировки недревесного сырья // Проблемы современной лесной аграрной науки. Красноярск, 2011. С. 242–247.



8. Холопов В. Н., Невзоров В. Н., Лабзин В. А. Концепция машины для заготовки и транспортировки лесного недревесного растительного сырья // Хвойные бореальные зоны. 2013. Т. 30. № 1–2. С. 149–154.

9. Пат. РФ № 2457139, МПК В62D 12/00, В62D 11/18. Рулевое управление энергетической тележки сочлененной гусеничной машины / В. Н. Холопов, В. А. Лабзин. № 2011100568/11 ; заявл. 11.01.2011 ; опубл. 27.07.2012, Бюл. № 21.

10. Пат. РФ № 2089431, МПК В62D 11/08, В62D 5/06. Устройство для управления сочлененной двухтележечной гусеничной машиной / В. Н. Холопов, В. А. Лабзин. № 93036804/11 ; заявл. 19.07.93 ; опубл. 10.07.97, Бюл. № 25.

11. Rehnberg A., Drugge L., Trigell A. S. Snaking stability of articulated frame steer vehicles with axle suspension. International Journal of Heavy Vehicle Systems. 2010. Т. 17. № 2. С. 119–138.

12. Cheng C., Cebon D. Parameter and state estimation for articulated heavy vehicles. Vehicle System Dynamics. 2011. Т. 49. № 1-2. С. 399–418.

13. Холопов В. Н., Лабзин В. А. Продольная устойчивость сочлененной машины для транспортировки пищевой продукции леса // Вестник КрасГАУ. 2012. № 8. С. 150–156.

14. Изгарев Г. М., Бердов Е. И. Поворот гусеничных машин на месте // АПК России. 2013. Т. 63. С. 51–55.

15. Полетайкин В. Ф., Холопов В. Н., Лабзин В. А. Некоторые параметры движения сочлененной машины через выступающую неровность // Вестник КрасГАУ. 2014. № 9. С. 195–201.

16. Позин Б. М., Трояновская И. П., Таборских Е. В. Статическая устойчивость шарнирно-сочлененного фронтального погрузчика // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 1. С. 25–27.

Холопов Владимир Николаевич, д-р техн. наук, профессор кафедры «Автомобили, тракторы и лесные машины», ФГБОУ ВО «Сибирский государственный технологический университет» (СибГТУ).

E-mail: 79082016413@yandex.ru.

Невзоров Виктор Николаевич, д-р с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология, оборудование бродильных и пищевых производств», ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет» (КрасГАУ).

E-mail: nevzorov1945@mail.ru.

Бырдин Павел Валерьевич, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Лесные машины и оборудование», ФГБОУ ВО «Братский государственный университет» (БрГУ).

E-mail: byrdin_pavel@mail.ru.

* * *

УСТРОЙСТВО АВТОНОМНОГО СОЛНЕЧНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

А. С. Чигак

В данной статье рассматривается конструкция разработанного автором устройства автономного солнечного энергоснабжения с использованием солнечных батарей (фотоэлектрических преобразователей). Применяемые в системах солнечного электроснабжения солнечные батареи преобразуют энергию солнечного света в электрическую. Однако угол расположения солнечной батареи относительно поступающей солнечной энергии не всегда позволяет получить максимальное количество выработанной электроэнергии. Поэтому на солнечные батареи устанавливают концентраторы излучения, чтобы направлять на них солнечную энергию и таким образом увеличивать мощность и выработку энергии. При этом повышается температура фотоэлементов и, как следствие, снижается мощность солнечной батареи, что пропорционально приводит к снижению количества вырабатываемой электроэнергии. Поэтому необходима система охлаждения СБ, позволяющая параллельно направлять отведенное тепло на нагрев теплоносителя для отопления и горячего водоснабжения без значительного увеличения размеров и массы установки. Для исследования существующего уровня техники по данному вопросу был проведен патентный поиск устройств, позволяющих концентрировать солнечное излучение. Анализ существующих концентраторных установок по результатам поиска показал, что необходимые установки есть, но их конструкция не позволяет одновременно снабжать потребителей электрической и тепловой энергией. На основе проведенного анализа выявлены недостатки рассмотренных установок, которые устранены в разработанном устройстве, с сохранением достоинств устройств-прототипов. Разработанное устройство солнечного энергоснабжения позволяет осуществить автономное питание сельскохозяйственных потребителей электрической и тепловой энергией, полученной при преобразовании солнечного излучения. Для крупных потребителей, для которых электрической и тепловой мощности устройства недостаточно, возможно использование нескольких устройств. На данное устройство получен патент на полезную модель № 153290.

Ключевые слова: концентратор солнечного излучения, солнечная батарея, электропитание, теплоснабжение, фотоэлементы.

Актуальность темы

Общепризнано, что основным фактором развития цивилизации является эффективное использование источников энергии. В основном мы используем традиционные энергоресурсы, такие как нефть, уголь, природный газ. Рост мировой экономики ограничивается дефицитом энергоресурсов и растущими ценами на них [1]. Постоянный рост затрат на энергоносители снижает эффективность системы энергоснабжения. В связи с этим для повышения эффективности системы энергоснабжения требуется ее совершенствование. Одним из путей является разработка системы энергоснабжения

с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) с целью снижения затрат на полезно потребляемую энергию [2].

В частности, Евросоюз поставил задачу довести выработку электроэнергии за счет возобновляемых источников энергии до 30% от общего потребления энергии. В этом ряду наиболее перспективной является солнечная энергетика. Особенностью солнечной энергии является возможность вырабатывать тепловую и электроэнергию в течение круглого года [3]. Основной прирост мощностей фотоэлектрических станций пришелся на последние 5 лет, когда их объем вырос в 10 раз [4].



Применяемые в системах солнечного электроснабжения солнечные батареи (СБ) преобразуют энергию солнечного света в электрическую. Данное преобразование позволяет получить автономный источник энергии для многих применений, в частности в сельском хозяйстве. Чем больше солнечной энергии получает СБ, тем больше электроэнергии она может выработать. Однако расположение СБ относительно поступающей солнечной энергии не всегда позволяет получать максимальное количество электроэнергии.

На СБ можно также устанавливать концентраторы излучения, чтобы направлять на них солнечную энергию и таким образом увеличивать выработку энергии. Однако концентраторы могут вызывать чрезмерный нагрев СБ, приводящий к снижению мощности и, соответственно, вырабатываемой электроэнергии, или к термическим повреждениям СБ. Поэтому необходима система охлаждения СБ, позволяющая параллельно направлять отведенное от СБ тепло на нагрев теплоносителя для отопления и горячего водоснабжения без значительного увеличения размеров и массы установки.

Цель исследований

Целью исследований автора является разработка установки автономного солнечного энергоснабжения с использованием фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) и концентраторов солнечного излучения с сохранением достоинств и устранением недостатков известных технических решений.

Материалы и методы

Для поиска существующих на сегодняшний день концентраторных установок солнечного излучения, а также выявления их достоинств и недостатков был проведен патентный поиск устройств, позволяющих концентрировать солнечное излучение.

Результаты поиска показали, что имеющиеся концентраторные установки обладают рядом недостатков, в числе которых использование недостаточно широко распространенных гибких ФЭПов, в большинстве устройств отсутствует система охлаждения ФЭПов или, при ее наличии, отведенное тепло на полезные цели не идет, рассеиваясь в атмосфере, покрытие ФЭПами только части пригодной для этого поверхности установки.

Результаты исследований

По результатам патентного поиска был проведен анализ конструкций существующих

концентраторных установок солнечного излучения.

Имеющиеся установки обладают рядом недостатков. Так, в энергетическом модуле [5] используются недостаточно распространенные, а поэтому имеющие высокую стоимость, гибкие ФЭПы, информации об использовании отведенного тепла нет. В концентраторе световой энергии для солнечных батарей [6] ФЭПами покрыта только часть пригодной для этого поверхности установки, как и в установке [7], охлаждение ФЭПов недостаточно эффективное так же, как в установках [8–11], причем также нет возможности использовать отведенное тепло для отопления и горячего водоснабжения. Блок концентраторов солнечной батареи [12] и установка [13] содержат в себе большое количество элементов, что снижает надежность их работы.

Анализ конструкций существующих концентраторных установок солнечного излучения показал необходимость создания устройства автономного солнечного энергоснабжения с использованием ФЭПов и концентраторов солнечного излучения. При этом важно сохранить достоинства и устранить недостатки известных технических решений.

Разработанное автором устройство позволяет преобразовывать энергию солнечного света как в электрическую, так и в тепловую. Устройство подключается к системе энергоснабжения в качестве источника тепловой энергии; независимо от этого происходит выработка электроэнергии.

Предлагаемое устройство включает первую внешнюю поверхность и вторую внутреннюю поверхность, скрепленные между собой, на наружной стороне второй поверхности расположена совокупность ФЭПов, а внутренняя сторона первой поверхности представляет собой рефлектор, обращенный к наружной стороне второй поверхности. Обе поверхности выполнены в форме призм, причем стенки второй поверхности выполнены из материала с высокой теплопроводностью, а на верхней стороне дополнительно установлены ФЭПы, внутренняя часть устройства представляет собой бак с входным и выходным патрубками и циркулирующим в нем теплоносителем. Внутренняя часть первой поверхности имеет зеркальное покрытие для отражения солнечного излучения на ФЭПы. Устройство дополнительно содержит систему слежения за солнцем, используемую для ориентации устройства перпендикулярно направлению падения излучения и включающую

системы управления, вращения и поддерживающую конструкцию.

Покрытие ФЭПами верхней стороны внутренней поверхности устройства позволяет повысить КПД устройства за счет повышения его электрической мощности при неизменной мощности солнечного излучения и неизменной площади верхней стороны устройства. Использование поверхностей призмной формы позволяет создать бак для поддержания КПД ФЭПов за счет предотвращения повышения их температуры. Применение системы слежения за солнцем позволяет повысить КПД устройства за счет увеличения суточного количества вырабатываемой устройством электроэнергии.

На рисунке 1 представлен вид устройства сверху.

На рисунке 2 представлен вид устройства сбоку.

Устройство автономного солнечного энергоснабжения с использованием ФЭПов состоит

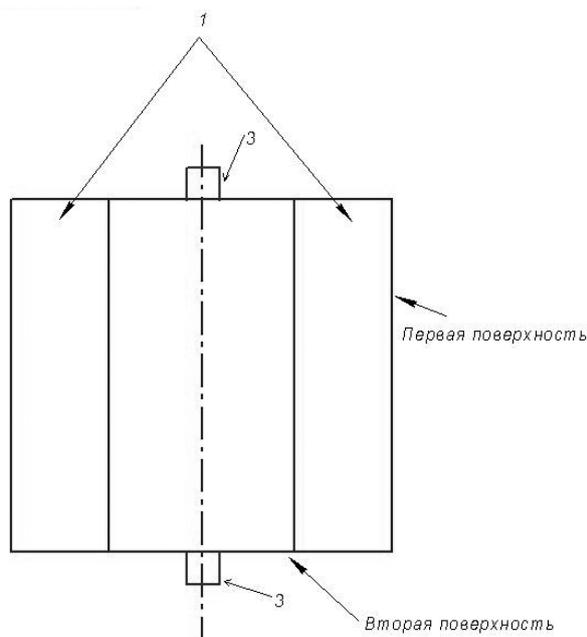


Рис. 1. Вид устройства сверху

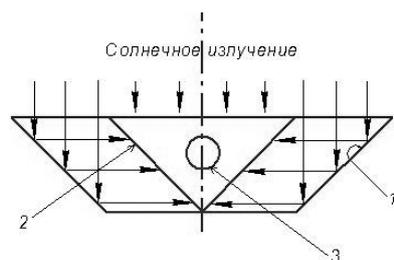


Рис. 2. Вид устройства сбоку

из первой внешней и второй внутренней поверхностей, выполненных в форме призм. Внутренняя сторона 1 первой поверхности имеет зеркальное покрытие для отражения излучения на ФЭПы, расположенные на внешней стороне 2 второй поверхности.

Вторая поверхность представляет собой полую конструкцию призмной формы, в торцевых частях которой расположены патрубки 3 для обеспечения подвода и отвода теплоносителя. Стенки призмы выполнены из материала с высокой теплопроводностью.

На внешних сторонах второй поверхности расположены ФЭПы. На верхней стороне второй поверхности расположены дополнительные ФЭПы. Устройство крепится к системе слежения за солнцем.

При работе устройства часть солнечного излучения непосредственно поглощается ФЭПами, расположенными на верхней стороне второй поверхности. Часть излучения отражается от зеркального покрытия внутренней стороны первой поверхности 1 на ФЭПы, расположенные на внешних сторонах второй поверхности 2. При этом вырабатывается электроэнергия, часть которой может использоваться для питания системы слежения за солнцем. ФЭПы охлаждаются за счет циркуляции теплоносителя в баке.

Для снижения нагрева ФЭПов при облучении солнечным излучением вторая поверхность покрыта теплопроводящим материалом, который через теплопроводящую стенку поверхности передает тепловую энергию теплоносителю, циркулирующему в баке с последующей передачей отобранной тепловой энергии потребителю. При этом поддерживается КПД ФЭПов и происходит более полное по сравнению с известными устройствами использование энергии.

Бак устройства подключается к системе энергоснабжения с помощью патрубков 3 для обеспечения подвода и отвода теплоносителя с последующей передачей отобранной тепловой энергии потребителю. Циркуляция теплоносителя в системе энергоснабжения может осуществляться циркуляционным насосом [14, 15].

Система слежения за солнцем ориентирует устройство таким образом, чтобы его верхняя часть была перпендикулярна солнечному излучению.

На данное устройство получен патент на полезную модель № 153290, опубликован 10.07.2015.



Выводы

Установки с использованием концентраторов солнечного излучения для питания сельскохозяйственных потребителей есть, однако большинство существующих концентраторных установок солнечного излучения имеют большие габариты и массу, что делает их непригодными для использования в установках солнечного энергоснабжения. Кроме того, происходит нагрев СБ, приводящий к снижению мощности установки. Излишнее тепло, отведенное от СБ, можно направить на нагрев теплоносителя для отопления и горячего водоснабжения, чего в существующих концентраторных установках не предусмотрено.

В ходе проведенных исследований разработано устройство солнечного энергоснабжения, позволяющее осуществить автономное питание потребителей электрической и тепловой энергией, полученной при преобразовании солнечного излучения, на которое получен патент на полезную модель №153290, опубликован 10.07.2015.

Список литературы

1. Стребков Д. С. Матричные солнечные элементы : в 3-х томах. М. : ГНУ ВИЭСХ, 2009. Т. 1. 120 с.
2. Шерьязов С. К., Пташкина-Гирина О. С. Особенности использования возобновляемой энергии в сельском хозяйстве // Вестник ЧГАА. 2013. Т. 66. С. 95–101.
3. Батраков А. В., Ртищева А. С. Применение солнечных коллекторов для отопления частных домов // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : сб. матер. Всерос. студ. олимпиады, науч.-практ. конф. и выставки работ студ., аспирантов и молодых ученых (17–20 декабря 2013 г.) Екатеринбург : УрФУ, 2013. С. 340–342.
4. Возмилов А. Г., Малюгин С. А., Малюгина А. А. Повышение эффективности использования солнечной энергии в автономных

системах энергоснабжения сельского хозяйства // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 69. С. 10–13.

5. Энергетический модуль (2028557, RU, МПК F24J2/12, F24J2/14, H01L31/052, опубликован 09.02.1995).

6. Концентратор световой энергии для солнечных батарей (122526, RU, МПК H01L31/052, опубликован 27.11.2012).

7. Solar concentrator with square mirrors (US 20090114213 A1, опубликован 07.05.2009).

8. Солнечный фотоэлектрический субмодуль (2442244, RU, МПК H01L31/052, опубликован 27.02.2012).

9. Solar concentrator array (US 5180441 A, опубликован 19.01.1993).

10. Opposing Row Linear Concentrator Architecture (US 20120031393 A1, опубликован 09.02.2012).

11. Device and method for solar power generation (US 8546681 B2, опубликован 01.10.2013)

12. Блок концентраторов солнечной батареи и способ концентрирования солнечной энергии на панелях солнечной батареи с концентраторами (2309484, RU, МПК H01L31/052, F24J2/10, опубликован 27.10.2007)

13. Solar concentrator system for solar energy plants (US 20110067688 A1, опубликован 24.03.2011).

14. Шерьязов С. К., Чигак А. С. Повышение эффективности автономной системы солнечного теплоснабжения // Труды 9-й междунар. науч.-техн. конф. «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве» : в 5-ти частях. Ч. 4 : Возобновляемые источники энергии. Местные энергоресурсы. Экология. М. : ГНУ ВИЭСХ, 2014. С. 128–133.

15. Шерьязов С. К., Чигак А. С. Исследование автономной системы солнечного теплоснабжения // Матер. ЛШ междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2014. С. 325–331.

Чигак Алексей Сергеевич, аспирант, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: alex_174_2@mail.ru.

* * *

УДК 631.53.01 : 633.16

ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЯ СОРТА Л-32

А. А. Грязнов, С. М. Красножон, Д. А. Сухорукова

Производство высококачественных семян голозерного ячменя в значительной степени затруднено отсутствием цветковых чешуй на зерновках. Это обстоятельство усиливает риск травмирования семян во время контакта с деталями машин, что способствует усилению поражения семян возбудителями болезней и снижению их лабораторной, полевой всхожести и выживаемости растений. Изучены посевные качества в зависимости от фракционного состава исходной партии семян, использования химических препаратов: фунгицида Витарос и адаптационных гуминовых препаратов АТО и Росток. Исследования проведены на сортах голозерного ячменя Л-32 и пленчатого Челябинский 99. Проанализирован семенной материал репродукции 2014 года из Еманжелинского ГСУ (южная лесостепь Челябинской области). Лабораторные опыты проведены с использованием штатного оборудования. Полевые опыты закладывали в условиях северной лесостепи Челябинской области (Институт агроэкологии – филиал Южно-Уральского ГАУ). Срок посева ранний (26 апреля). Норма высева – 3,1 млн всхожих семян на гектар. В составе семенных партий выделены фракции с повышенной лабораторной всхожестью – для голозерного сорта фракция семян 2,2–2,4 мм (94,2%), для пленчатого аналога с размером семян более 3,0 мм (91,7%). Показано, что предпосевная обработка фунгицидом Витарос приводила к снижению лабораторной всхожести семян изучаемых сортов на 7,7–10,0% и полевой всхожести на 7,6–19,7%. Применение препаратов АТО и Росток во всех вариантах опыта способствовало повышению лабораторной всхожести на 4,1–7,3%, но не снижало ингибирующего действия фунгицида. Использование препарата Витарос обеспечило достоверное повышение выживаемости растений голозерного сорта Л-32 на 9,4%. Выживаемость растений после обработки семян обоих сортов препаратами на гуминовой основе АТО и Росток возросла на 3,4–7,2%.

Ключевые слова: ячмень голозерный, фунгицид Витарос, гуминовый препарат АТО, «Росток», фракционный состав семян, лабораторная, полевая всхожесть семян, выживаемость растений.

Актуальность темы

Семеноводство – это та сфера деятельности хозяйствующих субъектов, от которой в решающей мере зависит в целом судьба сорта и эффективность его использования в сельскохозяйственном производстве. Быстрая и полная реализация достижений селекции невозможна без хорошо налаженного семеноводства сорта любой сельскохозяйственной культуры. Семеноводство как отрасль производства является самостоятельным и достаточно мощным резервом повышения урожайности [1].

Семена, эти носители экономической значимых хозяйственно-ценных признаков, как

и всякий товар, служат предметом купли-продажи. Поэтому в условиях рыночных отношений хорошо налаженное семеноводство может быть экономически выгодной отраслью хозяйств разных форм собственности. Считается, что правильно организованное семеноводство способно повысить продуктивность посевов сельскохозяйственных культур на 20% и более. Признано, что чем скорее происходит процесс сортосмены, тем более весома экономическая отдача от использования той дискретной биологической системы, каковой является сорт. В литературе [2] приводятся сведения о вкладе сорта в формирование урожайности мягкой



пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения на уровне 58–63%, а в благоприятные годы на фоне высокой технологии возделывания он возрастает до 90%.

Процесс производства семян голозерных сортов ячменя, в отличие от такового у пленчатых сортов, имеет свои особенности, которыми не следует пренебрегать. Необходимо иметь в виду, что голозерный ячмень в целом как культура, представляется значительно более «молодой» по сравнению с культурой пленчатого ячменя. Это обстоятельство во многом определяет наличие узких мест в технологии производства семян голозерных сортов.

Наиболее слабыми звеньями в системе семеноводства голозерных сортов являются низкие, по сравнению с сортами пленчатого ячменя, показатели лабораторной и полевой всхожести семян, а также выживаемости растений. Этот недостаток в значительной степени связан с отсутствием цветковых чешуй на зерновках, что, в свою очередь, увеличивает риск травмирования семян при контакте с деталями машин [3, 4]. Основными симптомами травмирования семян являются: полностью или частично выбитый зародыш, сдавливание, сколы, трещины. Указанные дефекты способствуют усилению поражения семян возбудителями болезней, снижению их лабораторной, полевой всхожести и выживаемости растений [2, 4]. Современные технологии позволили в конце XX века получить новое поколение органических удобрений – гуматов, воздействие которых на растения и семена носит комплексный, многоступенчатый характер, охватывая практически все аспекты жизнедеятельности растений [5]. По мнению Л. П. Ворониной, если гуматами обработать семена перед посевом, то у них и всхожесть, и энергетика прорастания будут выше. Гуминовые вещества будут подавлять патогенные микроорганизмы, у растений повысится иммунитет [6]. Об эффективности применения гуминовых препаратов на посевах зерновых культур и положительном влиянии гуминовых стимуляторов роста растений на повышение урожайности сельскохозяйственных культур свидетельствуют данные многих источников [7–15]. Однако рекомендации по повышению качества семян культуры голозерного ячменя требуют дальнейших уточнений. Поэтому исследования в направлении изыскания эффективных приемов семеноводства голозерного ячменя представляются исключительно актуальными.

Цель исследований – обосновать приемы повышения показателей лабораторной, полевой всхожести семян и выживаемости растений голозерного сорта ячменя.

Материал и методы исследований

Исследовали семенной материал двух сортов ячменя репродукции 2014 года из Еманжельинского ГСУ. Голозерный ячмень представлен сортом Л-32 разновидности *aethiops*, пленчатый – сортом Челябинский 99 разновидности *nutans* (контрольный вариант).

Исследования проведены на кафедре производства и переработки сельскохозяйственной продукции Института агроэкологии – филиала Южно-Уральского ГАУ. В лабораторных условиях определяли физическую разнокачественность исходного семенного материала с разделением на фракции. Исследования проведены на основе ГОСТов 10842-89, 12038-84, 12038-84 [16, 17].

Для обработки семян использованы препараты: фунгицид Витарос, а также стимуляторы роста на гуминовой основе – активированный торфогумат Ольховского АТО и Росток. Обработка семян проведена в соответствии с рекомендациями производителей препаратов [18–20].

Полевые опыты закладывали согласно методике для мелкоделяночных опытов – площадь делянок 0,32 м², повторность 4-кратная. На делянке размещали четыре однометровых рядка с междурядьями – 8 см, норма высева – 25 семян/рядок (3,1 млн семян на га), глубина заделки семян – 3 см, срок посева – ранний (26 апреля).

Результаты исследований

В результате исследований фракционного состава семенного материала выделены контрольные фракции семян, представляющие собой смесь фракций, обычно используемых в производстве для посева: у сорта Челябинского 99 – > 2,2 мм, Л-32 – > 2,0 мм. Разделение семян на фракции с последующим анализом их посевных качеств способствовало выявлению материала с повышенными физическими показателями (табл. 1).

Выравненность – это сход семян с двух смежных решет с наибольшей массой семян, при этом партия семян признается выравненной, если показатель достигает 80%. Показано, что из состава исследуемой массы семян выделено по четыре фракции. Слагаемые показатели двух смежных фракций не представляют возможности квалифицировать семенной материал как «выравненный», что не позволяет отнести

данные семена к числу высокотехнологичных при формировании партий семян для посева. Результаты лабораторного анализа подтвердили данный тезис. Установлено, что разложение семенного материала на составные фракции, отличающиеся между собой размерными характеристиками, отличаются лабораторной всхожестью семян (табл. 2).

Различия значений лабораторной всхожести по сортам объяснимы в связи с архитектурой колосьев и связанными с этим показателями выравненности и фракционного состава семян.

Результаты получены на семенах репродукции 2014 года. С учетом этого обстоятельства можно полагать, что в другие годы могут быть получены иные результаты, поэтому подобный подход к формированию семенного материала необходимо осуществлять ежегодно.

С целью изучения действия фунгицида и стимуляторов роста на лабораторную всхожесть семян были взяты фракции с наивысшими показателями лабораторной всхожести:

у пленчатого сорта ячменя Челябинский 99 фракция семян > 3 мм, у сорта Л-32 фракция семян 2,2–2,4 мм. Результаты исследований представлены в таблице 3.

Выявлено, что обработка семян фунгицидом Витарос существенно снижает показатель лабораторной всхожести семян обоих сортов. В то же время наблюдалось доказанное повышение показателя в вариантах обработки семян стимуляторами роста на гуминовой основе.

Несмотря на попытки нивелировать угнетающее действие фунгицида путем его совместного использования со стимуляторами роста на гуминовой основе, успеха в этом направлении исследований не достигнуто. Показатели лабораторной всхожести остались на уровне с контрольным вариантом, но выше, чем при обработке одним фунгицидом Витарос.

Исследования указали на существенное снижение полевой всхожести семян обоих сортов как от действия фунгицида, так и от действия адаптогенных препаратов (табл. 4).

Таблица 1 – Физическая разнокачественность семенного материала сортов ячменя

Сорт	Фракция, мм	Масса 1000 семян, г	Фракционный состав, %	Выравненность, %
Челябинский 99	2,2–2,4	30,0	33,4	64,2
	2,4–2,5	41,0	30,8	
	2,5–3,0	47,0	22,6	
	> 3,0	56,0	13,2	
	> 2,2→ 3,0 (К)	40,6	–	
Л-32	2,0–2,2	25,3	14,8	67,3
	2,2–2,4	31,5	17,8	
	2,4–2,5	36,8	36,2	
	2,5 – > 3,0	43,3	31,1	
	> 2,0→ 3,0 (К)	36,1	–	

Таблица 2 – Лабораторная всхожесть семян сортов ячменя

Сорт	Фракция, мм	Всхожесть	
		%	отклонение
Челябинский 99	2,2–2,4	87,5	–0,8
	2,4–2,5	90,8	2,5
	2,5–3,0	86,7	–1,6
	> 3,0	91,7	3,4
	> 2,2→ 3,0 (К)	88,3	–
НСР ₀₅			3,0
Л-32	2,0–2,2	87,5	–3,5
	2,2–2,4	94,2	3,1
	2,4–2,5	91,7	0,6
	2,5–3,0	92,5	1,5
	> 2,0→ 3,0 (К)	91,0	–
НСР ₀₅			3,0



Показатель выживаемости растений (отношение числа продуктивных растений к числу всходов) указывает на неоднозначную реакцию сортов после обработки семян фунгицидом. Голозерный сорт положительно отозвался на протравливание семян препаратом витарос (+9,4%), в то время как у пленчатого аналога этот показатель снизился на 10,2%.

Обработка семян адаптогенными препаратами приводила к существенному повышению выживаемости растений обоих сортов (+3,4%). Наиболее выраженный эффект от обработки семян этими препаратами получен у сорта Челябинский 99 (+7,2%).

Выводы

1. Пофракционный анализ семенного материала голозерного сорта Л-32 и пленчатого реестрового сорта Челябинский 99 выявил не-

достаточно высокий показатель выравненности семян Еманжелинского ГСУ репродукции 2014 года – 64,2–67,3%.

2. В составе семенных партий выделены фракции с повышенным эффектом лабораторной всхожести – для голозерного сорта фракция семян 2,2–2,4 мм (94,2%), для пленчатого аналога с размером семян более 3,0 мм (91,7%).

3. Предпосевная обработка фунгицидом привела к снижению лабораторной всхожести семян изучаемых сортов на 7,7–10,0%.

4. Применение стимуляторов роста на гуминовой основе АТО и Росток во всех вариантах опыта способствовало повышению лабораторной всхожести от 4,1 до 7,3%.

5. Использование препаратов АТО и Росток в качестве адаптогенов, снижающих ингибирующее действие фунгицида, не дало положительного результата.

Таблица 3 – Влияние предпосевной обработки фунгицидом и стимуляторами роста на лабораторную всхожесть семян сортов ячменя

Сорт, фракция семян	Вариант	Лабораторная всхожесть	
		%	отклонение
Челябинский 99 > 3 мм	Контроль	91,7	–
	Витарос	81,7	–10,0
	АТО	95,8	4,1
	Росток	98,3	6,6
	Витарос + АТО	92,5	0,8
	Витарос + Росток	91,7	0,0
НСР ₀₅			2,7
Л-32 2,2–2,4 мм	Контроль	91,0	–
	Витарос	83,3	–7,7
	АТО	98,3	7,3
	Росток	97,5	6,5
	Витарос + АТО	90,8	–0,2
	Витарос + Росток	89,2	–1,8
НСР ₀₅			2,9

Таблица 4 – Влияние предпосевной обработки фунгицидом и стимуляторами роста на полевую всхожесть семян и выживаемость растений сортов ячменя

Сорт, фракция семян (мм)	Вариант	Полевая всхожесть		Выживаемость растений	
		%	отклонение	%	отклонение
Челябинский 99 > 3 мм	Контроль	96,0	–	87,5	–
	Витарос	88,4	–7,6	77,3	–10,2
	АТО	76,9	–19,1	94,7	7,2
	Росток	88,8	–7,2	90,9	3,4
НСР ₀₅			3,9		2,1
Л-32 2,2–2,4 мм	Контроль	92,1	–	73,9	–
	Витарос	72,4	–19,7	83,3	9,4
	АТО	88,6	–3,5	77,3	3,4
	Росток	88,9	–3,2	77,3	3,4
НСР ₀₅			2,8		2,7

6. Обработка фунгицидом Витарос отрицательно сказалась на полевой всхожести семян обоих сортов (-7,6–19,7%) и выживаемости растений сорта Челябинский 99 (-10,2%). В то же время использование препарата обеспечило достоверное повышение выживаемости растений голозерного ячменя сорта Л-32 на 9,4%.

7. Использование адаптогенных препаратов на гуминовой основе способствовало достоверному повышению выживаемости растений обоих сортов на 3,4–7,2% (АТО), на 3,4% (Росток).

Рекомендации производству

1. При подготовке семенного материала голозерного сорта ячменя к посеву рекомендуется выделение из исходной массы семян фракции с повышенным показателем лабораторной всхожести.

2. Семена голозерного сорта Л-32 перед посевом рекомендуется обрабатывать фунгицидом Витарос, повышающим выживаемость растений.

3. Рекомендуется предпосевная обработка семян адаптогенными препаратами на гуминовой основе АТО и Росток, способными повышать лабораторную всхожесть семян и выживаемость растений обоих сортов ячменя.

Список литературы

1. Зыкин В. А. Сорты яровой пшеницы СибНИИСХ – гарантия устойчивых урожаев в засушливых условиях их возделывания // Состояние и перспективы семеноводства Российской Федерации : матер. Всерос. науч.-практич. конф. Курган : Изд-во ПК Зауралье, 2009. С. 103–115.

2. Грязнов А. А. Возможности диверсификации сортового разнообразия на примере культуры ячменя // Вестник ЧГАА. 2012. Т. 61. С. 104–109.

3. Грязнов А. А., Лойкова А. В., Бидянов В. А. К вопросу о повышении качества семян голозерного ячменя // Вестник ЧГАА. 2013. № 65. С. 118–123.

4. Грязнов А. А. Ячмень голозерный в условиях неустойчивого увлажнения : монография. Куртамыш : ООО «Куртамышская типография», 2014. 300 с.

5. Кирдей, Т. А. Гуминовые препараты в агротехнологиях // Земледелие. 2013. № 5. С. 12–14.

6. Воронина Л. П., Якименко О. С., Терехова В. А. Оценка биологической активности промышленных гуминовых препаратов // Агротехника. 2012. № 6. С. 45–52.

7. Использование нового препарата гумостим для оптимизации фитосанитарного состояния картофеля / А. А. Малюга [и др.] // Вестник НГАУ. 2012. Вып. 3(24). С. 7–9.

8. Малюга А. А., Енина Н. Н., Бурмистрова Т. И. Применение торфогуминовых препаратов и минеральных удобрений при возделывании картофеля : рекомендации / рец. В. Н. Шоба ; Российская академия сельскохозяйственных наук, Сибирское отделение, Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства. Новосибирск : [б. и.], 2009. 22 с.

9. Стифеев А. И., Шамин Д. В., Казначеев А. М. Эффективность гуминовых препаратов на посевах зерновых культур // Вестник Курской ГСХА. 2008. № 3. С. 12–14.

10. Влияние гуминовых стимуляторов роста растений на повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Режим доступа : <http://www.humistim.ru/humicfertilizers.html>.

11. Применение торфогуминовых препаратов и минеральных удобрений при возделывании картофеля : рекомендации / А. А. Малюга, Н. Н. Енина, Т. И. Бурмистрова ; Россельхозакадемия. Сиб. отд-ние. СибНИИЗХим. Новосибирск : [б. и.], 2009. 22 с.

12. Козлова Е. Н., Степанов А. Л., Лысак Л. В. Применение бактериально-гумусовых препаратов в целях ремедиации почв, загрязненных дизельным топливом // Почвоведение. 2014. № 5. С. 580–583.

13. Коновалов А. С., Бутырин М. В. Оценка применимости гуминового препарата Гумэл для снижения токсичности почв, загрязненных мышьяком // Плодородие. 2014. № 1. С. 40–41.

14. Влияние препарата Росток на рост, развитие, урожайность и качество зерна яровой пшеницы / Н. Грицай, Н. Балужева // Главный агроном. 2014. № 4. С. 16–18.

15. Использование нового препарата гумостим для оптимизации фитосанитарного состояния картофеля / А. А. Малюга [и др.] // Вестник НГАУ. 2012. Вып. 3(24). С. 7–9.

16. ГОСТ 10842-89. Межгосударственный стандарт. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен и 1000 семян. Введен 01.07.91.

17. ГОСТ 12038-84. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М. : Станартинформ, 2011. 64 с.

18. Универсальный протравитель «Витарос». Режим доступа : <http://www.avgust.com/product>.



19. Активированный торфогумат Ольховского «АТО». Режим доступа : <http://www.torfohumate.com>.

20. Росток – гуминовый препарат. Режим доступа : fermer.ru.

Грязнов Анатолий Александрович, д-р с.-х. наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры производства и переработки сельскохозяйственной продукции, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: granal@yandex.ru.

Красножон Сергей Михайлович, канд. с.-х. наук, доцент, заведующий кафедрой производства и переработки сельскохозяйственной продукции, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: krasnozhonsergei@mail.ru.

Сухорукова Дарья Александровна, магистр, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: technology@insagro.ru.

* * *

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА СОРНЫЙ КОМПОНЕНТ АГРОЦЕНОЗА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

С. М. Красножон

В статье рассматриваются результаты исследований, проведенных в северной лесостепной зоне Челябинской области в 2002–2013 гг. Установлен видовой состав сорного компонента агрофитоценоза и динамика численности сорных растений в течение вегетационного периода. Определена эффективность применения гербицидов различных классов в посевах яровой пшеницы в зависимости от видового состава сорной растительности и погодных условий периода вегетации. Приведена оценка взаимоотношений яровой пшеницы и сорной растительности, опосредованных реакцией культуры на различные элементы технологии возделывания (зяблевая обработка, сроки посева, условия минерального питания, применение гербицидов). В условиях дефицита влаги, проявившегося в период исследований, внесение минеральных удобрений как при раннем, так и позднем посеве способствовало более интенсивному нарастанию вегетативной массы и повышению урожайности яровой пшеницы. Против двудольных сорняков в условиях региона достигается устойчивый положительный эффект от применения производных арилоксиалкилкарбоновых кислот, комбинированных препаратов и производных сульфанилмочевины, при этом довольно высокая остаточная засоренность формируется за счет злакового компонента и применение препаратов против двудольных сорняков на фоне смешанной засоренности не решает проблему контроля сорняков. В посевах зерновых культур, наряду с корнеотпрысковыми сорняками, повсеместно стал преобладать злаковый тип засорения посевов пшеницы, поэтому при разработке технологий возделывания необходимо предусмотреть меры борьбы не только с многолетними и малолетними двудольными, но и с малолетними злаковыми.

Ключевые слова: сорная растительность, агрофитоценоз, яровая пшеница, технология возделывания.

Актуальность темы

В современном сельском хозяйстве России контроль фитосанитарного состояния посевов является одной из наиболее сложных задач [1]. Интенсификация земледелия требует более эффективных систем защиты от вредных организмов [2, 3]. Сорные растения являются компонентом практически всех полевых агрофитоценозов, поэтому из всех направлений защиты растений первостепенное значение приобрела борьба с сорняками [4]. Контроль засоренности посевов может быть эффективным только при комплексном подходе к решению данной проблемы. Мероприятия, направленные на

предотвращение засорения полей, необходимо проводить не хаотично и эпизодически, а планомерно. Только в этом случае можно добиться желаемых результатов [5].

Взаимоотношения растений при совместном произрастании относятся к сложнейшим явлениям природы, протекающим во времени и в пространстве при участии многочисленных взаимодействующих компонентов и факторов среды [6]. Каждое растение, входящее в фитоценоз, в зависимости от особенностей биологии и морфологии оказывает определенное влияние на другие растения [7]. Вредоносность сорного компонента агрофитоценоза может изменяться



в зависимости от времени совместного произрастания с культурными растениями, обилия и видового состава сорняков, биологических особенностей их роста и развития, почвенных и погодных условий и ряда других факторов, которые должны учитываться при разработке технологии возделывания культур [8, 9].

Элементы технологии возделывания яровой пшеницы оказывают влияние на влагообеспеченность, питательный режим и другие условия, определяющие в целом конкурентоспособность культуры по отношению к сорнякам [10]. Экспериментальные данные о реакции растений на применение различных элементов технологии и на произрастающие в посевах сорняки имеют немаловажное теоретическое и практическое значение. Это и послужило темой наших исследований.

Цель исследований – изучить взаимоотношения яровой пшеницы и сорной растительности, опосредованные реакцией культуры на различные элементы технологии возделывания (зяблевая обработка, сроки посева, условия минерального питания, применение гербицидов).

Задачи исследований – проследить влияние элементов технологии возделывания на динамику нарастания вегетативной массы компонентов агрофитоценоза яровой пшеницы; установить количественные характеристики сорного компонента в посевах яровой пшеницы; оценить продуктивность культуры при использовании различных приемов агротехники.

Методика исследований

Полевые опыты закладывались в 2002–2014 годах на опытном поле Института агроэкологии в посевах яровой пшеницы, посеянной второй культурой после пара. Отдельные элементы технологии возделывания яровой пшеницы исследовались в различные интервалы времени, подробная информация о методиках изучения влияния различных приемов агротехники на сорный компонент агроценоза яровой пшеницы представлена в ходе изложения материала. Количественные характеристики сорного компонента в посевах яровой пшеницы определялись по рекомендуемым методикам [11, 12].

При оценке влияния зяблевой обработки на засоренность посевов нами был изучен видовой состав агроценоза яровой пшеницы, возделываемой на участках, где не проводилась зяблевая обработка и на полях с проведением отвальной вспашки на традиционную глубину 23–25 см. Учеты засоренности полей проводили коли-

чественным методом на закрепленных учетных площадках размером 0,25 м², повторность 20-кратная, расположение рендомизированное.

Результаты исследований

Наблюдения продемонстрировали высокое видовое разнообразие сорного сообщества в посевах зерновых культур, которое было представлено 42 видами из 9 ботанических семейств, в том числе яровые – 16 видов из 9 семейств, двулетние – 3 вида из 3 семейств, многолетние – 11 видов из 4 семейств, зимующие – 12 видов из 6 семейств [13]. В опытах видовой состав сорняков был типичным для зерновых культур лесостепной зоны [8]. Однако нашими наблюдениями выявлены определенные закономерности их распределения в связи с проведением зяблевой обработки. На участках, где зяблевая обработка не проводилась, в весенний период преобладали зимующие сорняки: гулявник высокий, гулявник лезеля, дескурация софьи, желтушник растопыренный, мелколепестник канадский, ромашка непахучая, липучка оттопыренная, пастушья сумка, ярутка полевая. Основная часть этих сорняков погибла после весенней культивации.

К середине лета доля зимующих сорняков значительно снизилась. Из них в течение всего периода вегетации в посевах присутствовали мелколепестник канадский и аистник. Во второй декаде июня (период выхода в трубку яровой пшеницы) отмечалось зарастание посевов просовидными сорняками, вьюнком полевым, видами бодяка, массовая доля которых в агроценозе значительно увеличилась. Для адекватной оценки видового разнообразия сорного ценоза в таблице представлено изменение числа отмеченных на участках видов сорной растительности.

В летне-осенний период на варианте без зяблевой обработки заметен активный рост яровых злаковых сорняков, к концу вегетационного периода отмечено снижение массы двулетних и зимующих сорняков.

По отвальной зяби массовая доля яровых злаковых сорняков возросла с 4,3 до 6,4%. Масса многолетних в начале сезона составляла 18%, а в конце вегетационного периода снизилась до 9,3%, массовая доля яровых двудольных снизилась с 7,9 до 0,8%, также отмечено снижение массы зимующих.

Поскольку на участках без зяблевой обработки значительно увеличивается видовое разнообразие агрофитоценоза, в том числе

появляются виды, устойчивые к большинству представленных на рынке гербицидов (ромашка, мелколепестник канадский, подмаренник цепкий и др), то при использовании таких полей необходимо ассортимент гербицидов формировать с учетом фитосанитарного состояния посевов и структуры сорного компонента агрофитоценоза.

В посевах зерновых культур, наряду с корнеотпрысковыми сорняками, повсеместно стал преобладать злаковый тип засорения посевов пшеницы такими сорняками, как куриное просо, щетинники сизый и зеленый. Поэтому при разработке технологий возделывания сельскохозяйственных культур необходимо предусмотреть меры борьбы не только с многолетними и малолетними двудольными, но и с малолетними злаковыми.

Важно отметить, что природно-климатические условия области осложняют борьбу с сорняками, короткий вегетационный период снижает эффективность агротехнических мероприятий по контролю засоренности. Многие приемы, успешно применяемые в других регионах страны, в условиях Северного Зауралья часто дают незначительный эффект, а порой и ставят под сомнение необходимость их применения [8]. Например, весной в системе предпосевной подготовки почвы под яровые зерновые культуры ограничена борьба с многолетними корнеотпрысковыми сорняками. Это связано с тем, что в зимний период почва промерзает и медленно оттаивает весной. Поэтому основная масса розеток корнеотпрысковых сорняков появляется только в июне.

Для определения оптимальных сроков применения гербицидов против корнеотпрысковых сорняков традиционно пользуются рекомендациями, в которых указывается фаза развития культуры. В соответствии с этими рекомендациями препарат следует применять в фазу кущения, которая длится 15–22 дня и допускается использовать в начале выхода в трубку, то есть еще около 10 дней, таким образом, применение препаратов возможно в течение месяца. Для получения максимального эффекта от гербицидов, срок их применения необходимо выбирать более точно с учетом биологических особенностей сорняков в связи с погодными условиями и элементами технологии возделывания культуры.

Для обоснования сроков применения листовых гербицидов в посевах яровых зерновых культур нами проанализированы данные о засоренности посевов яровой пшеницы за период 2007–2014 годы. Массовое появление большинства видов сорных растений обычно происходит в начале вегетационного периода (табл. 1).

Такая динамика появления малолетних сорняков связана с температурным режимом в весенний период и степенью увлажнения верхнего слоя почвы в течение лета. Известно, что значительная часть семян малолетних сорняков способна прорасти из верхней (до 10 см) части пахотного слоя. Как правило, в начале мая верхний слой почвы достаточно влажный, и лимитирующим фактором в это время является температура почвы в слое 0–5 и 0–10 см [14]. Так, семена ранних яровых сорняков лучше прорастают при температуре почвы 10–12 °С,

Таблица 1 – Динамика появления всходов основных видов сорных растений в течение вегетационного периода, 2007–2014 годы

В процентах от общего количества сорных растений данного вида

Виды сорных растений	Время появления всходов сорных растений				
	май	июнь	июль	август	сентябрь
Вьюнок полевой	4	62	19	11	4
Бодяк полевой	5	71	21	3	
Осот полевой	11	60	12	8	6
Горец вьюнковый	25	58	14	1	2
Горец шероховатый	27	60	4	4	3
Конопля сорная	29	60	7	2	2
Марь белая	12	40	25	18	5
Пикульник обыкновенный	33	62	3	2	
Дескурайния Софии	16	35	21	12	16
Ежовник	6	58	26	8	2
Щетинник зеленый	4	69	24	3	
Щирица запрокинутая	12	51	25	17	4
Пастушья сумка	17	32	7	22	12
Ярутка полевая	12	37	5	27	19



семена поздних яровых сорняков – при температуре почвы 14–20 °С и выше. Вместе с тем, семена горца вьюнкового, мари белой, пикульника, конопля сорной способны прорасти при температуре 2–4 °С. Ко времени проведения предпосевной обработки почвы обычно появлялась лишь незначительная часть малолетних двудольных сорняков, большинство их прорастало в конце мая – начале июня. В июле и августе появление малолетних двудольных сорняков незначительное, что связано с иссушением верхнего слоя почвы и конкурентными отношениями с культурой. Таким образом, применение гербицидов во второй декаде июня позволяет значительно снизить засоренность малолетними двудольными сорняками.

Предпосевные обработки, как правило, не причиняли большого вреда многолетним корнеотпрысковым сорнякам. Массовое появление поросли корнеотпрысковых сорняков обычно отмечалось во второй декаде июня независимо от сроков посева культуры. Появление поросли корнеотпрысковых сорняков связано с прогреванием почвы на глубине залегания корней. Появление поросли бодяка полевого обычно наблюдается через 15–20 дней после прогревания почвы до 5–6 °С на глубине залегания вегетативных органов размножения. Побегов и почек вьюнка полевого трогаются в рост при температуре почвы в местах залегания 8–12 °С.

В обычные годы в северной лесостепной агроклиматической зоне массовое появление ранних яровых сорняков наблюдается во второй декаде мая, а поздних яровых – в первой декаде июня. Появление поросли бодяка полевого и вьюнка полевого с различной глубины отмечается в конце второй декады июня.

Таким образом, гербициды, фитотоксичные по отношению к малолетним и многолетним двудольным сорнякам, считаем целесообразным применять во время массового появления большинства видов сорных растений, то есть в период 15–18 июня. Проведение обработки листовыми гербицидами в более ранний срок, приводит к тому, что некоторые сорняки появляются после их применения, запаздывание со сроками проведения опрыскивания приводит к снижению эффективности действия препаратов из-за того, что ухудшается проницаемость кутикулы, покрывающей листовую поверхность [15].

В 2008–2013 гг. изучались взаимоотношения яровой пшеницы и сорной растительности, опосредованные реакцией культуры на различные сроки посева и условия минерального пита-

ния. Полевые опыты закладывались на опытном поле Института агроэкологии в посевах яровой пшеницы, посеянной второй культурой после пара на участке с равномерной засоренностью. Обработка почвы состояла из зяблевой вспашки на 20–22 см, ранневесеннего боронования в 2 следа. После закрытия влаги в соответствии со схемой опыта вносили минеральные удобрения в норме 40 кг/га д.в. азота, посев проводили 5 и 20 мая сеялкой СЗС–2,1.

Наблюдения за наличием влаги в почве показали, что при сроке посева 5 мая запас продуктивной влаги был выше, чем при посеве 20 мая, поскольку жаркая погода способствовала быстрому иссушению верхнего слоя почвы. Наличие влаги в почве отразилось на полевой всхожести, темпах нарастания вегетативной массы и в целом на конкурентной способности культуры по отношению к сорным растениям, что в свою очередь повлияло и на урожайность яровой пшеницы.

В проведенных опытах использовалось два фона минерального питания – контроль (без внесения удобрений) и внесение N_{40} . Предполагалось, что конкурентная способность яровой пшеницы, обусловленная условиями минерального питания, окажет влияние и на сорный компонент, однако удобрения не оказали четко выраженного влияния на количество сорных растений. По количеству сорняков в соответствии с общепринятыми градациями засоренность многолетними в фазу кущения, как при посеве 5 мая, так и при посеве 20 мая можно оценить, как среднюю.

В период от всходов до кущения культуры более интенсивное нарастание массы яровой пшеницы отмечено при посеве 5 мая, удобрения способствовали достоверному увеличению вегетативной массы. При посеве 20 мая удобрения также способствовали более интенсивному нарастанию массы культуры, по сравнению с контролем. В целом нарастание вегетативной массы при посеве 20 мая уступало интенсивности нарастания массы пшеницы при посеве 5 мая. В фазу кущения яровой пшеницы нарастание массы сорного компонента более интенсивно происходило при посеве 5 мая. В дальнейшем в фазы колошения и восковой спелости нарастание массы осота и вьюнка было меньше при посеве 5 мая. В целом можно отметить, что по влиянию внесенного удобрения на нарастание массы сорняков четко выраженных тенденций не выявлено. Сроки посева и удобрения оказывают сложное воздействие

на комплекс внешних факторов произрастания, сильно опосредованное условиями вегетационного периода, что оказывало существенное влияние на урожайность яровой пшеницы. Наибольшая урожайность отмечена при посеве 5 мая с внесением удобрения. При посеве 20 мая внесение удобрения не позволило получить достоверную прибавку урожайности по сравнению с неудобренным фоном, очевидно, это связано с тем, что часть элементов питания не использовалась ввиду иссушения верхнего слоя почвы, в который вносились удобрения. Наименьшая урожайность получена при посеве в ранний срок и без внесения удобрения.

Для оценки реакции сорного компонента агроценозов на воздействие гербицидов, фитотоксичных по отношению к двудольным сорнякам и гербицидов, действие которых направлено против малолетних однодольных на применение различных гербицидов обобщены материалы за 2002–2013 годы.

При обобщении материалов препараты, аналогичные по химическому составу и механизму действия на растения, объединены в следующие группы:

арилоксиалкилкарбоновые кислоты и их производные (Элант, Октапон, Луварам, Зерномакс); комбинированные препараты (Эламет, Фенфиз, Секатор, Дифезан, Элант премиум); производные сульфанилмочевины (Метурон, Магнум, Ларен); препараты, фитотоксичные по отношению к злаковым сорнякам (Пума супер 100 и Топик).

Во все годы исследований исходный фон засоренности определялся видовым составом естественной сорной растительности с преобладанием бодяка полевого, осота полевого, вьюнка полевого. Нижний ярус посевов был засорен всходами щирицы, мари белой, горцев – вьюнкового и шероховатого, пикульника зябра, ярутки полевой, паслена. Из группы малолетних злаковых встречались: ежовник, просо волосовидное, щетинники, овсюг. В период с 2002-го года по 2013 год засоренность опытного участка оценивалась как высокая: доля сорняков в общей массе растений в контрольном варианте составляла в среднем 22,3%. Этот показатель колебался в пределах от 11 до 32%, и лишь в 2004 году снизился до 6%. Средняя абсолютная биомасса сорняков в контроле составила 198,7 г/м². Во все годы количественно преобладали малолетние злаковые (38,2–51,3 шт./м²) и малолетние двудольные сорняки (27,3–42,8 шт./м²), при этом

масса сорняков этой группы составила 6,7% от общей массы компонентов агрофитоценоза.

В годы с выпадением осадков в третьей декаде мая – первой декаде июня, во второй декаде июня отмечалось зарастание посевов просовидными сорняками. Во все годы в конце июля и начале августа заметен активный рост яровых двудольных сорняков, которые в начале сезона составляли не более 5–7% массы фитоценоза, а в конце сезона их доля увеличивалась до 15–21%.

По сравнению с группой малолетних сорняков, многолетние сорняки (вьюнок полевой, осот розовый) в меньшей степени реагировали на изменение гидротермического режима, их количество и масса увеличивались в течение всего периода вегетации, по высоте они превосходили растения пшеницы. По сравнению с вьюнком полевым, осотом розовым масса и численность осота желтого изменялись менее интенсивно.

В 2004-м, 2006-м и 2011 годах численность некоторых видов малолетних сорняков ко времени уборки яровой пшеницы сократилась, что, очевидно, было обусловлено их более низкой конкурентной способностью по сравнению с культурой и многолетними сорняками на фоне погодных условий с достаточным увлажнением.

В фазу кущения яровой пшеницы (во второй декаде июня) посевы опрыскивали листовыми гербицидами в соответствии со схемами опытов. Первые симптомы действия гербицидов класса «Арилоксиалкилкарбоновые кислоты и их производные» проявились на следующий день после обработки, через 30 дней после обработки отмечалось практически полное отмирание малолетних двудольных сорняков, осотов и вьюнка полевого. Надежную результативность в борьбе с корнеотпрысковыми двудольными сорняками (гибель во все годы исследования до 80–90%) обеспечивал Элант. Ниже биологическая эффективность гербицидов Октапон и Луварам, но применение препаратов обеспечило существенное снижение засоренности малолетними двудольными по сравнению с исходной.

В конце вегетационного периода, после гибели материнских растений, отмечалось незначительное появление корневых отпрысков бодяка полевого и осота желтого, которые к периоду уборки культуры находились в нижнем ярусе фитоценоза и не оказали существенного влияния на снижение урожайности и увеличение влажности хлебной массы в период уборки.



Проведенные исследования свидетельствуют, что в борьбе с двудольными сорняками в условиях региона достигается устойчивый положительный эффект от применения производных арилоксиалкилкарбоновых кислот, комбинированных препаратов и производных сульфанилмочевины. В этих вариантах довольно высокая остаточная засоренность (63–72 г/м²) формировалась за счет злакового компонента, доля которого в общей фитомассе составила в среднем 11 %, исключение составили 2004-й и 2009 годы, когда быстрое иссушение почвы во второй половине мая затруднило прорастание малолетних сорняков, в том числе однодольных, поэтому доля малолетних злаковых сорняков в массе растений на фоне препаратов против двудольных сорняков составила лишь 5–6 %. Таким образом, в типичных ситуациях применение препаратов против двудольных сорняков на фоне смешанной засоренности не решало проблему контроля сорняков из-за сравнительно узкой их избирательности.

Использование граминицидов (препаратов против злаковых сорняков Пума Супер 100 и Топок) приводило к исчезновению из агрофитоценоза малолетних злаковых сорняков, но в 2002-м и 2006 годах на пониженном температурном фоне с частыми и обильными осадками эффект от применения листовых граминицидов практически не наблюдался вследствие многоволнового характера прорастания сорняков, и в результате противозлаковый гербицид не обеспечивал статистически доказанное снижение засоренности.

В условиях 2004 года, обеспечивших дружное и одноволновое прорастание злаковых сорняков, листовые гербициды, фитотоксичные по отношению к злаковым сорнякам, показали значительное преимущество. Аналогичная ситуация наблюдалась в 2009 году.

Применение гербицидов оказывало существенное влияние на урожайность яровой пшеницы. Достоверное повышение урожайности было на вариантах с применением препаратов, фитотоксичных по отношению к двудольным сорнякам. Среди этих препаратов различия незначительные. На вариантах с применением препаратов, фитотоксичных по отношению к злаковым сорнякам, прибавка урожайности была недостоверной. Главным образом это связано с наличием в агрофитоценозе бодяка и вьюнка полевого, против которых эти препараты не эффективны.

Выводы

1. В посевах зерновых культур, наряду с корнеотпрысковыми сорняками, повсеместно стал преобладать злаковый тип засорения посевов пшеницы, поэтому при разработке технологий возделывания необходимо предусмотреть меры борьбы не только с многолетними и малолетними двудольными, но и с малолетними злаковыми.

2. В обычные годы в северной лесостепной агроклиматической зоне массовое появление ранних яровых сорняков наблюдается во второй декаде мая, а поздних яровых – в первой декаде июня. Появление поросли бодяка полевого и вьюнка полевого с различной глубиной отмечается в конце второй декады июня. Проведение обработки листовыми гербицидами в более ранний срок приводит к тому, что некоторые сорняки появляются после их применения.

3. Против двудольных сорняков в условиях региона достигается устойчивый положительный эффект от применения производных арилоксиалкилкарбоновых кислот, комбинированных препаратов и производных сульфанилмочевины, при этом довольно высокая остаточная засоренность формируется за счет злакового компонента и применение препаратов против двудольных сорняков на фоне смешанной засоренности не решает проблему контроля сорняков.

4. В структуре засоренности яровой пшеницы при посеве 5 мая доля малолетних сорняков выше, чем при посеве 20 мая. На засоренность многолетними сорняками срок посева не оказал существенного влияния.

5. Четко выраженных тенденций влияния удобрений на динамику накопления массы сорняков не выявлено.

6. В условиях дефицита влаги, проявившегося в период исследований, внесение минеральных удобрений как при раннем, так и позднем посеве способствовало более интенсивному нарастанию вегетативной массы и повышению урожайности яровой пшеницы.

Список литературы

1. Вражнов А. В. Пути повышения эффективности зернового производства на Южном Урале // Освоение адаптивно-ландшафтных систем и агротехнологий на целинных землях. Куртамыш : ГУП «Куртамышская типография», 2009. С. 13–26.

2. Таскаева А. Г. Теория и практика борьбы с сорной растительностью при интенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур на Южном Урале. М., 1988.

3. Баздырев Г. И. Применение систем гербицидов в севооборотах // Научно обоснованные системы применения гербицидов для борьбы с сорняками в практике растениеводства : матер. III междунар. науч.-произв. совещ. (Голицыно, ВНИИФ, 20–21 июля 2005 г.). Голицыно, 2005. С. 217–236.
4. Красножон С. М. Роль гербицидов в регулировании сорного компонента агрофитоценоза яровой пшеницы в лесостепи Зауралья // Вестник ЧГАА. 2012. Т. 61. С. 110–114.
5. Цыбников Б. Б., Батудаев А. П., Соболев В. А. Продуктивность яровой пшеницы при использовании гербицидов в условиях сухостепной зоны Бурятии // Вестник ИрГСХА. 2015. Вып. 66. С. 32–39.
6. Роль метеорологических условий и факторов интенсификации в формировании продуктивности различных агроценозов / Н. С. Матюк [и др.] // Сб. трудов «Агрометеорология XXI века». М. : Изд-во РГАУ-МСХА, 2009. С. 156–173.
7. Иващенко А. А. За новые подходы в гербологии // Защита растений. 2007. № 10. С. 7–10.
8. Лунева Н. Н., Тарунин М. В. Эколого-географическое обоснование распространения экономически значимых многолетних видов сорных растений в Южном Зауралье // Сб. тр. междунар. конф. памяти Е. Н. Синской «Проблемы эволюции и систематики культурных растений» (ВИР, 9–11 декабря 2009 г.). СПб., 2009. С. 332–335.
9. Замятин А. А. Эффективность различных сроков применения гербицидов на зерновых культурах в южной лесостепи Зауралья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Курган, 2009. 17 с.
10. Влияние длительного применения гербицидов и других средств химизации на групповой и видовой состав сорняков, плодородие почвы и продуктивность зерновых культур полевого севооборота / А. М. Алиев [и др.] // Состояние и развитие гербологии на пороге XXI столетия : матер. II Всерос. науч.-произв. совещ. (Голицыно, 17–20 июля 2000. г.). Голицыно, 2000. С. 180–187.
11. Методические указания по полевому испытанию гербицидов в растениеводстве / А. В. Воеводин, Т. А. Каспирова, А. А. Петунова, Г. А. Маркелов. М. : Колос, 1981. 45 с.
12. Лунева Н. Н. Геоботанический учет засоренности посевов сельскохозяйственных культур // Методы мониторинга и прогноза развития вредных организмов. М. ; СПб., 2002. С. 82–88.
13. Красножон С. М. Эффективность применения гербицидов различных классов при возделывании яровой пшеницы // Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения : сб. науч. тр. ЧГАУ. Челябинск : ЧГАУ, 2006. Вып. 6.
14. Комплекс сельскохозяйственных машин Джон Дир, гербицид сплошного действия и гербициды Гран-стар, Эстерон, Пума Супер 100 в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / Ж. А. Каскарбаев [и др.]. Шортанды : НПЦЗХ им. А. И. Бараева, 2008. 64 с.
15. Rahman A. Why do results from herbicides vary // N. Z. Farmer, 1986. т. 107. n 23–24. P. 8–12.

Красножон Сергей Михайлович, канд. с.-х. наук, доцент, заведующий кафедрой производства и переработки сельскохозяйственной продукции, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: krasnozhonsergei@mail.ru.

* * *

УДК 631.52 : 633.16(470.51/.54)

ИЗУЧЕНИЕ СОРТООБРАЗЦОВ ЯЧМЕНЯ МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА

Р. А. Максимов

Целью исследования является выделение новых эффективных источников селекционных признаков и расширение генофонда исходного материала для создания новых сортов ячменя в условиях Среднего Урала. Исследования проводились в 2005–2014 гг. в стационарном опыте Красноуфимского селекционного центра. Предшественник – чистый пар. Площадь делянки – 3 м². Повторность двукратная. За годы исследований наблюдалась сильная вариабельность климатических условий периода вегетации от всходов до созревания (среднесуточная температура воздуха – 13,5...18,0 °С, сумма температур более 10 °С – 1200...1800 °С, осадки – 90...350 мм, запасы влаги в метровом слое почвы – 65...200 мм, ГТК – 0,70...2,45). На основе изучения Мировой коллекции ВИР выделены источники хозяйственно-ценных признаков ячменя по следующим признакам: потенциал урожайности, общая адаптивная способность, стабильность по урожайности, селекционная ценность генотипов, скороспелость, масса 1000 зерен, устойчивость к местным популяциям пыльной головки, устойчивость к темно-бурой пятнистости. Селекционным путем получены новые генетические источники хозяйственно-ценных признаков ячменя (продуктивность, устойчивость к недостатку влаги в фазу кущения – выход в трубку, иммунитет к местным расам пыльной головки, скороспелость). Выделенные, а также полученные селекционным путем новые генетические источники хозяйственно-ценных признаков ячменя рекомендуются для вовлечения в селекционный процесс с целью создания селекционного материала ячменя в условиях Среднего Урала.

Ключевые слова: коллекция, сортообразцы, источники хозяйственно-ценных признаков, ячмень, генотип, адаптивная способность, стабильность, селекция, урожайность, скороспелость.

Начальный и определяющий этап селекционной работы – подбор родительских пар. На сегодняшний день Россия обладает уникальной генетической коллекцией Всероссийского института растениеводства, где представлен банк культурных растений со всего мира. Невозможно переоценить значение мировой коллекции особенно для селекционной практики.

Планомерное изучение коллекции ячменя в Красноуфимском селекционном центре началось в 70-х годах прошлого столетия. Начиная с этого времени и по сегодняшний день было изучено 2,7 тыс. сортообразцов ячменя отечественной и зарубежной селекции, создано се-

лекционным путем и пополнило генетическую коллекцию более 55 местных особо ценных номеров.

Ежегодно, благодаря созданию в 2008 г. Уральского опорного пункта ВИР в Красноуфимском селекционном центре, рабочая коллекция ВИР пополняется 50–60 сортообразцами. Более того, здесь селекционным путем создаются местные генетические источники хозяйственно-ценных признаков, которые также пополняют палитру внутренней коллекции.

Коллекция ВИР включает более 14 тыс. сортообразцов ячменя из различных регионов мира. Важным аспектом селекционной работы

является подбор генотипов наиболее адаптивных к местным почвенно-климатическим условиям, здесь неоценимую помощь оказывают наши кураторы из ВИР: Терентьева Ирина Александровна и Ковалева Ольга Николаевна. Начиная с 2009 г. было изучено и репродуцировано в рамках опорного пункта ВИР более 200 вновь поступивших сортообразцов из 12 стран мира и 14 Республик, краев и областей Российской Федерации. Внутренняя рабочая коллекция, которая состоит из сортообразцов ВИР и номеров, созданных в Красноуфимском селекционном центре, включает более 250 сортообразцов. В ботаническом отношении в основном представлены двурядные формы разновидности нутанс (более 80).

В условиях достаточного и избыточного увлажнения высокой продуктивностью в сочетании с повышенной устойчивостью к полеганию отличаются сорта западно-европейской, скандинавской, северной экологических групп. Традиционно групповой устойчивостью к темно-бурой пятнистости листьев, пыльной головне обладает генофонд США, Канады [1].

Цель исследований – выделить новые эффективные источники селекционных признаков и расширить генофонд исходного материала для создания новых сортов ячменя в условиях Среднего Урала.

Материалы и методы

Исследования проводились в 2005–2014 гг. в стационарном опыте Красноуфимского се-

лекционного центра. Предшественник – чистый пар. Площадь делянки – 3 м². Повторность двукратная. Опыты закладывались на темно-серой лесной почве стационарного севооборота, (рН сол. 5.7...7,0, гидролитическая кислотность 4,13...5,19 мг-экв/100 г почвы), содержание гумуса (6,7...8,3), легкогидролизуемый азот (86...160 мг/кг), обменный калий (136...185 мг/100 г), содержание фосфора (290...410 мг/кг).

За годы исследований наблюдалась сильная вариабельность климатических условий периода вегетации от всходов до созревания (среднесуточная температура воздуха – 13,5...18,0 °С, сумма температур более 10 °С – 1200...1800 °С, осадки – 90...350 мм, запасы влаги в метровом слое почвы – 65...200 мм, ГТК – 0,70...2,45).

Для оценки коллекционного материала ячменя на устойчивость к болезням используются следующие методы: инокуляция на устойчивость к пыльной головне проведена шприц-методом, темно-бурой пятнистости листьев – метод ВАСХНИЛ; корневым гнилям – по методике ВИЗРа [2, 3].

Параметры общей адаптивной способности, стабильности и селекционной ценности генотипов определяли по методике А. В. Кильчевского и Л. В. Хотылевой (1985). Общая адаптивная способность – это способность генотипов давать постоянно высокую урожайность в различных условиях произрастания. Стабильность – способность генотипов давать наиболее стабильную урожайность в различных услови-

Таблица 1 – Урожайность и общая адаптивная способность лучших сортов коллекционного питомника, 2005–2015 гг.

Сорт	Урожайность, т/га	Размах варьирования урожайности, т/га	Общая адаптивная способность, ОАС, v_i
Омский 95	4,92	0,80–8,00	0,61
2446н-15-00	4,70	0,66–8,00	0,61
Вереск	4,91	1,13–8,47	0,59
Ача	4,86	2,20–7,70	0,55
Согіпа	4,80	0,33–6,81	0,49
Тайфун	4,78	2,07–7,40	0,46
Эльф	4,75	1,12–8,00	0,44
Крипичный	4,75	0,60–8,13	0,43
Челябинский 90	4,74	1,53–6,80	0,43
Кобзарь	4,72	2,20–7,00	0,41
2023н-25-96	4,70	1,48–7,33	0,39
Уреньга	4,69	2,13–7,93	0,38
Мона	4,69	0,80–8,27	0,36
Гольф	4,62	0,87–6,73	0,31
Зазерский 85	4,62	1,60–7,11	0,31
Роланд	4,58	0,40–6,67	0,27
Км 938	4,58	0,47–7,80	0,27



ях произрастания. Селекционная ценность генотипов – показатель, который характеризует генотипы, сочетающие высокую урожайность и ее стабильность [4].

Результаты исследований

Из отечественного набора за последние 10 лет (2005–2014 гг.) наиболее высокий потенциал урожайности (800–850 г/м²) показали сортообразцы: Фермер, Нур, Уреньга, Приазовский 9, Атаман, Омский 95, Ача, Тимерхан, Биос 1, Ерофей; местный селекционный набор: Сонет, Сонет М, Вереск, Багрец, 1501н-72-92, 2350н-86-99, 2352н-42-99. Из сортов иностранной селекции: Крипичный (Белоруссия), Микро 3 (Украина), Bingo Carlsberg (Дания), Мона, Бирка (Швеция), Эрки (Финляндия), Марион (Франция).

Наибольшая общая адаптивная способность – ОАС, V_i – 0,30...0,61 (общая адаптивная способность по А. В. Кильчевскому и Л. В. Хотылевой (1985)) отмечена у сортов и номеров: Вереск, 2446н-15-00, 2023н-25-96 (Красноуфимский селекционный центр); Ача, Омский 95, Челябинский 90, Эльф, Уреньга (Россия); Крипичный, Зазерский 85 (Белоруссия); Кобзарь, Тайфун (Украина); Cogina (Германия); Км 938 (Чехия); Мона, Роланд (Швеция), Гольф (Англия) (табл. 1).

Высокая стабильность генотипа (σ_d^2 – 0,93...2,74; стабильность по А. В. Кильчевскому и Л. В. Хотылевой (1985)) отмечена у сортов: Горец, Ноктюрн, Импульс (Красноуфимский селекционный центр); Андрей, Символ, Бахус, Кедр (Россия); Одесский 141, Тайфун (Украина); Keystone (Канада) (табл. 2).

Для достижения оптимального баланса при отборе по продуктивности и стабильности используется параметр селекционная ценность

генотипа ($СЦГ_i$ – 2,60...3,03; по А. В. Кильчевскому и Л. В. Хотылевой (1985)), по этому показателю выделились сорта и номера: 2023н-25-96, Горец, Импульс 90, Ноктюрн, Сонет М (Красноуфимский селекционный центр); Ача, Эльф, Челябинский 90, Уреньга (Россия); Гонар, Гостинец, Жодинский, Зазерский 85 (Белоруссия); Прерия, Одесский 164 (Украина); Cogina (Германия); Klondaike (Канада).

Из скороспелого генофонда ячменя комплексом ценных селекционных признаков в сочетании с повышенной продуктивностью интерес для дальнейшей работы представляют следующие сортообразцы: 2587н-21-00, Горец, Омский 96, Вулкан, Ача (Россия); Milton (Дания), Мона (Швеция), Нје 78042, Arra (Финляндия).

По массе 1000 зерен (52,3–63,5 г) выделились: Биом, Ястреб, Щедрый, Анна, Сонет, Багрец (Россия).

На основании оценки коллекции на устойчивость к местной популяции возбудителя пыльной головни на инфекционном фоне проявились сорта и селекционные номера, обладающие высокой генетической защитой (поражение на искусственном фоне заражения 0–10). К ним относятся: Яромир, Тимерхан, МИК-1, Символ, Эльф, Фермер, 977Н-61-86, 2687Н-50-02 (Россия); Кобзарь (Украина); Keystone, Zeger, Milton, Klondaike (Канада).

Высокой устойчивостью к темно-бурой пятнистости листьев с поражением листового аппарата 5–10 (балл 1–2) характеризуются сортообразцы: Кедр, Красноуфимский 95, Символ, Эколог, Горец, Приазовский 9, Эльф (Россия); Гонар, (Белоруссия); Прерия (Украина); Keystone (Канада); Амулет, Ursel (Чехия); С. V. 76195 (Швеция). Поражение данных образцов не превышает 5–30 (балл 1–2).

Таблица 2 – Урожайность и стабильность лучших сортов коллекционного питомника, 2005–2015 гг.

Сорт	Урожайность, т/га	Размах варьирования урожайности, т/га	Стабильность, σ_d^2
Горец	3,73	2,20–4,73	0,93
Ноктюрн	4,32	2,33–6,33	1,55
Бахус	3,91	1,40–5,93	1,67
Импульс	3,60	1,46–5,80	1,69
Символ	4,05	1,26–5,73	2,00
Кедр	4,23	1,60–6,96	2,45
Одесский 141	4,47	2,33–7,26	2,47
Тайфун	4,78	2,07–7,40	2,55
Keystone	3,82	0,26–5,93	2,60
Андрей	3,49	0,87–6,33	2,92

Селекционным путем получены новые генетические источники хозяйственно-ценных признаков: 3469н-18-11 (высокая продуктивность (6,73 т/га) и устойчивость к недостатку влаги в фазу кущения – выход в трубку), 3450н-06-09 и 3514н-01-11 (иммунитет к пыльной головне), 3409н-60-11 (иммунитет к пыльной головне и скороспелость – вегетационный период составил 72 сут., или на 18 короче, чем у Сонета).

Выводы и рекомендации

На основе изучения Мировой коллекции ВИР выделены источники хозяйственно-ценных признаков ячменя по следующим признакам: потенциал урожайности, общая адаптивная способность, стабильность по урожайности, селекционная ценность генотипов, скороспелость, масса 1000 зерен, устойчивость к местным популяциям пыльной головни, устойчивость к темно-бурой пятнистости.

Селекционным путем получены новые генетические источники хозяйственно-ценных признаков ячменя (продуктивность, устойчивость к недостатку влаги в фазу кущения – вы-

ход в трубку, иммунитет к местным расам пыльной головни, скороспелость).

Выделенные, а также полученные селекционным путем новые генетические источники хозяйственно-ценных признаков ячменя рекомендуются для вовлечения в селекционный процесс с целью создания селекционного материала ячменя в условиях Среднего Урала.

Список литературы

1. Никифоров А. Н., Чепелев В. П. Изучение коллекции ячменя на продуктивность и качество зерна // Науч. тр. СибНИИСХ. 1975. 25 с.
2. Методические указания по устойчивости зерновых культур к корневым гнилям. Л., 1978. 39 с.
3. Оценка сельскохозяйственных культур на устойчивость к болезням в Сибири. Новосибирск, 1964. 26 с.
4. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Методы оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение 1. Обоснование метода // Генетика. 1985. Т. 21. № 9. С. 1481–1490.

Максимов Роман Александрович, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции ячменя Красноуфимского селекционного центра, ФГБНУ «Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства».

E-mail: Roman_MRA 77@mail.ru.

* * *

УДК 632.954 : 633.15(470.54/.56 + 470.58)

ПОЧВЕННЫЙ ЭФФЕКТ НЕКОТОРЫХ ПОСЛЕВСХОДОВЫХ ГЕРБИЦИДОВ В ПОСЕВАХ КУКУРУЗЫ

А. Э. Панфилов, С. Б. Сайтов, Л. А. Гайнитдинова, Г. Е. Юсупова

Проблема засоренности кукурузы существенно обостряется при продвижении культуры с юга на север России. Ее контроль наиболее проблематичен в маргинальных областях кукурузосеяния, к которым относятся и Зауралье. В представленной работе изложены результаты четырехлетнего полевого эксперимента, объектами которого являются культурный и сорный компоненты агрофитоценоза кукурузы, а также послеवсходовые гербициды двух групп: с преимущественно трансламинарным и комбинированным характером действия, сочетающим трансламинарную активность с пролонгированным почвенным эффектом. Цель исследований – обоснование оптимального выбора гербицидных препаратов для контроля смешанной сеgetальной растительности в посевах кукурузы с учетом влияния фитоценологических и абиотических внешних факторов. Обобщены результаты исследований, проведенных в 2012–2015 годах в северной лесостепи Зауралья, показано, что наиболее проблематичным является контроль малолетних однодольных сорняков. При одноволновом характере прорастания основной массы сорняков на фоне дефицитного и нормального увлажнения в 2012–2014 годах не выявлено принципиальных различий между наиболее эффективными гербицидами, относящимися к двум группам. Напротив, при избыточном увлажнении 2015 года, спровоцировавшем несколько волн сеgetальной растительности, выявлены преимущества нового действующего вещества тиенкарбазон-метил, содержащемся в гербицидах Аденго и Майстер Пауэр. Среди вариантов опыта выделены четыре кластера, существенно различающихся по урожайности зерна: контроль (0,8 т/га); почвенные гербициды (от 2,4 до 3,2 т/га); послевсходовые гербициды с трансламинарным действием на основе никоссульфурина и форамсульфурина (от 5,6 до 5,8 т/га); послевсходовые гербициды с почвенным действием на основе тиенкарбазон-метила (от 6,8 до 7,3 т/га). Различия по урожайности внутри кластеров статистически не доказаны.

Ключевые слова: кукуруза, сеgetальная растительность, гербициды, трансламинарное и почвенное действие, засоренность, урожайность.

Проблема засоренности кукурузы существенно обостряется при продвижении культуры с юга на север России. Наиболее проблематичен ее контроль в маргинальных областях кукурузосеяния, к которым относится и Зауралье. Это связано с особенностями целого ряда агроклиматических и фитоценологических условий. К их числу, в частности, относится замена средне- и позднеспелых гибридов раннеспелыми и ультраранними, что приводит к резкому уменьшению проективного покрытия и позднему смыканию рядов [1]; роль проективного покрытия в формировании конкурентных отношений между кукурузой и сеgetаль-

ными растениями выявлена и в условиях юга Европейского континента [2]. Следствием этого является удлинение гербакритического периода: если в традиционных зонах кукурузосеяния его продолжительность не превышает нескольких недель [3, 4], то в Зауралье может совпадать с периодом закладки и формирования урожая [5].

Вторая особенность – малый разрыв во времени между сходом снега и началом полевых работ, медленное прогревание почвы: большая часть сорняков при этом начинает прорастать в послепосевной период, что практически исключает превентивные меры снижения засоренности. Более того, для максимального

использования короткого периода активной вегетации необходим посев кукурузы в ранние сроки [6], что увеличивает в посевах долю поздних яровых, в основном просовидных сорняков.

Описанные обстоятельства существенно корректируют ожидаемую хозяйственную эффективность приемов контроля засоренности. Так, в традиционных регионах выращивания кукурузы разница в урожайности засоренных и чистых посевов колеблется от 8 до 24 процентов [7–9]. В условиях лесостепи Зауралья при типичной засоренности на фоне ранних сроков посева урожай кукурузы может снижаться в 7–15 раз или не формируется совсем [10].

Наиболее проблематичным является контроль малолетних злаковых сорняков. Это связано, во-первых, с обилием семян в почве [11], во-вторых, с растянутыми сроками прорастания разнокачественных семян поздних яровых видов (просо сорное, ежовник обыкновенный, виды щетинника и др.) на фоне медленного прогревания почвы [12]. Ситуация еще больше обостряется на полях, засоренных овсягом: в этом случае, помимо нескольких волн поздних яровых сорняков, имеется как минимум одна волна ранней засоренности.

Как результат, основным условием реализации потенциала кукурузы является надежная комплексная система защиты от сорняков, основанная преимущественно на оперативных приемах (главным образом – на применении гербицидов кросс-спектра) и обеспечивающая их контроль в течение всего гербакритического периода. При многоволновом характере прорастания сорняков, как правило, требуется двукратное опрыскивание: почвенным гербицидом до посева и после всходов – в период от 3 до 5 листьев у культуры [13]. Такая схема защиты является достаточно напряженной с организационной точки зрения и отличается высокой степенью риска, связанного с несвоевременным выполнением одной или обеих операций под влиянием, например, погодных условий.

Отказ от этой схемы возможен лишь на основе принципиально новых моделей гербицидов кросс-спектра, обладающих одновременно трансламинарным действием на вегетирующие сорняки и экраным эффектом для подавления их последующих всходов. Такими свойствами обладает новое действующее вещество класса сульфониламино-карбонил-триазинонов – тиенкарбазон-метил, которое входит в состав двух комбинированных препаратов компании Байер Кроп Сайенз: Аденго и Майстер Пауэр.

Пролонгированное действие этих гербицидов в течение периода вегетации подтверждают трехлетние исследования, проведенные на Северном Кавказе [14, 15]. В этот же период эффективность данных препаратов впервые изучена нами в условиях северной лесостепи Зауралья.

Цель исследований

Проведенные исследования направлены на обоснование оптимального выбора гербицидных препаратов для контроля смешанной сеgetальной растительности в посевах кукурузы с учетом влияния фитоценологических и абиотических внешних факторов.

Материалы и методы

Исследования проведены в период с 2012-го по 2015 годы на опытном поле Института агроэкологии. Объекты исследований – культурный и сорный компоненты агрофитоценоза кукурузы, выращиваемой на зерно в лесостепной зоне Челябинской области, а также химические средства и приемы контроля сеgetальной растительности. Метод исследований – полевой опыт. Почва экспериментальных участков – чернозем обыкновенный среднесиловый среднегумусный тяжелосуглинистый. В экспериментах использован ультрананний гибрид кукурузы Обский 140СВ. Исследуемые гербициды – Майстер Пауэр, Аденго, а также препараты сравнения. Метод учета засоренности в опытах – количественно-весовой, урожайности кукурузы – сплошной поделочный. В ходе интерпретации результатов исследований пользовались методом дисперсионного анализа.

Результаты исследований

В большинстве случаев на территории лесостепной зоны Зауралья основную угрозу для кукурузы представляют сорняки двух групп – многолетние корнеотпрысковые и однолетние злаковые. Исходная засоренность опытного участка в период исследований была типичной для региона (табл. 1). Многолетние двудольные виды, представленные бодяком, вьюнком и осотом полевыми, составляли от 10 до 15–16 сеgetальной биомассы. Поздние яровые злаковые виды были представлены просом сорным, ежовником обыкновенным и щетинником зеленым, ранние – овсягом занимали в сумме от 50 до 75 биомассы.

Малолетние двудольные виды в посевах кукурузы представляют маргинальную группу,



с их количеством урожайность кукурузы в подавляющем большинстве лет практически не связана. Это обусловлено не только небольшой численностью растений этой группы, но и тем, что сами они являются слабыми конкурентами по отношению к двум первым группам сорняков. Исключение составляет паслен черный, способный формировать значительную биомассу в конце гербакритического периода; в посевах кукурузы он занимал заметную нишу в два года из четырех.

В исследованиях первых трех лет фоновые погодные условия, как правило, способствовали формированию одной выраженной волны всходов сорных растений. В этих условиях не обнаружено существенных различий в биологической эффективности гербицидов с экран-

ным эффектом Аденго и Мастер Пауэр, с одной стороны, и препаратов с преимущественно трансламинарным действием – Дублон голд, Милагро, Элюмис – с другой (табл. 2).

Отдельные препараты были эффективными периодически, в зависимости от складывающихся погодных и фитоценологических условий. Так, высокая эффективность гербицида Люмакс при повсходовом применении наблюдалась лишь в 2013 году при отсутствии в посевах овсюга; отметим, что данная ситуация в период исследований больше не воспроизводилась. Вместе с тем (в связи с уже отмеченным наличием поздних всходов паслена черного) в этом же году наблюдалось резкое снижение эффективности препарата Милагро в чистом виде. Необходимо отметить, что

Таблица 1 – Видовой состав сорняков в контроле в фазу цветения початка (в % от общей сухой массы сеgetальных растений), 2012–2015 гг.

Вид	Доля, %			
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Бодяк полевой (<i>Cirsium arvense</i>)	4,2	7,7	12,1	6,4
Вьюнок полевой (<i>Convolvulus arvensis</i>)	6,3	4,4	2,1	3,7
Осот полевой (<i>Sochus arvensis</i>)	–	3,8	2,4	2,2
Овсюг (<i>Avena fatua</i>)	51,6	2,3	18,9	3,6
Просо сорное (<i>Panicum miliaceum subsp. ruderales</i>)	7,3	34,6	32,1	42,7
Ежовник обыкновенный (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	9,7	12,9	9,7	5,4
Щетинник зеленый (<i>Setaria viridis</i>)	6,2	1,9	3,2	1,4
Щирица запрокинутая (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	–	13,7	3,4	4,2
Марь белая (<i>Chenopodium album</i>)	8,6	3,8	4,0	3,3
Паслен черный (<i>Solanum nigrum</i>)	–	11,2	–	16,1
Горец – виды (<i>Polygonum spp.</i>)	–	–	9,5	6,7
Аистник цикутolistный (<i>Erodium cicutarum</i>)	4,2	–	–	2,1
Прочие (малолетние двудольные)	1,9	3,7	2,6	2,2

Таблица 2 – Влияние гербицидов на засоренность посевов кукурузы (сухая биомасса сорняков, г/м² через 45 дней после обработки), 2012–2014 годы

Вариант	Год			
	2012	2013	2014	В среднем
Контроль (без гербицидов)	190,8	229,2	488,0	302,7
Дуал голд, 1,6 л/га до посева	144,8	172,0	129,0	148,6
Харнес, 2,5 л/га до посева	82,8	275,8	180,0	179,5
Мерлин, 0,15 кг/га до всходов	120,3	275,8	321,0	239,0
Майстер 0,15 кг/га + Эстет, 0,6 л/га по всходам	35,7	30,2	23,0	29,6
Дублон голд, 0,07 кг/га + Балерина, 0,3 л/га	8,0	21,9	29,6	19,8
Кордус, 0,04 кг/га по всходам	32,0	76,8	247,0	118,6
Милагро, 1,0 л/га по всходам	24,5	90,0	173,0	95,8
Элюмис, 1,5 л/га по всходам	10,5	8,2	38,0	18,9
Люмакс, 4,0 л/га по всходам	39,7	20,3	65,0	41,7
Аденго, 0,5 л/га по всходам	8,3	9,5	14,0	10,6
Майстер Пауэр, 1,5 л/га по всходам	5,6	11,6	13,6	10,3
НСР ₀₅	23,4	15,2	16,3	11,3

то же действующее вещество никосульфурон в комбинации с мезотрионом в составе препарата Элюмис обеспечило достаточно полный контроль всего комплекса сорняков.

В описанной ситуации более выраженный результат, чем в 2012 году, показал гербицид Майстер в баковой смеси с Эстетом благодаря экранному действию йодосульсурина против всходов паслена. Еще эффективнее этот вариант был в 2014 году, когда нишу паслена черного заняли сорные виды семейства гречишных, в основном горец шероховатый. На его фоне слабым действием отличались послевсходовые препараты Милагро, Кордус и Люмакс. Устойчиво низкая эффективность была характерна для почвенных гербицидов Дуал голд, Харнес и Марлин независимо от сроков их внесения, что достаточно характерно для почвенно-климатических условий региона и установлено нами в более ранних исследованиях [16].

Причины низкой или неустойчивой эффективности перечисленных гербицидов различны и связаны не только с особенностями их химического состава и спектром действия, но и с характером взаимодействия активных компонентов с отдельными фракциями почвы; подчеркнем, что анализ этих причин является самостоятельной задачей и выходит за рамки данной работы.

Анализ хозяйственной эффективности гербицидов показал, что в группу лидеров по урожайности зерна (в среднем за три года 4,3–4,7 т/га) вошли пять препаратов: Майстер (в баковой смеси с Эстетом), Дублон голд (с Балериной), Элюмис, Аденго и Майстер Пауэр в рекомендуемых нормах расхода при

опрыскивании посевов в фазу 3–4 листьев у кукурузы (табл. 3).

Таким образом, на фоне дефицитного или нормального увлажнения в первой половине вегетации, характеризующегося преимущественно одноволновым прорастанием малолетних сорняков, не выявлено принципиальных различий между наиболее эффективными гербицидами, относящимися к двум группам: с преимущественно трансламинарным и комбинированным (трансламинарно-экранном) действием.

Принципиально иные результаты получены в 2015 году, отличавшемся обильным и постоянным увлажнением почвы на протяжении почти всего гербакритического периода. К моменту обработки послевсходовыми гербицидами (6 июня, фаза развития кукурузы – 3–4 лист) малолетние злаковые сорняки в контроле развили сухую надземную биомассу в среднем 33 г/м², на фоне почвенных препаратов, внесенных до посева (Дуал голд, Харнес, Пропонит) или до всходов культуры (Мерлин) – от 0,8 до 4,3 г/м² (табл. 4). Через 15 суток после опрыскивания произошло выравнивание засоренности по большинству вариантов: она варьировала от 5,1 до 11,6 г/м², при этом в вариантах с почвенными препаратами наблюдалось ее увеличение, тогда как на фоне послевсходовых – снижение в 3–7 раз.

Дальнейшая динамика засоренности была обусловлена несколькими обстоятельствами. Во-первых, к концу июня в основном завершилось защитное действие почвенных гербицидов, что вызвало интенсивный рост сегетальной биомассы, продолжавшийся до конца гербакритического периода.

Таблица 3 – Влияние гербицидов на урожайность зерна кукурузы (т/га), 2012–2014 годы

Вариант	Год			
	2012	2013	2014	В среднем
Контроль (без гербицидов)	0,22	2,23	0,47	0,97
Дуал голд, 1,6 л/га до посева	0,73	3,10	2,53	2,12
Харнес, 2,5 л/га до посева	2,18	4,60	2,18	2,99
Мерлин, 0,15 кг/га до всходов	0,76	3,63	1,60	2,00
Майстер 0,15 кг/га + Эстет, 0,6 л/га по всходам	3,30	7,35	3,33	4,66
Дублон голд, 0,07 кг/га + Балерина, 0,3 л/га	3,03	7,30	3,28	4,54
Кордус, 0,04 кг/га по всходам	2,27	4,57	1,73	2,86
Милагро, 1,0 л/га по всходам	2,83	5,82	2,27	3,64
Элюмис, 1,5 л/га по всходам	3,16	7,20	2,67	4,34
Люмакс, 4,0 л/га по всходам	2,43	7,49	2,90	4,27
Аденго, 0,5 л/га по всходам	3,30	7,23	3,54	4,69
Майстер Пауэр, 1,5 л/га по всходам	3,24	7,31	3,62	4,72
НСР ₀₅	0,37	0,67	0,40	0,34



Во-вторых, ко времени опрыскивания после всходов препаратами вегетирующие злаковые сорняки имели от 2–3 до 5–6 листьев. Разнообразный состав сорняков привел к тому, что на 30 день после обработки произошла первая дифференциация после всходов гербицидов по биологической эффективности. Она проявилась в виде существенного прироста сегетальной биомассы в вариантах с Люмаксом, Эскудо и Кордусом. Во всех трех случаях это связано с узким «окном» действия активных ингредиентов (С-метолахлора, тербутилазина и римсульфурана), эффективных при наличии у злаковых сорняков не более 3 листьев. В результате растения поздних яровых сорняков (в основном проса сорного) первой волны, имевшие к моменту опрыскивания 5–6 листьев, к началу июля сформировали такую же биомассу, как и на фоне почвенных препаратов, а биологическая эффективность гербицидов обеих групп варьировала от 50 до 61 процента.

Остальные препараты, содержащие в качестве действующих веществ кросс-спектра никосульфурон (Дублон голд, Дублон супер, Элюмис), форамсульфурон (Майстер, Майстер Пауэр), изоксафлутол (Аденго), тиенкарбазон (Аденго, Майстер Пауэр) и топрамезон (Стеллар), в этот период показывали эффективность от 90 до 97 процентов. Отмеченное преимущество связано с тем, что к перечисленным гербицидам сорные виды чувствительны в течение более длительного периода – до 4–6 листа.

Третье обстоятельство заключается в том, что к концу второй декады июля произошла дифференциация по биологической эффективности и внутри этой группы препаратов. Обильные осадки, начавшие с третьей декады июня, спровоцировали значительную вторичную засоренность посевов не только поздними яровыми двудольными видами, как это наблюдалось в 2013 и 2014 годах, но и третьей волной проса сорного. Это привело к значительному увеличению массы сорняков на фоне гербицидов, отличающихся в основном трансламинарным действием (Майстер, Дублон голд, Дублон супер и Элюмис), но почти не сказавшись на засоренности вариантов с препаратами Аденго, Майстер Пауэр и Стеллар благодаря их почвенному действию. В результате учет, проведенный на 45 суток после опрыскивания, выявил три уровня биологической эффективности гербицидов: от 51 до 60 (Дуал голд, Харнес, Пропонит, Мерлин, Люмакс, Эскудо, Кордус), от 84 до 86 (Майстер, Дублон голд, Дублон супер, Элюмис, Кордус плюс) и от 94 до 98 (Аденго, Майстер Пауэр и Стеллар).

Это нашло отражение и в распределении вариантов по урожайности зерна на четыре кластера (рис. 1).

Первый представлен контрольным вариантом без гербицидов с продуктивностью 0,8 т/га. Во втором кластере урожайность колеблется от 2,4 до 3,2, в третьем – от 5,6 до 5,8, в четвертом – от 6,8 до 7,3 т/га. Как показал

Таблица 4 – Влияние гербицидов на динамику засоренности кукурузы (сухая биомасса сорняков, г/м²), 2015 г.

Вариант	Число дней после обработки (дата)			
	0 (06.06)	15 (21.06)	30 (06.07)	45 (21.07)
Контроль	33,4	63,7	289,4	478,2
Дуал голд до посева	4,3	10,3	122,8	231,4
Харнес до посева	3,7	8,7	144,1	226,7
Пропонит, 3,0 л/га до посева	3,9	9,9	124,3	219,1
Мерлин до всходов	0,8	7,4	111,6	192,5
Люмакс, 4 л/га по всходам	33,2	11,2	132,2	236,2
Эскудо, 25 г/га + Балерина, 0,3 л/га по всходам	34,4	11,6	120,8	197,6
Кордус, 40 г/га по всходам	30,2	9,2	119,2	215,6
Кордус плюс, 440 г/га по всходам	30,1	6,3	28,1	78,3
Дублон голд, 0,07 кг/га + Балерина, 0,2 л/га	35,6	7,2	25,3	69,7
Майстер 0,15 кг/га + Эстет, 0,6 л/га по всходам	33,3	7,2	24,8	68,8
Элюмис, 1,5 л/га по всходам	29,2	5,7	25,2	72,5
Дублон супер, 0,4 л/га по всходам	27,4	7,0	23,9	73,3
Аденго, 0,5 л/га по всходам	35,5	4,7	9,7	11,4
Майстер Пауэр, 1,5 л/га по всходам	33,1	6,3	10,1	12,9
Стеллар, 1,5 л/га по всходам	33,9	5,1	15,9	30,8

дисперсионный анализ, различия по урожайности внутри групп недостоверны ($НСР_{05} = 1,1$ т/га), тогда как между ними во всех случаях статистически доказаны.

Необходимо отметить, что в группу лидеров не вошел гербицид Люмакс, в характере действия которого также заложена потенциальная способность к пролонгированному эффекту за счет почвенного действия всех трех действующих веществ (С-метолахлор, тербутилазин и мезотрион). Можно предполагать, что нестабильная эффективность препарата, установленная уже в первые три года исследований, связана со слабым граминицидным действием активных компонентов и высокой биологической активностью черноземов Зауралья, но решение данного вопроса, как уже отмечено, выходит за рамки настоящей работы.

В отношении основных объектов – гербицидов Аденго и Майстер Пауэр – выполненные исследования позволяют констатировать, что их преимущества в условиях региона в полной мере проявляются примерно в 25 процентах случаев. Однако и эта статистика делает обоснованной рекомендацию по их применению для защиты кукурузы от сорняков по крайней мере в северной лесостепи. Как показывает анализ экономической эффективности, в среднем за 4 года применение данных препаратов обеспечило дополнительный условный чистый доход более 4 тысяч рублей с гектара по сравнению с ближайшим аналогом по стоимости гектарной нормы Элюмисом, не обладающим достаточно выраженным почвенным действием.

Выводы

1. Высокая степень засоренности кукурузы малолетними злаковыми видами в лесостепи Зауралья обусловлена рядом почвенно-климатических, технологических и фитоценологических особенностей.

2. При дефицитных и нормальных ресурсах почвенной и атмосферной влаги достаточную биологическую и хозяйственную эффективность контроля злаковой засоренности обеспечивают послевсходовые гербициды со сравнительно широким «окном» применения, содержащие действующие вещества кросс-спектра никосульфурон, форамсульфурон, изоксафлютол, тиенкарбазон-метил. В описанных условиях существенных различий между перечисленными гербицидами не наблюдается.

3. На фоне повышенного увлажнения, провоцирующего высокую вторичную засоренность кукурузы поздними яровыми злаковыми и двудольными видами, преимуществом обладают послевсходовые гербициды на основе изоксафлютола и тиенкарбазон-метила, сочетающие трансламинарное и почвенное (экранное) действие на сеgetальные растения. С учетом колебаний гидротермических факторов условный экономический эффект от использования этих гербицидов в четырехлетнем полевом эксперименте превысил 4 тысячи рублей с гектара.

Список литературы

1. Казакова Н. И. Органогенез и продукционный процесс кукурузы в Зауралье. Челябинск : ЧГАА, 2015. 132 с.

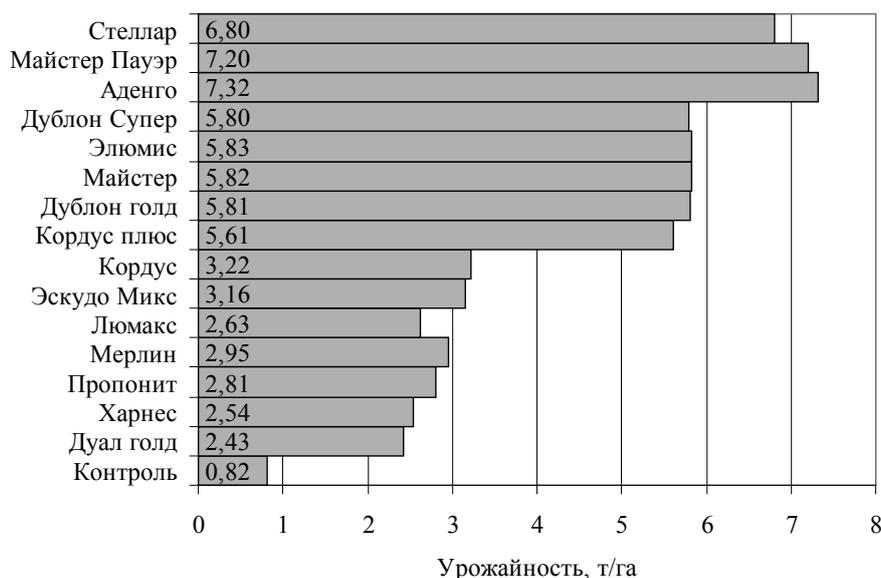


Рис. 1. Влияние гербицидов на урожайность зерна кукурузы (т/га), 2015 г.



2. Weed suppression and crop productivity by different arrangement patterns of maize / M. Simic, Z. Dolijanovic, R. Maletic, L. Stefanovic, M. Filipovic // *Plant, soil and environment*, 58, 2012 (3). P. 148–153.
3. Hailegiorgis M., Huluka M., Mekuria M. Determination of the critical period of weed control and the effect of a mixed weed population on maize (*Zea mays*) yield and yield components // *Scientific World Journal*. 2012. № 7. P. 253–267.
4. Багринцева В. Н., Кузнецова С. В., Губа Е. И. Эффективность применения гербицидов на кукурузе // *Кукуруза и сорго*. 2011. № 1. С. 24–27.
5. Панфилов А. Э. Сценарный подход к контролю засоренности кукурузы в лесостепи Зауралья // *Вестник ЧГАА*. 2014. Т. 70. С. 198–204.
6. Панфилов А. Э., Казакова Н. И. Эффективность использования атмосферных факторов при различных сроках посева кукурузы в лесостепи Зауралья // *Кукуруза и сорго*. 2010. № 3. С. 10–12.
7. Мхоян А. С., Агаронян А. Г. Мастер в посевах кукурузы // *Защита и карантин растений*. 2014. № 10. С. 46.
8. Конопля Н. И., Маслиев С. В., Курдюкова О. Н. Защита посевов пищевой кукурузы от сорняков // *Кукуруза и сорго*. 2014. № 1. С. 24–26.
9. Khan N., Khan N. W., Khan I. A. Integration of nitrogen fertilizer and herbicides for efficient weed management in maize crop // *Sarhad J. Agric.* Vol. 28. № 3. 2012. P. 457–463.
10. Вредоносность сорняков различных биологических групп в посевах кукурузы / А. Э. Панфилов, Д. С. Корыстина, Е. С. Корыстин, И. Н. Цымбаленко // *Кукуруза и сорго*. 2007. № 6. С. 16–19.
11. Доронина О. М. Продуктивность кукурузы в зависимости от степени засоренности // *АПК России*. 2015. Т. 72. № 1. С. 80–82.
12. Корыстин Е. С. Граминициды в посевах кукурузы: особенности применения в северной лесостепи // *Вестник ЧГАУ*. 2006. Т. 46. С. 117–122.
13. Панфилов А. Э., Сеницына О. Б. Оптимизация технологических схем контроля засоренности в посевах кукурузы // *Кукуруза и сорго*. 2012. № 4. С. 25–28.
14. Багринцева В. Н., Кузнецова С. В., Губа Е. И. Послеуборочные гербициды с почвенным действием для кукурузы // *Кукуруза и сорго*. 2015. Т. 1. № 1. С. 22–26.
15. Багринцева В. Н., Кузнецова С. В., Губа Е. И. Гербицид Аденго на кукурузе // *Защита и карантин растений*. 2015. № 9. С. 47.
16. Панфилов А. Э., Цымбаленко И. Н., Сеницына О. Б. Почвенные и листовые гербициды как альтернативные элементы технологии возделывания кукурузы // *Вестник ЧГАА*. 2012. Т. 62. С. 106–110.

Панфилов Алексей Эдуардович, д-р с.-х. наук, профессор кафедры экологии, агрохимии и защиты растений, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: al_panfilov@mail.ru.

Саитов Салимхан Букумбаевич, аспирант, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: stepnai@bk.ru.

Гайнитдинова Лилия Айратовна, студент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: al_panfilov@mail.ru.

Юсупова Гульмира Ерболатовна, студент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: al_panfilov@mail.ru.

* * *

ФОРМИРОВАНИЕ СЫРЬЕВОГО КОНВЕЙЕРА ИЗ КРЕСТОЦВЕТНЫХ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

А. Б. Пономарев, П. А. Постников

Повышение интереса к возделыванию крестоцветных масличных культур связано с выведением высокоурожайных сортов и гибридов универсального многоцелевого назначения. Оптимизация сырьевого конвейера при их выращивании является сегодня актуальным вопросом для науки и производства. Задача исследований заключается в оценке и подборе лучших высокопродуктивных сортов и гибридов рапса и сурепицы с целью формирования из них сырьевого конвейера и достижения средневропейской урожайности 3,0–3,5 т/га маслосемян. Полевые опыты проводятся на Кольцовском опытном участке ФГБНУ «Уральский НИИСХ» на серой лесной тяжелосуглинистой почве. Нормы высева семян и дозы удобрений – согласно современным общепринятым рекомендациям. Погодные условия в 2013 году на Среднем Урале кратко можно характеризовать как сухие и жаркие. Сорта и гибриды рапса достигли уборочной спелости к 9 сентября при средней урожайности маслосемян соответственно 1,14 и 1,40 т/га. Раннеспелая сурепица достигла пригодности к уборке к 21 августа при средней урожайности 1,27 т/га. Во влажном и прохладном 2014 году сурепица вызрела к 11 сентября с урожайностью 2,60 т/га; сорта и гибриды рапса достигли уборочной спелости только к 29 сентября с урожайностью 2,71 и 2,79 т/га. Для оптимизации сырьевого конвейера особенно важно, чтобы уборочная спелость сурепицы достигалась на 18–20 дней раньше рапса. В условиях Среднего Урала с целью более раннего вызревания и более равномерного поступления маслосемян кроме ярового рапса в структуру сырьевого конвейера целесообразно включать также и сурепицу. Это позволяет получать полноценные семена в любые годы и значительно сократить затраты на сушку и подработку. Оптимальное соотношение рапса и сурепицы будет зависеть от комплекса показателей: специализации хозяйства, экономически эффективной урожайности, требованиям к качеству конечной продукции.

Ключевые слова: рапс и сурепица, крестоцветные культуры, гибриды, сырьевой конвейер, созревание.

Адаптивное растениеводство предусматривает максимальное приспособление сельскохозяйственных культур к почвенно-климатическим условиям той или иной местности. Сохранение динамического равновесия, в котором находится биосфера, играет ключевую роль в растениеводстве, и приведение агроэкосистемы к максимально равновесному состоянию, где каждая группа растений соответствовала бы почвенно-климатическим условиям, целесообразно как в полевом, так и в луговом кормопроизводстве [1]. Даже в границах каждого хозяйства, в зависимости от типа природного

угодья и модификации травостоя, целесообразно адаптивно-ландшафтное размещение разных систем [2].

Принципы адаптивности в растениеводстве совмещаются также и с принципом диверсификации, предусматривающем расширение набора культур для более устойчивого стабильного развития экономики. Это в полной мере касается и всех других групп кормовых культур, где диверсификация видовой и сортовой структуры посевных площадей обусловлена климатическими, погодными и земельными условиями регионов [3].



Показателем и признаком приспособленности к конкретной местности являются сорные растения. Попытки приспособить некоторые из них к нуждам кормопроизводства предпринимались и раньше. По сути, все сельское хозяйство зародилось путем окультуривания дикорастущих растений.

В числе наиболее распространенных сорняков на Среднем Урале можно видеть осот, щирицу (лебеду), сурепку и др. Попытки возделывания окультуренной щирицы – амаранта были весьма популярны в девяностые годы. Не прижилась и не вошла в производство эта культура, на наш взгляд, прежде всего из-за повышенной сыпучести (текучести) очень мелких семян при несовершенстве посевной и уборочной техники, а также ограниченности средств химизации той поры.

Не пошел в производство и борщевик Соновского, хотя после попыток его окультуривания на обочинах дорог до сих пор можно встретить его сплошные заросли, что говорит об осторожности попыток интродукции малоизученных кормовых культур.

С повышением культуры земледелия на новом уровне развития вполне возможен возврат интереса к амаранту, как это произошло на Среднем Урале, к примеру, с рапсом и кукурузой по зерновой технологии. А шутка об осоте как «уральском хлопке» в будущем, может быть, не покажется слишком фантастичной. При направленной селекции, к примеру, для нужд стройиндустрии осотовый «хлопок» может стать пригоден в самом прямом смысле слова. Ведь пытались же в свое время в ССХИ (ныне УрГАУ) осваивать и внедрять для выращивания на корм крапиву двудомную, и была даже разработана технология.

В плане адаптивного растениеводства все вышесказанное тем более касается сурепицы и рапса. Сурепка на Среднем Урале традиционно считалась сорняком, и когда в 70–80 годы появились первые поля рапса, многие специалисты сельского хозяйства удивлялись: «Так ведь это же сурепка». Но судьба рапса и окультуренной сурепицы в сельском хозяйстве Среднего Урала сложилась намного удачнее.

Возделывание на маслосемена сурепицы и рапса сдерживалось ранее невысокой урожайностью и повышенным содержанием в маслосеменах антипитательных веществ (эруковой кислоты и глюкозинолатов). В настоящее время

благодаря достижениям селекции большинство сортов и гибридов ярового рапса и сурепицы характеризуются несравненно более высокой урожайностью при содержании антипитательных веществ в пределах допустимого. Это во многом и обусловило современный всплеск интереса к ним и в мире, и в России, и на Среднем Урале в частности [4].

Принято считать, что рапс появился в прохладных местностях Средиземноморья путем спонтанного скрещивания сурепицы (*Brassica campestris*) и капусты (*Brassica oleracea*) [5]. Выведение «безруковых» высокоурожайных двулулевых гибридов придало этой культуре «второе дыхание».

Одним из достоинств рапса является универсальное многоцелевое назначение. При выращивании культуры на маслосемена после их отжима получается 38–48% рапсового масла и 52–62% рапсового жмыха. Масло является универсальным сырьем для многих отраслей промышленности – топливной, парфюмерной, пищевой и т.д. Из него изготавливают косметику, лаки, краски, фармацевтику, моющие средства и т.п. [5]. В этом плане рапсовое масло можно сравнить с нефтью, о которой Д. И. Менделеев когда-то сказал: «Сжигать нефть, все равно, что топить печку ассигнациями».

Рапсовый жмых – ценная энергонасыщенная добавка к рациону КРС. А рапсовое масло может быть также и восполняемым альтернативным источником топлива. Топливо на основе рапсового масла («биодизель») достаточно широко используется в Европе, где существует сеть специальных автозаправочных станций.

Все вышесказанное в полной мере можно отнести и к новым не менее высокоурожайным сортам яровой сурепицы, на Среднем Урале они пока практически не изучены и распространение их сравнительно невелико. А достоинство их в первую очередь может быть связано с точки зрения формирования более полноценного сырьевого конвейера.

Довольно обширные исследования по технологии возделывания рапса и других масличных культур ранее были проведены в ФГБНУ «Пензенский НИИСХ». На основе многолетних исследований для почвенно-климатических условий Центральной Европейской части России был предложен сырьевой конвейер из различных видов, сотов и гибридов крестоцветных и других масличных культур:

- в третьей декаде июня вызревает и уже становится пригоден к уборке озимый рыжик;
- к середине июля достигает уборочной спелости рыжик яровой;
- а ко второй декаде августа вызревает рапс и лен масличный [6].

Благодаря подобным разным срокам созревания поступление маслосемян в течение сезона становится более равномерным, что с технологической точки зрения в условиях производства очень важно.

Все, что касается возделывания рапса и льна, то для Свердловской области данные культуры в составе структуры вышеуказанного сырьевого конвейера вполне пригодны и здесь подобная последовательность может быть применима. Рапс на маслосемена занимает уже площади более 15 тыс. га при урожайности маслосемян во многих хозяйствах 20 и более т/га. Благодаря проведенным в последние годы ФГБНУ «Уральский НИИСХ» исследованиям начинают появляться и первые производственные посевы льна масличного [7].

Вместе с этим слабым звеном в технологии возделывания является отсутствие в структуре сырьевого конвейера относительно ранне-спелых масличных культур. Для «зоны рискованного земледелия» Среднего Урала наличие в структуре сырьевого конвейера относительно ранне-спелых быстро вызревающих культур является особенно важным. Актуальность и необходимость их наличия особенно показал влажный и прохладный 2014 год, когда риск невызревания резко возрос.

В этом плане привлекает внимание яровая сурепица, которая в пензенских рекомендациях отсутствует, но в условиях Среднего Урала неплохо зарекомендовала себя еще в прежние годы. В 1990–92 гг. в опытах А.В. Безгодова по показателю урожайности маслосемян сурепица Восточная обеспечила выход маслосемян 1,8 т/га [8]. Но в те годы у большинства прежних сортов сурепицы содержание в семенах вышеупомянутых антипитательных веществ было весьма значительным, что сдерживало расширение посевов и использование маслосемян в качестве сырья для кормового жмыха.

Таким образом, для рано вызревающих крестоцветных культур многие элементы технологии возделывания для почвенно-климатических условий Среднего Урала разработаны недостаточно. В частности, не выявлены лучшие современные сорта сурепицы, не определена

степень их скороспелости, конкурентоспособности с рапсом в плане урожайности и т.д.

Цель исследований

В связи с вышеизложенным с 2013 года в ФГБНУ «Уральский НИИСХ» были возобновлены исследования по сравнительному испытанию новых перспективных сортов яровой сурепицы при сравнении ее с сортами и гибридами рапса. При этом решается задача возможности сочетания и последовательности их уборки в структуре сырьевого конвейера.

Методика исследований

Опыты проводятся в научно-демонстрационном опыте на Кольцовском опытном участке на серой лесной тяжелосуглинистой почве. В 2013 году посев проведен 19 мая, в 2014 году 14 мая. Расчетная норма высева сортов рапса – 1,3 млн шт./га, гибридов рапса – 0,7–0,9 млн шт./га, сурепицы – 1,7 млн шт./га. Уборка проведена прямым комбайнированием в два срока по мере созревания групп культур различной скороспелости. Погодные условия в 2013 году на Среднем Урале кратко можно характеризовать как сухие и жаркие, а в 2014 году как влажные и прохладные.

Результаты исследования

Наблюдения показали, что как в жарком и засушливом 2013 году, так и во влажном и прохладном 2014 году лучшие номера сурепицы не уступали, а порой даже превосходили по урожайности сорта и гибриды рапса (табл. 1).

В 2013 году сухом и жарком году сорта и гибриды рапса достигли уборочной спелости к 9 сентября при средней урожайности маслосемян соответственно 1,14 и 1,40 т/га. Ранне-спелая сурепица достигла пригодности к уборке к 21 августа при средней урожайности 1,27 т/га.

В следующем более влажном и прохладном 2014 году сурепица вызрела к 11 сентября с урожайностью 2,60 т/га; сорта и гибриды рапса достигли уборочной спелости только к 29 сентября с урожайностью 2,71 и 2,79 т/га.

Самое может быть важное, что вызревание сурепицы в оба этих довольно контрастных по погодным условиям года происходило на 18–20 дней раньше, чем у рапса. В 2013 году сурепица была убрана 21 августа, в 2014 году – 11 сентября. Сорта же и гибриды рапса в эти два года вызрели на 18–20 дней позднее.



Таблица 1 – Урожайность маслосемян ярового рапса и сурепицы по результатам исследований ФГБНУ Уральский НИИСХ в 2013–2014 гг., т/га

Сорта, гибриды, номера	2013 г.	2014 г.	В среднем за два года
Сорта рапса			
Викрос	1,08	2,87	1,98
Аккорд	1,27	2,67	1,97
Старт	1,11	2,56	1,83
Луч	1,11	2,75	1,93
Гибриды рапса			
Дилан	1,41	2,59	2,00
Запа	1,42	2,72	2,07
Брандо	1,38	3,04	2,21
Сорта сурепицы			
SC 3306	1,08	2,53	1,81
SC 3308	1,42	2,34	1,88
SC 3309	1,30	2,92	2,11

Вместе с тем для хозяйств различной направленности немаловажное значение имеет качество конечной продукции и, в частности, соотношение в маслосеменах масла и шрота. Результаты анализов показали, что разница в маслячности между сортами и гибридами рапса и сурепицы в 2013–2014 гг. не превышала в среднем 3%. У сортов рапса содержание жира в семенах в среднем за два года составило 39,4%, у гибридов рапса – 41,1%, у сурепицы – 38,3%.

Выводы

В процессе двухлетних исследований выявлено, что наличие новых сортов сурепицы с допустимым содержанием антипитательных веществ позволяет включать ее в сырьевой конвейер с целью более равномерного поступления маслосемян в течение сезона. Значительно более раннее ее вызревание по сравнению с сортами и гибридами рапса позволяет считать ее своего рода «страховой» культурой, обеспечивающей гарантированное созревание даже в столь неблагоприятные годы, как 2014-й. Это дает возможность чуть более позднего посева в период весьма напряженной посевной кампании.

Оптимальное соотношение гибридов и сортов рапса и сурепицы в структуре посевных площадей может зависеть от целого комплекса показателей: потенциальной урожайности, качества продукции, общей экономической эффективности и т.д.

С адаптивно-экологической точки зрения можно предположить, что если на том или ином поле в виде сорняка довольно распространена сурепка обыкновенная, то, скорее всего, на этом

поле неплохую урожайность будут давать гибриды и сорта рапса и сурепицы.

Список литературы

1. Жученко А. А. Смена парадигм и методологии сельскохозяйственного природопользования // Адаптивное кормопроизводство: международный научно-практический электронный журнал ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса. 2010. № 1. Режим доступа: <http://www.adaptagro.ru/index.php/ru/m85.html> (дата обращения 09.02.2015.).
2. Кутузова А. А. Лекции послевузовского образования М.: ООО «Угрешская типография», 2013. 116 с.
3. Развитие кормопроизводства Урала / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева // Нива Урала. 2011. № 6/7. С. 6–8.
4. Рекомендации по особенностям возделывания рапса на зерно в условиях Среднего Урала / С. М. Чемезов, М. Н. Копытов, М. А. Намятов, Н. Н. Зезин. Екатеринбург: Изд-во Урал. ФГОУ ВПО УрГСХА, 2008. 25 с.
5. Шпаар Д. Рапс и сурепица: выращивание, уборка, использование. М.: ИД ООО «DVL АГРОДЕЛО», 2007. 320 с.
6. Смирнов А. А., Долженко Д. О., Кабулин А. А. Расширение спектра возделываемых культур – надежный путь повышения эффективности производства масличного сырья. Пенза: ГНУ Пензенский НИИСХ, 2013. 16 с.
7. Колотов А. П. Расширение ареала возделывания льна масличного в Уральском Федеральном Округе // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. 2012. Вып. 1(150). С. 96–99.

8. Безгодов А. В. Подбор сортов, норм высева и сроков сева ярового рапса и сурепицы для возделывания на семена в условиях Среднего Урала : автореф. дис. ... канд. с.- х. наук. Екатеринбург, 1995. 20 с.

Пономарев Анатолий Борисович, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и кормопроизводства, ФГБНУ Уральский НИИСХ.
E-mail: ponomarev502@mail.ru.

Постников Павел Афанасьевич, канд. с.-х. наук, заведующий отделом земледелия и кормопроизводства, ФГБНУ Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства НИИСХ.
E-mail: Postnikov.ural@mail.ru.

* * *

УДК 631.365.22

**ИССЛЕДОВАНИЕ СУШКИ БИОПРОДУКТОВ
В РОТАЦИОННО-ИМПУЛЬСНОМ ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ.
КИНЕТИКА СУШКИ**

Т. Г. Джурков

Рассмотрен процесс сушки биопродуктов, полученных способом твердофазной ферментации, которые используются для растительной защиты. Целью исследования являлось изучение сушки зернистой массы в условиях ротационно-импульсного кипящего слоя. Зернистая масса – результат твердофазной ферментации, обладает высоким влагосодержанием и не может быть флюидизированной при помощи обычного псевдоожигенного слоя. Исследовались 8 проб Боверина и 3 пробы Триходермина, сушенных в лабораторной сушилке с ротационно-импульсным псевдоожигенным слоем в лаборатории тепло- и массообмена «ТСТ» ООД. Представлена примерная кривая сушки одного из исследуемых материалов. Для отдельных экспериментов были вычислены скорость сушки в первом периоде, произведения скорости сушки и время сушки. Установлены параметры, влияющие на коэффициент сушки. Полученные результаты обработаны с использованием оригинальной методики. Выведены уравнения, описывающие кинетику сушки исследованных материалов.

Ключевые слова: сушка, твердофазная ферментация, псевдоожигенный слой.

Введение

Объектом исследования является проеденная при предходных операциях ларвами насекомых рыхлая зернистая масса ячменя. В порах и на поверхности проеденных ячменных зерен способом твердофазной ферментации культивирован микроскопический грибной мицелий. Культивированные в зернах грибные культуры *Beauveria Bassiana* и *Trichoderma Viride*, торговых марок Боверин и Триходермин, используются в качестве растительной защиты.

Целью исследования являлось изучение сушки зернистой массы в условиях ротационно-импульсного возбуждения псевдоожигения.

Мы остановились на этом методе, так как по окончании ферментации зернистая масса обладает высоким влагосодержанием и не может быть флюидизированной при помощи обычного псевдоожигенного слоя. Часть активных компонентов биопродукта – споры микроорганизмов, находящихся на поверхности зерен, высыхают быстро и по достижении определенного влагосодержания происходит их отделение от зерен и последующее улавливание циклоном. Это благоприятный фактор, так как основная часть спор находится в коротком контакте с нагретым сушильным агентом и вероятность термической дегградации минимальна. Споры, находящиеся

в зернах, подвергаются сушке совместно с зернами, что сопряжено с ограничениями исследованных температурных режимов – температура материала (исходящего сушильного агента) не должна превышать 60 °С.

Исследовались 8 проб Боверина и 3 пробы Триходермина (табл. 1), сушеных в лабораторной сушилке с ротационно-импульсным псевдооживленным слоем в лаборатории тепло- и массообмена «ГСТ» ООД. Меняли в основном температурный режим, так как на исходящий объект сушки нельзя воздействовать. Показателем оценки качества продукта, полученного в результате сушки, является титр спор [1]. В настоящем изложении мы останавливаемся только на техническом аспекте исследования – кинетике сушки.

Методика исследования сушки биопрепаратов в ротационно-импульсном псевдооживленном слое

Эксперименты проводились в следующей последовательности: предварительно подогретая до рабочей температуры сушильная камера засыпалась определенным количеством материала для сушки m_i с начальным влагосодержанием u_i . Через определенные интервалы времени из камеры брались пробы для замеров текущего влагосодержания материала. Для этой цели используется способ взвешивания [5]. В процессе сушки ежеминутно замеряются и регистрируются температуры сушильного агента до газораспределительного устройства и после слоя. Во время исследований сушки Боверина автоматически поддерживался предварительно заданный температурный режим исходящего сушильного агента.

Указанные в таблице 1 данные температуры сушильного агента являются усредненными величинами в интервале между 4 и 10 мин – части первого периода сушки. Расход сушильного агента замерялся однократно в начале исследования до засыпки материала в рабочую камеру при помощи флюгерного анемометра с цифровой индикацией компании Testoterm. Продолжительность процесса замерялась секундомером.

Результаты экспериментов

Результаты замеров во время сушки представлены в таблицах 1 и 2.

Обработка и обобщение результатов экспериментов кинетика сушки

Основную информацию о кинетике сушки Боверина и Триходермина в ротационно-импульсном псевдооживленном слое можно вывести из кривых сушки.

Как видно из таблицы 1, начальное влагосодержание варьирует в широких пределах, вследствие чего невозможно использовать обобщенную кривую сушки. Для этой цели можно использовать индивидуальные кривые сушки отдельных экспериментов. Вид последних во всех экспериментах аналогичный, поэтому влагосодержание иллюстрируется только одной примерной кривой. На рисунке 1 в координатной системе u, τ представлена кривая сушки Боверина (эксперимент № 3, согласно табл. 3), а на рисунке 2 – та же самая кривая в координатной системе $\lg(u - u_e), \tau$. Равновесное влагосодержание выбрано в соответствии со средними параметрами выходящего из сушилки воздуха по окончании процесса сушки ($t_c \sim 70$ °С и $\phi \sim 5\%$) на основе равновесной изотермы сорбции для Боверина – $u_e = 0,05$ кг/кг [2].

Таблица 1

№	m_i	u_i	u_f	τ	L	t_{m1i}	t_{m2i}	ρ_b
	кг	кг/кг	кг/кг					
Боверин								
1	1,5	0,98	0,13	40	0,058	94,6	41,2	367
2	1,5	0,84	0,08	30	0,053	102,5	56,7	354
3	1,25	0,99	0,18	40	0,053	92,0	45,1	357
4	1,55	0,84	0,18	25	0,052	91,3	51,4	350
5	1,4	1,67	0,19	50	0,048	105,0	34,8	388
6	1,7	1,15	0,22	47	0,042	89,6	23,0	387
7	2,3	0,75	0,11	45	0,053	98,4	36,2	396
8	2,2	0,67	0,14	40	0,052	76,0	39,4	369
Триходермин								
9	2,97	0,67	0,17	68	0,100	56,6	40,1	378
10	1,5	0,85	0,11	45	0,077	55,8	44,7	341
11	1,5	0,85	0,13	74	0,077	58,6	43,2	341



Таблица 2

№	τ, мин.	$N \cdot 10^4, c^{-1}$	$N \cdot \tau$
1	0	4,44	0
	7		0,186
	17		0,453
	34		0,906
2	0	6,67	0
	12		0,480
	21,5		0,860
3	0	8,22	0
	3		0,148
	7		0,345
	10		0,493
	18		0,888
4	0	14,49	0
	4,75		0,413
	7,5		0,652
	11,50		1,0
5	0	7,16	0
	4,25		0,183
	8,33		0,358
	12,67		0,544
	20,75		0,891
6	0	8,39	0
	4		0,201
	7		0,352
	20,5		1,032
7	0	6,3	0
	31		1,172
8	0	8,9	0
	4		0,214
	8		0,427
	12		0,641
	17		0,908
9	0	9,69	0
	4		0,233
	6		0,349
	11		0,640
	20,67		1,202
10	0	8,5	0
	5,5		0,281
	8		0,406
	19,33		0,896
11	0	6,19	0
	7		0,260
	25,5		0,947

Таблица 3

τ, мин	0	4	9	15	20	25	30	35	40
$u, \text{ кг/кг}$	0,99	0,81	0,66	0,48	0,36	0,33	0,26	0,21	0,18

Для низких величин φ равновесное влаго-содержание практически не зависит от температуры, поэтому используется изотерма сорбции, которая замерялась при комнатной температуре ($\sim 25^\circ\text{C}$) [2].

Линейный характер кривых $\lg(u - u_e) = f(\tau)$ указывает на факт, что для описания процесса сушки биопродуктов, полученных путем твердо-фазной ферментации, можно использовать модель Фишера [3], согласно которому скорость сушки находится в линейной зависимости от изменения выделяемой влаги ($u - u_e$).

$$-\frac{\partial u}{\partial \tau} = K(u - u_e) \quad (1)$$

и

$$u - u_e = (u_i - u_e) \cdot \exp(-K \cdot \tau). \quad (2)$$

Числовые величины коэффициентов уравнения (2) – $u_o = u_i - u_e$ и K выведены на основе кривых сушки, выстроенных в полулогарифмической координатной системе.

Данные вычислений представлены в таблице 4. Сопоставление величин u_o с величинами начального влагосодержания u_i в таблице 1 указывает на то, что только в отдельных

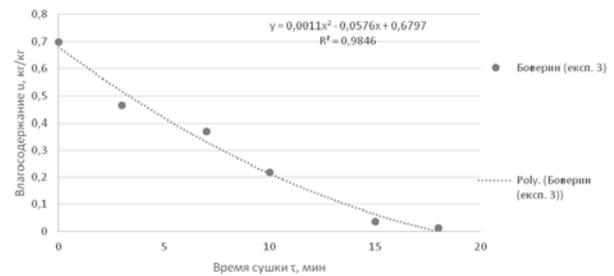


Рис. 1

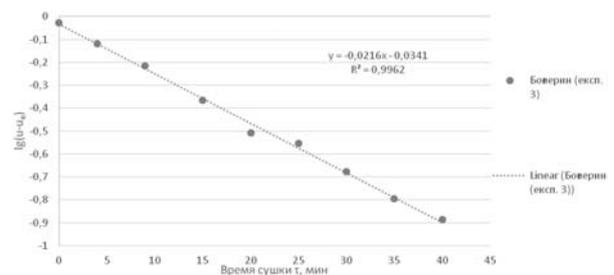


Рис. 2

экспериментах (эксперименты 3, 9 и 10) не соблюдается точно равенство $u_o = u_i - u_e$; в этих случаях отклонения не больше 5%.

Была востребована возможность выявления факторов, влияющих на коэффициент сушки K и выявления аналитической зависимости, позволяющей определить коэффициент сушки K . Из-за небольшого числа экспериментов с Триходермином такой зависимости не было выявлено. На основе экспериментов с Боверином было установлено, что основным фактором, определяющим величину K , является температура исходящего сушильного агента – t_2 . На рисунке 3 показана зависимость $K \cdot 10^4 = f(t_2)$, указывающая на поиск линейно-регрессионного уравнения. Следующая зависимость была получена при использовании метода наименьших квадратов:

$$K \cdot 10^4 = 0,18t_2 + 2,2. \quad (3)$$

В таблице 4 введены величины коэффициента сушки $K_{cal} \cdot 10^4$, вычисленные при помощи уравнения (3). Легко заметить, что между экспериментальными и вычисленными величинами

Таблица 4

№	u_o	$K \cdot 10^4$	$K_{cal} \cdot 10^4$	$N \cdot 10^4$	$N_{cal} \cdot 10^4$	k	k_{cal}
	–	$с^{-1}$	$с^{-1}$	$с^{-1}$	$с^{-1}$	–	–
1	2	3	4	5	6	7	8
Боверин							
1	0,93	10,55	9,62	6,67	5,26	1,58	1,83
2	0,79	12,80	12,41	6,33	6,08	2,02	2,04
3	0,99	9,37	10,32	5,33	5,67	1,76	1,82
4	0,79	11,53	11,45	4,76	5,61	2,42	2,04
5	1,62	8,45	8,46	9,94	10,58	0,85	0,80
6	1,10	6,61	6,34	3,42	4,01	1,93	1,58
7	0,71	8,42	8,72	4,50	4,00	1,87	2,18
8	0,67	8,91	9,29	3,17	4,04	2,81	2,30
Триходермин							
9	0,62	4,59	9,42	2,25	–	2,04	2,30
10	0,78	7,28	10,25	3,33	–	2,19	1,74
11	0,82	5,07	9,98	2,67	–	1,90	2,02

ми наблюдается хорошая корреляция. Средние отклонения не превышают 4,4%, а максимальное – 10%.

Максимальная скорость сушки N была определена по наклону тангенты по отношению к кривой сушки в начальном участке – $\tau = 4-10$ мин. Величины N указаны в колонне 5 в таблице 4.

При помощи формулы (4):

$$k = \frac{K}{N}, \quad (4)$$

был вычислен относительный коэффициент сушки, введенный А.В. Ликовым [3, 4], k , чьи величины указаны в колонне 7 таблицы 4. На рисунке 4 в координатной системе k, u_i нанесены вычисленные величины k для Боверина и для Триходермина в зависимости от начального влагосодержания. Следующее уравнение выведено с использованием метода наименьших квадратов:

$$k = 3,3 - 1,5u_i. \quad (5)$$

Вычисленные согласно уравнению (5) величины k занесены в колонну 8 в таблице 4.

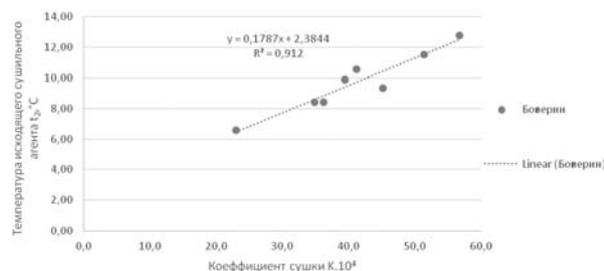


Рис. 3

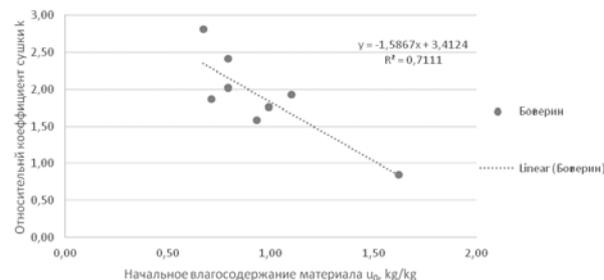


Рис. 4



Среднее отклонение между экспериментальными и вычисленными величинами k – 12%, а максимальное – 18%.

Если в формуле (4) заменить K и k согласно уравнениям (3) и (5), в результате получаем выражение, предназначенное для вычисления скорости сушки N в качестве функции от начального влагосодержания u_i и режима сушки t_2 :

$$N \cdot 10^4 = \frac{0,18t_2 + 2,2}{3,3 - 1,5u_i}. \quad (6)$$

В колонне 6 в таблице 4 указаны вычисленные согласно верхнему уравнению величины N . Среднее отклонение от экспериментальных результатов – 13,7%, а максимальное – 27%.

Ввиду широкого диапазона изменения качества обрабатываемых зернистых масс (плотность, начальное влагосодержание и т.п.) и режима сушки (температуры, скорость сушильного агента, соотношение «количество сушильного агента – материал сушки» и т.п.) полученную в результате точность обобщенных кинетических характеристик процесса – N , K и k – можно считать удовлетворительной.

Заключение

1. Выполнено исследование кинетики сушки биопродуктов, культивированных способом твердофазной ферментации.

2. Приведенные экспериментальные результаты обработаны согласно оригинальной методике. Установлена скорость сушки в первом периоде. Установлено, что на относительный коэффициент сушки влияет в основном начальное влагосодержание продуктов.

3. Выведено уравнение для вычисления скорости сушки в зависимости от параметров режима и начального влагосодержания материала.

Список литературы

1. Микробиологическое производство биологических активных веществ и препаратов / В. А. Быков [и др.]. М. : Выш. шк., 1987. 143 с.
2. Джурков Т., Вл. Еленков, В. Трингова. Сушка Боверина в сушилки ротационно-импульсным кипящем слое // Научные труды ВИХВП. Пловдив, 1991. Т. XXXVIII. Кн. II.
3. Еленков Вл. Р. Сушение и сушильная техника. София : Земиздат, 1988. 256 с.
4. Лыков А. В. Теория сушки. М. : Энергия, 1968.
5. Минчев М., Киряков И., Ненов Н. Руководство лабораторных работ по сушильной техники. Пловдив : Академично издателство УХТ, 2007.
6. Свистунов А. И. Классификация способов ферментации и ферментеров // Вестник НГИЭИ. 2013. № 10(29). С. 109–114.
7. Смирнов К. А., Алашкевич Ю. Д., Решетова Н. С. Особенности твердофазной ферментации // Химия растительного сырья. 2009. № 3. С. 161–164.
8. Kumhar K. C., Babu A., Bordoloi M., Ali A. Evaluation of culture media for biomass production of *Trichoderma viride* (KBN 24) and their production economics. *American Journal of Agriculture and Forestry*, 2014; 2(6): 317–320 p.
9. Latifian M., Rad B., Amani M., Rahk-hodaei E. Mass production of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) by using agricultural products based on liquid- solid diphasic method for date palm pest control. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. Vol., 5 (19), 2013. 2337–2341 p.
10. Simon S., Agro-based Waste Products as a Substrate for Mass Production of *Trichoderma* spp. *Journal of Agricultural Science* Vol. 3, No. 4; 2011.

Джурков Тодор Георгиев, д-р, доцент, преподаватель, Университет пищевых технологий, г. Пловдив, Болгария.

E-mail: todordj@plov.omega.bg.

* * *

УДК 631.1 : 636/639 (470.55)

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОГРАММ РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ ОТРАСЛИ ЖИВОТНОВОДСТВА (НА МАТЕРИАЛАХ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Н. Л. Наумова, В. В. Чаплинский

Сельскохозяйственное производство в Челябинской области в последнее десятилетие XX века характеризовалось кризисными явлениями, которые были вызваны многолетней недооценкой его роли в экономике страны, слабой государственной поддержкой сельских товаропроизводителей, крупными просчетами в формировании производственно-экономических отношений. Однако эффективное использование инструментов господдержки и созданный инвестиционный климат позволили реализовать успешные проекты в сфере АПК. Целью наших исследований явилось изучение развития агропромышленного комплекса Челябинской области в период 1990–2012 гг. при реализации государственных проектов. В качестве объектов исследований выступали статистические данные территориального органа федеральной службы государственной статистики и Министерства сельского хозяйства Челябинской области. В результате установлено, что развитие агропромышленного комплекса Южно-Уральского региона можно разделить на два периода: до и после вступления в действие приоритетного национального проекта «Развитие агропромышленного комплекса». За годы реализации национального проекта благодаря поддержке государства более чем на 30% вырос объем произведенной продукции сельского хозяйства. Благодаря этому сегодня Челябинская область обеспечивается за счет собственного производства основными продуктами питания. Велись реконструкция и строительство животноводческих помещений. Между тем основной проблемой была обветшавшая материально-техническая база, которая не позволяла перевести отрасль на интенсивный путь развития, суть которого заключается в максимальном производстве продукции при наименьших трудовых и материальных затратах. Претерпела модернизацию система государственной поддержки селян. Сегодня она является стимулирующей, т. е. бюджетные субсидии выделяются при условии стабильной работы и поставок в областной фонд продовольствия и на рынок.

Ключевые слова: животноводство, сельское хозяйство, агропромышленный комплекс, инвестиции, государственные программы, сельхозтоваропроизводители.

Введение

Опасная дезинтеграция государственных институтов, системный экономический кризис, издержки приватизации в сочетании с политическими спекуляциями на естественном стремлении людей к демократии, серьезные просчеты при проведении экономических и социальных реформ, – последнее десятилетие XX века стало периодом катастрофической демодернизации страны и социального упадка [1]. Развернувшийся кризис вызвал существенное ухудшение состояния агропромышленного комплекса страны. Сельскохозяйственное производство на данном этапе характеризовалось кризисными

явлениями, которые были вызваны многолетней недооценкой его роли в экономике страны, слабой государственной поддержкой сельских товаропроизводителей, крупными просчетами в формировании производственно-экономических отношений. До критического уровня упал жизненный уровень населения страны [2].

Чтобы стабилизировать обстановку в агропромышленном комплексе администрация Челябинской области за 1997–2000 гг. осуществила ряд крупных мер, которые позволили обеспечить прекращение дальнейшего спада объемов производства и создали основу для восстановления и развития сельского хозяйства.



Как продолжение начатой работы в 2000 году была принята программа стабилизации сельскохозяйственного производства и функционирования АПК Челябинской области на 2001–2005 гг. В ходе реализации целевой программы в области за 2001–2005 гг. в агропромышленный комплекс Челябинской области были направлены дополнительные финансовые средства: на повышение технической оснащенности сельскохозяйственного производства и модернизацию производственных процессов; увеличение объемов применения удобрений; укрепление технической дисциплины и повышение квалификации кадров.

21 декабря 2005 года президиумом Совета при Президенте РФ были утверждены «Направления, основные мероприятия и параметры приоритетного национального проекта «Развитие агропромышленного комплекса»» (протокол № 2 от 21 декабря 2005 г.), который включил в себя три направления: «Ускоренное развитие животноводства», «Стимулирование развития малых форм хозяйствования в агропромышленном комплексе» и «Обеспечение доступным жильем молодых специалистов (или их семей) на селе».

Следующим этапом в осуществлении государственной поддержки в сфере развития сельского хозяйства стало принятие Государственной Думой 22 декабря 2006 года федерального закона № 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства», на основании которого с начала 2008 года вступила в силу имеющая статус приоритетного национального проекта пятилетняя Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008–2012 гг., охватывающая весь спектр направлений развития агропромышленного комплекса, продовольственного обеспечения страны и устойчивого развития сельских территорий.

На основании постановления Правительства РФ от 14 июля 2007 года № 446 и распоряжения Губернатора Челябинской области от 16 июля 2007 года № 1490-р по заказу Правительства области Министерством сельского хозяйства Челябинской области была разработана областная целевая Программа реализации национального проекта «Развитие агропромышленного комплекса» в Челябинской области на 2008–2012 годы, которая была принята постановлением Законодательного Собрания Челябинской области от 21 декабря 2007 года № 990.

Целью наших исследований явилось изучение развития агропромышленного комплекса Челябинской области в период 1990–2012 гг. при реализации государственных проектов.

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследований явились статистические данные территориального органа федеральной службы государственной статистики и Министерства сельского хозяйства Челябинской области. Использованы общенаучные методы (анализ, синтез, индукция, дедукция, сравнение, обобщение, аналогия).

Экспериментальная часть

Рассмотрим динамику производства продукции сельского хозяйства Челябинской области как основного показателя, характеризующего развитие агропромышленного комплекса (табл. 1).

Юридическая реорганизация государственной собственности в сельскохозяйственных организациях привела к становлению в 1993 году крестьянско-фермерских хозяйств, которые не стали серьезными конкурентами на рынке сельхозпроизводителей, но в ретроспективе показали лучшие результаты по производству продукции сельского хозяйства. Основные спады индексов производства в сопоставимых ценах для хозяйств всех категорий пришлось на период 1995, 1998, 2000, 2004, 2010 гг., что в целом связано с проявлением отдельных финансовых кризисов в экономике страны.

В 2011 году объем производства продукции в хозяйствах всех категорий Челябинской области составил к уровню 1990 года 100,8% (в сопоставимой оценке).

С 1990 года к 2000 году объем продукции растениеводства и животноводства по области снизился наполовину (рис. 1). С 2000 года по 2005 год (в период действия программы стабилизации сельскохозяйственного производства и функционирования агропромышленного комплекса Челябинской области на 2001–2005 гг.) индекс производства продукции растениеводства по отношению к 1990 году вырос до 74%, продукции животноводства – до 59%.

С 2005 года по 2011 год производство продукции сельского хозяйства и в том числе продукции животноводства постепенно возвращается к уровню 1990 года. В это время вступает в силу национальный проект «Развитие агропромышленного комплекса», основными

целевыми показателями которого по направлению «Ускоренное развитие животноводства» стали: увеличение производства мяса на 7,0%, молока на 4,5% [3] при стабилизации поголовья крупного рогатого скота, в том числе коров на уровне не ниже уровня 2005 года.

Индекс производства продукции растениеводства (в исследуемый период) оставался нестабильным, что объясняется зависимостью отрасли от погодных условий. Так, в 2010 году снижение объема и индекса производства продукции растениеводства объясняется засушливым летом. 2011 год выдался урожайным и индекс производства продукции растениеводства в хозяйствах всех сельхозтоваропроизводителей составил 177,9% (в сопоставимой оценке) к 2010 году. За счет этого в 2011 году объем производства продукции сельского хозяйства по области вырос на 34,2% и составил 84384,6 млн рублей в фактических ценах. В 2012 году объем производства продукции сельского хозяйства снизился и составил 69605,7 млн рублей в фактических ценах (табл. 2).

Традиционно в хозяйствах всех категорий области доля продукции растениеводства и животноводства составляла около 50%. При этом в сельскохозяйственных организациях удельный вес продукции животноводства был более 60%, в крестьянских (фермерских) хозяйствах более 70% приходилось на долю продукции растениеводства.

Структура производства продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств с 1990 до 2006 гг. менялась в пользу хозяйств населения, удельный вес которых в общем объеме вырос за этот период с 38,5 до 60,4% (рис. 2).

С 2007 года удельный вес сельскохозяйственных организаций в продукции сельского хозяйства области стабилизировался на уровне 38–40%. Доля крестьянских (фермерских) хозяйств к 2012 году достигла 3,2%.

В отличие от растениеводства процесс производства в животноводстве непрерывен, продукция получается круглый год, ее выход зависит меньше от климатических условий и в большей мере от вложений труда, кормов

Таблица 1 – Индексы производства продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств* (в сопоставимых ценах, % к предыдущему году)

Период исследований, гг.	Хозяйства всех категорий	В том числе		
		сельскохозяйственные организации	хозяйства населения	крестьянские** (фермерские) хозяйства
1991	84,1	75,4	109,8	...
1992	97,3	96,4	95,6	...
1993	94,8	86,4	109,3	174,5
1994	93,2	88,3	98,2	140,9
1995	79,0	66,3	98,8	54,8
1996	101,0	94,1	108,8	105,5
1997	130,3	135,7	124,3	143,6
1998	63,9	56,8	71,1	53,7
1999	126,9	142,9	113,9	162,1
2000	89,3	87,2	92,9	70,1
2001	110,8	108,3	110,8	151,8
2002	103,7	106,7	100,9	106,4
2003	110,1	100,9	116,1	117,5
2004	83,8	86,4	83,4	65,3
2005	128,1	130,6	123,5	173,3
2006	114,2	117,0	110,4	147,0
2007	99,2	107,2	93,7	111,0
2008	101,8	103,4	100,7	101,7
2009	102,6	104,4	103,3	86,0
2010	85,9	93,3	82,7	64,4
2011	134,2	142,7	123,5	222,0
2012	81,1	94,3	74,9	45,1

Примечание:

* До 2001 года – в структуре ОКОНХ, начиная с 2001 года – в структуре ОКВЭД.

** Здесь и далее включая индивидуальных предпринимателей.



и средств. Главным фактором расширения производства в животноводстве является увеличение поголовья скота и птицы, если позволяют возможности воспроизводства стада, кормовые и трудовые ресурсы, помещения и условия специализации производства [4].

Установить основные причины, определяющие увеличение объема производства продукции животноводства можно только в результате всестороннего анализа всех экономических составляющих сельскохозяйственной деятельности, а именно факторов, влияющих на поголовье скота и птицы и уровень продуктивности; производство кормов; техническую оснащенность; экономическую эффективность использования кормовых ресурсов и других средств производства [5, 6].

При исследовании анализ отраслей животноводства начинают с изучения экономических составляющих сельскохозяйственной деятельности: размещения и размера животноводческих ферм, технической оснащенности; объема инвестиций на развитие отрасли; динамики поголовья скота и птицы; уровня продуктивности; производства кормов; экономической эффективности использования кормовых ресурсов, а затем анализируют результаты производства животноводческой продукции [2, 7].

В Челябинской области с 1996-го по 2000 годы ввод в действие помещений для содержания крупного рогатого скота по сравнению с периодом с 1991-го по 1995 годы снизился в 10 раз, для свиней и для птицы – в 2 раза (табл. 3). С 2001-го по 2005 годы помещения



Рис. 1. Отраслевая динамика производства продукции сельского хозяйства области (% к 1990 году)



Рис. 2. Структура продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств (% к итогу)

Таблица 2 – Объем и индекс производства продукция сельского хозяйства в 2012 году

Индекс производства	Хозяйства всех категорий	В том числе		
		сельскохозяйственные организации	хозяйства населения	крестьянские (фермерские) хозяйства
Продукция сельского хозяйства				
в фактических ценах, млн рублей	69605,7	32061,1	35307,1	2237,4
в сопоставимых ценах, в % к предыдущему году	81,1	94,3	74,9	45,1
Продукция растениеводства				
в фактических ценах, млн рублей	23244,6	6308,5	15570,6	1365,4
в сопоставимых ценах, в % к предыдущему году	57,2	57,9	60,1	32,6
Продукция животноводства				
в фактических ценах, млн рублей	46361,0	25752,6	19736,4	872,0
в сопоставимых ценах, в % к предыдущему году	104,1	113,3	94,5	93,8

для содержания скота и птицы практически не вводились. Начиная с 2006 года ситуация по вводу помещений для содержания крупного рогатого скота несколько улучшилась. За это же время введено в действие помещений на 2,6 млн голов птицы, для содержания свиней – на 14,5 тыс. голов.

В сельскохозяйственных организациях области прослеживается тенденция сокращения мелкотоварного производства животноводческой продукции и сосредоточение его на крупных птицефабриках и откормочных комплексах.

В 2011 году начато строительство двух птицефабрик общей мощностью 100 тыс. тонн мяса птицы в год. В качестве обеспечения инвестиционных кредитов инициаторам новых проектов – компаниям «Ситно» и «Уралбройлер» предоставлены областные государственные гарантии в размере 5,5 млрд рублей, что позволило привлечь более 10 млрд рублей инвестиций. Помимо этого, из регионального бюджета финансировалось строительство инфраструктуры под производственные площадки. Новые свиноводческие площадки строит ОАО Агрофирма «Ариант», в 2012 году введен на проектную мощность «Родниковский свинокомплекс» компании ЗАО «Уралбройлер».

Результаты и их обсуждение

Подводя итоги вышесказанному, можно разделить развитие АПК области и, в первую очередь животноводства, на два периода: до и после вступления в действие приоритетного национального проекта «Развитие агропромышленного комплекса». Нельзя также недооценивать меры, принятые администрацией Челябинской области, по государственной поддержке сельскохозяйственных производителей, которые позволили в послекризисный период обеспечить прекращение спада объемов производства и создали основу для восстановления и развития сельского хозяйства.

За годы реализации нацпроекта благодаря поддержке государства более чем на 30% вырос

объем произведенной всеми категориями хозяйств области продукции сельского хозяйства. Велись реконструкция и строительство животноводческих помещений.

Выводы

Принятые меры по государственной поддержке сельскохозяйственных производителей позволили стабилизировать производство сельскохозяйственной продукции в области. К принятию областной целевой программы по реализации национального проекта «Развитие Агропромышленного комплекса на 2006–2010 годы» (принята 22 декабря 2005 года постановлением Законодательного Собрания Челябинской области № 1990) агропромышленный комплекс области подошел с неплохими результатами. Объем производства продукции сельского хозяйства по области с 2000 года к 2005 году увеличился на треть. Рейтинг Челябинской области по выпуску продукции сельского хозяйства среди регионов Российской Федерации за эти годы поднялся с 23 до 9 позиции.

Список литературы

1. Социально-экономическая обстановка в городе Челябинске и Челябинской области: Сборник социологических исследований / Правительство Челябинской области, Институт экономики УРО РАН (Челябинский филиал); автор – составитель М. А. Гуревич : НТЦ НИИОГР, 2013. 230 с.
2. Инновационная деятельность вертикально-интегрированных формирований АПК. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 268 с.
3. Пищевые производства Челябинской области : статистич. сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Челябинской области. Челябинск, 2013. 65 с.
4. Системы ведения агропромышленного производства (вопросы теории и практики). М. : АгриПресс, 1999. 332 с.
5. Функционирование инновационной системы в сельском хозяйстве Российской Феде-

Таблица 3 – Ввод в действие производственных помещений за счет нового строительства, расширения и реконструкции (тысяч мест)

Животноводческие помещения	Период исследований, гг.				
	1991–1995	1996–2000	2001–2005	2006–2010	2011
для крупного рогатого скота	26,8	2,8	0,4	4,0	2,4
для свиней	2,4	1,1	0,3	13,4	1,1
для птицы	73,8	36,0	–	1141,0	1466



рации и предложения по ее совершенствованию. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 214 с.

6. Продовольственная безопасность России и ведущих стран мира. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 314 с.

7. Сушков С. Ю. Стратегия развития Челябинской области в сфере агропромышленного комплекса // АПК России. 2015. Т. 72. № 2. С. 9–12.

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.

Чаплинский Вячеслав Валентинович, канд. биол. наук, зав. кафедрой хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».
E-mail: pererabotkashp@mail.ru.

* * *

УДК 504.06;537.612

ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК НА ОРГАНИЗМ ЖИВОТНЫХ В МОДЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС**Г. Н. Голобородько, М. А. Дерхо, Т. И. Серeda**

Статья посвящена оценке влияния пищевых добавок (глутамат натрия, глутинат натрия) на изменение массы тела и внутренних органов в условиях ее хронического поступления в организм крыс в составе рациона кормления. Установлено, что употребление глутамата и глутината натрия в суточной дозе 750 мг/кг в течение 1 месяца сопровождается приростом массы тела на 42,61–46,60% за счет увеличения количества висцерального жира. Пищевые добавки достоверно не влияли на массу сердца, но вызывали увеличение массы поджелудочной железы в 2,42–2,36 раза по сравнению с исходными данными. Аналогичное действие оказывал глутамат натрия на почки и селезенку, увеличивая их массу, соответственно на 27,27 и 26,03%, а глутинат натрия на почки, прирост массы которых составил 9,61–12,50%. Употребление пищевых добавок способствовало снижению массы печени в организме крыс на 17,66–19,24%, что характеризовало степень выраженности гепатотоксического действия. Глутинат натрия, кроме гепатотоксичности, обладал спленотоксичностью, вызывая уменьшение массы селезенки на 21,84%. «Глутаминовый эффект» глутината натрия в организме крыс был выражен более сильно, чем у глутамата натрия.

Ключевые слова: глутамат натрия, глутинат натрия, крысы, масса тела, масса внутренних органов.

Пищевые добавки являются неотъемлемой частью готовых кормов для животных; их использование позволяет улучшать, сохранять и изменять свойства корма. Однако пищевые добавки не являются химически нейтральными веществами и, поступая в организм животных, вовлекаются в метаболические процессы клеток органов и тканей, влияя на их скорость и направленность. Степень воздействия зависит от биологической активности добавки, ее количества, особенностей биокинетики и т.д.

Одной из пищевых добавок, вред которой для организма млекопитающих постоянно обсуждается в СМИ, является глутамат натрия

(Е 621). Добавка представляет собой соль заменимой глутаминовой аминокислоты [8], при ее добавлении в корма в повышенных количествах маскируется запах, вкус и цвет испорченного сырья, придается готовому продукту вкус и аромат отсутствующих компонентов, что позволяет экономить дорогостоящее сырье [10, 20].

В организме млекопитающих глутаминовая аминокислота составляет 1/3 часть всех свободных аминокислот плазмы крови, участвует в транспорте аммиака, синтезе пиримидиновых азотистых оснований, глутатиона, фолиевой кислоты, глюкозы, медиаторов нервной ткани и т.д. [15]. Однако эти функции специфичны



только для природного соединения. Синтетический аналог при поступлении в организм животных в повышенных дозах инициирует ожирение [5, 9, 11], повышает усвоение белка, способствуя задержке азота в клетках органов и тканей [4, 6], влияет на состояние сердечной и пищеварительной систем [7], пищевое поведение [1] и метаболические функции печени [2, 3, 13, 15], вызывает перевозбуждение и некроз нервных клеток [14, 16, 18], потерю зрения из-за истончения сетчатки [17], а также подавляет процессы восстановления в памяти [19].

В последние годы производители готовых кормов для животных глютамат натрия прячут в комплексной пищевой добавке глюринат натрия, состоящей из глютамата натрия (E 621), гуанилата натрия (E 627) и инозината натрия (E 631). Комплексная добавка, благодаря синергическому эффекту усиливает большее число разных ароматов, модифицируют вкус и в итоге значительно увеличивают аппетитность корма [8]. При этом работ, посвященных сравнительной оценке действия глютамата натрия и глюрината натрия на организм животных, мы не нашли в доступной литературе, что и послужило основанием для выполнения данной работы.

В связи с этим целью исследований явилось изучение действия пищевых добавок на изменение массы тела и внутренних органов животных в ходе их хронического употребления в составе рациона кормления.

Материал и методы исследования

Экспериментальная часть работы выполнена на базе вивария и кафедры органической, биологической и физколлоидной химии ФГБОУ ВПО «Уральская государственная академия ветеринарной медицины» в 2014–2015 гг. Объектом исследования являлись самцы крыс линии Вистар, которые содержались в стандартных условиях вивария при естественном освещении, получали воду и корм без ограничения.

Для проведения эксперимента было сформировано 2 группы. Животным первой группы добавляли в корм глютамат натрия, второй – глюринат натрия в суточной дозе 750 мг на 1 кг массы тела в течение 1 месяца. В качестве контроля использовались параметры до начала опыта.

Материал исследований: печень, сердце, почки, селезенку, поджелудочную железу получали после декапитации крыс, которую проводили под наркозом эфира с хлороформом с соблюдением принципов гуманности, изло-

женных в директивах Европейского сообщества (86/609/ЕЕС) и Хельсинкской декларации.

Массу тела и внутренних органов определяли с помощью электронных весов марки ВК. 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 непараметрический критерий Манна – Уитни.

Результаты исследования

Мы установили, что введение пищевых добавок в рацион кормления крыс в течение месяца способствовало увеличению количества потребляемого корма (30–50%) и приросту массы тела животных за счет накопления висцерального жира. При этом глютамат натрия инициировал повышение массы тела, по сравнению с фоновой величиной на 42,61% ($p < 0,001$) (табл. 1), а глюринат натрия – на 46,60% ($p < 0,001$) (табл. 2). Следовательно, «глутаминовый эффект» добавок, определяющийся их способностью влиять на вкусовые рецепторы ротовой полости за счет увеличения силы импульсов [20] и стимулирования центра голода [13], был более выражен у глюрината натрия. Это являлось следствием присутствия в глюринате гуанилата и инозината натрия, обладающих значительно более сильным «вкусовым эффектом», чем глютамат натрия [8].

Результаты наших исследований согласуются с данными [5, 11, 12], в работах которых было установлено повышение массы тела млекопитающих на фоне приема пищевых добавок, обладающих «глутаминовым эффектом».

Общий анаболический эффект добавок сопровождался изменением массы внутренних органов, что, соответственно, влияло на функциональную активность их клеток и метаболические функции. При этом и глютамат натрия, и глюринат натрия достоверно не действовал на массу сердца, хотя орган уменьшался к концу эксперимента на 2,83–3,77% по сравнению с величиной «до опыта» (табл. 1, 2), что в целом можно расценивать как наличие в клетках сердца некробиотических изменений.

Масса поджелудочной железы в организме крыс на фоне употребления пищевых добавок, наоборот, планомерно увеличивалась. В I группе животных к концу эксперимента ее вес, по сравнению с исходными данными, вырос в 2,42 раза (табл. 1), во II группе – в 2,36 раза

(табл. 2). Совокупность полученных данных свидетельствовала о наличии в органе дистрофических повреждений клеток, вероятнее всего, за счет жировой дистрофии, причиной которой служил избыточный синтез жиров на фоне увеличения количества потребляемого корма. Аналогичные изменения были характерны для почек и селезенки в организме крыс I группы, масса которых возрастала через месяц эксперимента, соответственно, на 27,27 и 26,03% ($p < 0,01$) по сравнению с фоновыми показателями (табл. 1).

Добавление глюрина натрия в рацион кормления крыс в дозе 750 мг/кг в течение 2 недель способствовало увеличению массы почек на 12,5% ($p < 0,01$) по сравнению с величиной «до опыта». Однако к концу эксперимента изучаемый показатель начинал снижаться, хотя и не достигал фоновой величины (табл. 2). Совокупность полученных данных свидетельствует, что вначале глюрилат натрия инициировал появление в почках дистрофических изменений, к которым по мере хронизации употребления добавки добавлялись некротические.

Употребление крысами и глутамата натрия, и глюрина натрия в составе рациона кормления в течение 2 недель достоверно не влияло на массу печени, что косвенно отражало адаптаци-

онный потенциал органа, обусловленный высокой метаболической активностью его клеток. Однако через месяц употребления пищевых добавок было отмечено снижение массы печени в I группе животных на 17,66% ($p < 0,05$), во второй – на 19,24% ($p < 0,001$). Следовательно, пищевые добавки инициировали в гепатоцитах некробиотические изменения, переходящие в некроз. Поэтому можно утверждать, что глутамат и глюрилат натрия обладали в организме крыс гепатотоксичностью. При этом данный эффект был более выражен у глюрина натрия. Результаты наших исследований согласуются с работами [2, 3, 13, 15].

Помимо гепатотоксичности, глюрилат натрия в организме животных второй группы инициировал снижение массы селезенки (табл. 2). К концу эксперимента изучаемый показатель, по сравнению с фоновой величиной, уменьшался на 21,84% ($p < 0,001$), свидетельствуя о некрозе клеток органа.

Согласно данным [9, 19], в основе токсичности глутамата лежит его способность вызывать оксидативное повреждение клеток. Возможно, дистрофические и некротические изменения во внутренних органах организма крыс на фоне употребления пищевых добавок с «глу-

Таблица 1 – Динамика массы тела и внутренних органов крыс на фоне употребления глутамата натрия, ($n = 9$), $X \pm Sx$

Показатель	Фон (до опыта)	Длительность употребления пищевой добавки	
		2 недели	1 месяц
Масса тела, г	211,76±2,95	243,67±3,76*	302,00±2,08***
Масса сердца, г	1,06±0,04	1,06±0,05	1,03±0,03
Масса поджелудочной железы, г	0,12±0,004	0,28±0,014***	0,29±0,002***
Масса почек, г	0,88±0,048	1,09±0,09	1,12±0,04**
Масса печени, г	10,31±0,35	10,42±0,15	8,50±0,46*
Масса селезенки, г	0,73±0,026	0,88±0,013*	0,92±0,011**

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ по отношению к величине «до опыта».

Таблица 2 – Динамика массы тела и внутренних органов крыс на фоне употребления глюрина натрия, ($n = 9$), $X \pm Sx$

Показатель	Фон (до опыта)	Длительность употребления пищевой добавки	
		2 недели	1 месяц
Масса тела, г	215,55±1,74	253,67±2,01***	316,00±3,24***
Масса сердца, г	1,06±0,03	1,08±0,01	1,02±0,02
Масса поджелудочной железы, г	0,14±0,009	0,26±0,006*	0,33±0,02**
Масса почек, г	1,04±0,012	1,17±0,02*	1,14±0,04***
Масса печени, г	9,72±0,21	9,81±0,12	7,85±0,27***
Масса селезенки, г	0,87±0,01	0,84±0,02	0,68±0,04**

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ по отношению к величине «до опыта».



таминовым эффектом» в дозе 750 мг/кг были результатом оксидативного стресса.

Таким образом, результаты наших исследований показали, что употребление глутамата натрия и глюрината натрия крысами в суточной дозе 750 мг на 1 кг живой массы в течение 1 месяца сопровождалось приростом массы тела на 42,61–46,60% за счет увеличения висцерального жира, что было следствием повышения аппетита и количества потребляемого корма на 30–50% на фоне сохранения физической активности. Пищевые добавки достоверно не влияли на массу сердца, но вызывали увеличение массы поджелудочной железы в 2,42–2,36 раза по сравнению с исходными данными, что характеризовало степень выраженности дистрофических изменений в органе. Аналогичное действие оказывал глутамат натрия на почки и селезенку, увеличивая их массу, соответственно на 27,27 и 26,03%, а глюринат натрия – на почки. В то же время пищевые добавки способствовали снижению массы печени в организме крыс на 17,66–19,24%, что отражало степень проявления гепатотоксичности. Кроме того, глюринат натрия обладал в организме крыс спленотоксичностью, вызывая уменьшение массы органа на 21,84%.

Список литературы

1. Алферов Д. В., Жеглова М. Г., Двойных Н. Д. Влияние глутамата натрия на функциональную активность пищеварительной системы крыс // Молодежная наука и современность : матер. 75-й юбилейной итоговой Всерос. науч. конф. студ. и молодых ученых. Курск : ГОУ ВПО КГМУ, 2010. С. 3–6.
2. Дерхо М. А., Середа Т. И., Голобородько Г. Н. Влияние глутамата натрия на состояние печени в организме крыс // Актуальные проблемы современной науки : сб. статей междунар. науч.-практ. конф. (24.01.2015). Уфа : Аэтерна, 2015. С. 37–40.
3. Дерхо М. А., Середа Т. И., Голобородько Г. Н. Оценка биосинтетической активности гепатоцитов на фоне влияния глутамата натрия // Современные концепции научных исследований : сб. статей X междунар. науч.-практ. конференции. М. : Евразийский союз ученых, 2015. Ч. 2. С. 105–107.
4. Дерхо М. А., Середа Т. И., Голобородько Г. Н. Влияние глутамата натрия на белковый обмен в организме крыс // Закономерности и тенденции развития науки : сб. статей междунар. науч.-практ. конф. (17.01.2015). Уфа : РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2015. С. 6–8.
5. Дерхо М. А., Середа Т. И., Голобородько Г. Н. Влияние глутамата натрия на массу тела и внутренних органов крыс // Фундаментальные проблемы науки : сб. статей междунар. науч.-практ. конф. (23.01.2015). Уфа : РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2015. С. 14–17.
6. Кравченко В. Д. Влияние глутамата натрия на использование питательных веществ, энергии рационов и мясную продуктивность бычков герефордской породы : автореф. дис. ... канд. с/х наук. Оренбург : ОГАУ, 2000. 25 с.
7. Марцинкевич Е. В., Лукашенко Т. М. Возможность применения соевого молока для коррекции нарушений микробиоценоза толстого кишечника крыс, вызванных употреблением глутамата натрия // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. 2014. № 2(12). С. 34–38.
8. Пищевая химия / А. П. Нечаев [и др.]. СПб. : Гиорд, 2004. С. 51.
9. Раевский К. С., Георгиев В. П. Медиаторные аминокислоты. Нейрофармакологические и нейрохимические аспекты. М. : Медицина, 1986. 239 с.
10. Глутамат натрия: усилитель вкуса и источник зависимости человека / И. А. Стрельцова, С. М. Максимов, Н. А. Самсонова, А. В. Архипова // Наука молодых : сб. науч. тр. молодых ученых. Арзамас : АГПИ, 2012. Вып. 5. С. 107–118.
11. Употребление глутамата ведет к ожирению. Режим доступа : <http://doctorvic.ru/thenews/mednews/upotreblenie-glutamata-vedet-k-ozhireniyu> (дата обращения 14.01.15).
12. Фалалеева Т. М., Самонина Г. Е., Береговая Т. В. Влияние глипролинов на структурно-функциональное состояние слизистой оболочки желудка и массу тела крыс в условиях длительного введения глутамата натрия // Физика живого. 2010. Т. 18. № 1. С. 154–159.
13. Bray G. A. Syndromes of hypothalamic obesity in man // *Pediatr Ann.* 1984. Vol. 13. P. 525–536.
14. Brian S. M. Glutamate as a Neurotransmitter in the Brain: Review of Physiology and Pathology // *Journal of Nutrition.* 2000. Vol. 130. P. 1007–1015.
15. Farombi E. O., Onyema O. O. Monosodium glutamate-induced oxidative damage and genotoxicity in the rat: modulatory role of vitamin C, vitamin E and quercetin // *Hum Exp Toxicol.* 2006. Vol. 25(5). P. 251–259.
16. Meldrum B. Amino acids as dietary excitotoxins: a contribution to understanding neurodegenerative disorders // *Brain Res. Rev.* 1993. Vol. 18. P. 293–314.

17. Monosodium glutamate is not associated with obesity or a greater prevalence of weight gain over 5 years: findings from the Jiangsu Nutrition Study of Chinese adults / Z. Shi [et al.] // Br. J. Nutr. 2010. Vol. 104. P. 457–463.

18. Excitotoxins / J. Olney, K. Fuxe, P. Roberts, R. Schwarcz. London : Macmillan Press, 1983. P. 82–96.

19. Olney J. W. Glutamate-induced neuronal necrosis in the infant mouse hypothalamus: an electron microscopic study // J. Neuropathol. Exp. Neurol. 1971. Vol. 30. P. 75–90.

20. Watkins I. C., Jane D. E. The glutamate story // Br. J. Pharmacol. 2006. Vol. 147. № 1. P. 100–108.

Голобородько Галина Николаевна, магистрант, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «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, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

Серда Татьяна Игоревна, канд. биол. наук, доцент кафедры органической, биологической и физколлоидной химии, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

* * *

УДК 619:616.1]:636.9

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА НА ТОКСИЧНОСТЬ КАДМИЯ В ОРГАНИЗМЕ КУР-НЕСУШЕК

М. А. Дерхо, Е. А. Ткаченко

Изучены антитоксические свойства наночастиц серебра в организме кур на фоне экспериментального подострого экзотоксикоза сульфатом кадмия. Объектом исследования служили 22-недельные куры кросса «Ломан-белый». Сульфат кадмия ($\text{CdSO}_4 \times 8\text{H}_2\text{O}$) задавали в хлебных болюсах в дозе $1/10 \text{ ЛД}_{50}$ (52,5 мг/кг) в течение 15 суток. Установлено, что кадмиевый токсикоз сопровождается уменьшением живой массы кур, абсолютной и относительной массы печени на фоне прекращения яйцекладки. Величина данных показателей меньше всего снижалась (живая масса – на 4,02%, абсолютная масса печени – на 15,29%, относительная масса печени – на 11,47%) в группе птиц, в которой пероральное введение сульфата кадмия сочетали с добавлением в воду наночастиц серебра из расчета 7,0 мг/кг. В данной суточной дозе наночастицы серебра препятствовали депонированию кадмия в клетках печени. Об этом свидетельствовала величина индекса загрязнения вещества, которая составила $496,56 \pm 35,84$ усл. ед. и была в 1,94 раза меньше, чем в организме кур, кадмиевый токсикоз которых не сопровождался введением наночастиц серебра.

Ключевые слова: куры, кадмий, токсикоз, печень.

Влияние кадмия на здоровье человека и животных является одной из наиболее актуальных проблем медицины, как гуманной, так и ветеринарной, что является следствием использования металла практически во всех отраслях современной промышленности. Значимость данной проблемы особенно велика в регионах с развитой промышленностью, к которым относится и Челябинская область.

Степень воздействия кадмия (Cd) на живые организмы связана с высокой токсичностью металла и длительной аккумуляцией его в органах и тканях [7]. При этом кадмий накапливается в митохондриях, лизосомах и ядре клеток, вы-

зывая в них ультраструктурные изменения [7]; вступает в химические реакции с биомолекулами, основными из которых являются каталитические белки [1, 7, 16, 24], что инициирует сдвиги в процессах метаболизма и синтеза энергии, определяющих функциональную активность клеток печени, почек и т.д. [5, 6, 7, 8, 19, 20] и организма в целом. Помимо токсического действия на физиологические системы животных, биокинетика кадмия определяет его присутствие в составе сельскохозяйственного пищевого сырья и продуктов питания, а уровень содержания Cd в них отражает характер взаимодействия живого организма с факторами окружающей среды [3, 4, 16, 17].

Поэтому проблема поиска способов, позволяющих снизить уровень токсических эффектов кадмия в живых организмах, до сих пор не потеряла своей актуальности. В настоящее время доказана антиоксидантная эффективность различных природных минералов и ионообменников, обладающих высокими сорбционными характеристиками по отношению к Cd [4, 13, 15, 18, 25]. Однако их применение, чаще всего, сопровождается побочными эффектами, так как они выводят из организма и жизненно важные тяжелые металлы (микроэлементы) и ионы. В связи с этим, возник большой интерес к нетрадиционным природным биологически активным веществам, обладающим не только антиоксидантным, но и биологическим действием [2, 10, 11, 14, 16]. В работах, выполненных нами на лабораторных мышах, было установлено наличие антиоксидантных свойств у наночастиц серебра при кадмиевой интоксикации [21, 22].

В связи с этим целью данной работы явилось изучение антиоксидантных свойств наночастиц серебра в организме кур в условиях экспериментального экзотоксикоза сульфатом кадмия.

Материалы 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 служили 22-недельные куры кросса «Ломан-белый», принадлежащие ОАО «Челябинская птицефабрика». Птицу подбিরали в группы по принципу аналогов с учетом происхождения, живой массы и клинического состояния; до начала эксперимента выдерживали в условиях вивария в течение 2-х недель, поддерживая условия содержания в соответствии с технологией содержания данного кросса.

Для проведения опыта было сформировано 4 группы: первая группа – контрольная (куры содержались на стандартном пищевом и водном рационе кормления). Вторая группа – опытная (курам задавали сульфат кадмия ($CdSO_4 \times 8H_2O$) в хлебных болусах в дозе 1/10 ЛД₅₀ (52,5 мг/кг) в течение 15 суток. В третьей и четвертой группах пероральное введение сульфата кадмия сочетали с добавлением в воду наночастиц серебра из расчета, соответственно, 14,0 и 7,0 мг/кг.

Материал исследований получали после декапитации кур, выполненной под наркозом эфира с хлороформом с соблюдением принципов гуманности, изложенных в директи-

вах Европейского сообщества (86/609/ЕЕС) и Хельсинкской декларации, до начала опыта (фон), через 1 и 15 суток токсикоза. В печени определяли содержание кадмия согласно МУ 01-19/47-11 на атомно-абсорбционном спектрофотометре «AAS-1» («Carl Zeiss Jena», Германия) в пламени пропан-воздух. С целью оценки степени загрязненности печени кур кадмием рассчитывали индекс загрязнения вещества (усл. ед.) по формуле:

$$ИЗВ = C/МДУ,$$

где C – концентрация кадмия в сырой печени, мг/кг;

МДУ – максимально допустимый уровень кадмия в печени (согласно СанПин 2.3.2 1078-01 – 0,3 мг/кг).

Массу тела и внутренних органов кур определяли с помощью электронных весов марки ВК. Относительную массу печени (масса печени, %) рассчитывали как отношение массы органа (г) к живой массе кур (г). Статистическую обработку данных проводили методом вариационной статистики на ПК с помощью табличного процессора «Microsoft Excel-2003» и пакета прикладной программы «Биометрия». Достоверность различий между группами оценивали с учетом непараметрического критерия Манна-Уитни.

Результаты исследования

Острые отравления Cd встречаются достаточно редко как в ветеринарной, так и в гуманной медицине. В основном токсические эффекты кадмия ассоциируются с хроническим действием этого металла, возникающим преимущественно при продолжительном пероральном поступлении субтоксических доз [12].

При моделировании подострого токсикоза в дозе 1/10 ЛД₅₀ мы не отметили падежа птиц среди экспериментального поголовья. Однако во II опытной группе яйцекладка прекращалась после однократной дачи токсиканта, в III группе – через 3 суток токсикоза, в IV – через 5 суток. Хотелось бы отметить, что куры несли, в основном, яйца без скорлупы.

На первом этапе оценки антиоксидантных свойств наночастиц серебра в организме кур при кадмиевой интоксикации была изучена динамика живой массы птиц, а также абсолютной и относительной массы печени.

Установлено, что через сутки металлоксикоза живая масса птиц опытных групп



достоверно не изменялась, как по сравнению с контролем, так и с фоновой величиной. Однако 15-суточная интоксикация инициировала снижение изучаемого показателя в I опытной группе птиц на 14,96% ($p < 0,001$) по сравнению с уровнем «до опыта» и на 18,77% по сравнению с контролем. Уменьшение показателя происходило в основном за счет убыли массы грудных мышц (основного аминокислотного резерва организма). Аналогичная динамика живой массы наблюдалась у кур II и III групп, хотя убыль показателя была выражена значительно меньше (табл. 1).

Масса печени характеризовалась большей вариабельностью своих величин, чем живая масса кур. Так, через сутки экспериментального экзотоксикоза масса органа в I опытной группе птиц по сравнению с фоном уменьшалась на 17,27% ($p < 0,05$) и на 14,60% по сравнению с контролем. При этом относительная масса печени снизилась соответственно на 16,67% ($p < 0,05$) и 13,14%, что косвенно отражало степень выраженности некротических изменений в гепатоцитах. Во II опытной группе наблюдались противоположные изменения (табл. 1). Абсолютная и относительная масса печени увеличилась, по сравнению с величиной «до опыта» и контролем, соответственно на 21,02% ($p < 0,001$) и 25,72%, характеризуя уровень дистрофических повреждений клеток органа. При этом масса печени у кур III опытной группы достоверно не изменялась (табл. 1).

В I опытной группе птиц через 15 суток кадмиевой интоксикации прогрессировало уменьшение абсолютной и относительной массы печени как по сравнению с фоном, так и с контролем, указывая на нарастание некротических сдвигов в клетках органа. При этом в организме птиц II и III опытных групп к дистрофическим изме-

нениям в гепатоцитах добавлялись некротические, что инициировало снижение массы печени (табл. 1). Хотелось бы отметить, что меньше всего величина изучаемого признака уменьшалась в организме кур III группы, что косвенно характеризовало степень проявления антитоксических свойств наночастиц серебра.

Результаты наших исследований согласуются с работой [6], а также данными, полученными нами при экспериментальном кадмиевом токсикозе лабораторных мышей [21, 22]. Поэтому можно констатировать, что наночастицы серебра обладают антитоксическими свойствами и в организме кур.

Для проверки данного предположения на следующем этапе нашей работы мы оценили уровень аккумуляции кадмия в печени птиц (табл. 2). Учитывая, что в нормативных документах СанПиН 2.3.2.1078-01 максимально допустимая концентрации кадмия приведена на массу натуральной влажности, мы представили наши данные именно в таком соизмерении.

Мы установили, что в печени птиц опытных групп концентрация металла уже в начале опыта превышала максимально допустимый уровень более чем в 5 раз ($ИЗВ = 5,61 \pm 0,45 - 5,93 \pm 0,44$ усл. ед.). Уровень металла планомерно возрастал в ходе токсикоза, достигая наибольшей величины к концу эксперимента (табл. 2).

Так, через 15 суток кадмиевой интоксикации уровень кадмия в печени несушек I, II и III опытных групп превышал величину «до опыта», соответственно в 171,86 ($ИЗВ = 962,44 \pm 22,57$, $p < 0,001$), 118,28 ($ИЗВ = 682,11 \pm 22,67$, $p < 0,001$) и 84,64 ($ИЗВ = 496,56 \pm 35,84$, $p < 0,001$) раза (табл. 2). Результаты наших исследований согласуются с данными [5, 9, 23], авторы которых тоже отмечали прирост кадмия в печени кур при затравке солей кадмия.

Таблица 1 – Живая масса и масса печени кур в ходе токсикоза ($n = 5$), $X \pm Sx$

Показатель	Длительность токсикоза	Группы			
		контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Живая масса, г	до опыта	1479,00±11,84	1463,00±11,83	1447,67±3,84	1465,33±6,33
	ч/з 1 сутки	1480,33±6,59	1459,67±8,17	1446,33±5,17	1465,00±4,93
	ч/з 15 суток	1528,28±14,91	1241,22±7,49***	1359,50±19,76***	1404,50±12,57***
Масса печени, г	до опыта	31,24±1,21	32,59±1,25	31,97±1,02	32,03±1,16
	ч/з 1 сутки	31,57±1,16	26,96±0,98*	38,69±0,89***	33,27±0,46
	ч/з 15 суток	32,17±0,87	21,59±1,78***	24,62±0,49***	27,13±0,97*
Масса печени, %	до опыта	2,11±0,07	2,22±0,08	2,20±0,07	2,18±0,08
	ч/з 1 сутки	2,13±0,06	1,85±0,07*	2,68±0,05***	2,27±0,03
	ч/з 15 суток	2,11±0,08	1,74±0,14*	1,81±0,03***	1,93±0,05*

Примечание: * – $p < 0,05$; *** – $p < 0,001$ по отношению к величине «до опыта».

Таблица 2 – Содержание кадмия в печени (мг/кг сырого продукта) кур ($n = 5$)

Группа	Длительность токсикоза					
	до опыта		ч/з 1 сутки		ч/з 15 суток	
	$\bar{X} \pm Sx$	ИЗВ, усл. ед.	$\bar{X} \pm Sx$	ИЗВ, усл. ед.	$\bar{X} \pm Sx$	ИЗВ, усл. ед.
контрольная	1,78±0,13	5,93±0,44	1,78±0,15	5,94±0,52	1,82±0,05	6,05±0,16
I опытная	1,68±0,14	5,61±0,45	75,63±5,11***	252,11±17,03***	288,73±6,77***	962,44±22,57***
II опытная	1,73±0,17	5,75±0,56	33,37±3,99***	111,22±13,33***	204,63±6,80***	682,11±22,67***
III опытная	1,76±0,12	5,85±0,41	12,35±1,78***	41,17±5,94***	148,97±10,75***	496,56±35,84***

Примечание: *** – $p < 0,001$ по отношению к величине «до опыта».

При этом наименьший прирост концентрации металла в печени кур был характерен для птиц третьей опытной группы, что отражало степень проявления антитоксических свойств наночастиц серебра.

Таким образом, результаты наших исследований показали, что экспериментальный подострый кадмиевый токсикоз сульфатом кадмия в дозе 1/10 ЛД₅₀ сопровождается уменьшением живой массы кур кросса «Ломан-белый», абсолютной и относительной массы печени на фоне прекращения яйцекладки. Величина данных показателей меньше всего снижалась (живая масса на 4,02%, абсолютная масса печени на 15,29%, относительная масса печени на 11,47%) в группе кур, в которой пероральное введение сульфата кадмия сочетали с добавлением в воду наночастиц серебра из расчета 7,0 мг/кг. В данной суточной дозе наночастицы серебра препятствовали депонированию кадмия в клетках печени. Об этом свидетельствовала величина индекса загрязнения вещества, которая составила 496,56±35,84 усл. ед. и была в 1,94 раза меньше, чем в организме кур, кадмиевый токсикоз которых не сопровождался введением наночастиц серебра.

Список литературы

1. Адаптационные изменения активности ферментов в организме мышей при оксидативном стрессе / Е. А. Ткаченко [и др.] // Вестник ветеринарии. 2013. Вып. 65. С. 65–69.
2. Васильцова И. В. Влияние детоксикантов растительного происхождения на аккумуляцию антропогенных загрязнителей (свинца и кадмия) в организме крыс : автореф. дис. ... канд. биол. наук, 03.02.08. Красноярск : Красноярский ГАУ, 2011. 24 с.
3. Вахрамова О. Г., Овчаренко Э. В., Вероточенко М. Н. Экологические аспекты влияния различных форм хитозана на организм

кур-несушек // Известия ТСХА. 2008. Вып. 3. С. 118–124.

4. Гаевая Е. В. Эколого-токсикологическая оценка сельскохозяйственной продукции юга Тюменской области : автореф. дис. ... канд. биол. наук, 03.02.08. Тюмень : ТГСХА, 2012. 19 с.

5. Данилова Н. И. Токсикологическая оценка и экспериментальное обоснование применения полиферментных препаратов в птицеводстве и свиноводстве : автореф. дис. ... докт. биол. наук. Казань : ФЦТиРБЖ, 2009. 32 с.

6. Дерхо М. А., Середа Т. И., Рыбьянова Ж. С. Прямое и опосредованное действие кадмия на метаболические функции печени мышей // Интер-медикал. 2014. № 3. С. 53–58.

7. Жаксалькова А. К. Структурная организация печени и ее регионарных лимфатических узлов при кадмиевой интоксикации и коррекции энтеросорбентом (анатомо-экспериментальное исследование) : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Алма-Аты : КНМУ, 2010. 45 с.

8. Изменения макро- и микрогемодинамики в нефроне и периферической сосудистой системе в условиях оксидативного стресса при кадмиевой интоксикации / Ж. Р. Битарова [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1(7). С. 1718–1921.

9. Клепцына Е. С., Афолина И. А. Влияние различных доз кадмия на биохимические и гематологические параметры крови кур-несушек // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. Режим доступа : www.science-education.ru (дата обращения 07.07.2015).

10. Коваль Ю. И. Влияние соединений с антиоксидантными свойствами на аккумуляцию свинца и кадмия в органах и тканях цыплят бройлеров : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск : НГАУ, 2011. 17 с.

11. Лисунова Л. И., Токарев В. С., Кормилица Ю. В. Влияние кальция на снижение



аккумуляции кадмия в организме перепелов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2008. № 9. С. 119–120.

12. Малов А. М., Сибиряков В. К., Иваненко А. А. Накопление кадмия в некоторых органах и тканях крыс // Клиническая токсикология. 2013. Т. 14. С. 228–240.

13. Новиков В. А., Гизатуллин Р. Р., Тремасов М. Я. Корректирующее действие натрия сульфида при иммунодефиците, моделированном кадмием хлоридом // Вестник ветеринарии. 2004. № 1. С. 54–57.

14. Носенко Д. Л., Бокова Т. И. Влияние растительных полисахаридов на снижение свинца и кадмия в органах и тканях лабораторных животных // Сиб. вестник с.-х. науки. 2007. № 4. С. 55.

15. Папуниди Э. К. Ветеринарно-санитарная оценка мяса животных при сочетанной интоксикации тяжелыми металлами и применения цеолитов // Ветеринарный врач. 2008. № 3. С. 8–9.

16. Продуктивность кур-несушек при интоксикации организма солью кадмия / Е. К. Билялов [и др.] // Доклады национальной академии наук Республики Казахстан. 2011. № 5. С. 50–54.

17. Середа Т. И., Дерхо М. А. Влияние репродуктивного периода на безопасность куриного яйца // Аграрный вестник Урала. 2010. № 3. С. 65–67.

18. Собољкина О. А. Коррекция иммунного статуса кур в техногенной зоне Южного Урала // Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана. 2006. Т. 185. С. 273–276.

19. Соцкий П. А., Дерхо М. А. Влияние аккумуляции тяжелых металлов в организме бычков на некоторые функции печени // Ветеринарный врач. 2008. № 1. С. 13–16.

20. Ткаченко Е. А., Дерхо М. А. Влияние кадмия на белковый спектр крови организма мышей // АПК России. 2015. Т. 72. № 2. С. 167–170.

21. Ткаченко Е. А., Дерхо М. А. Влияние α -токоферола и наночастиц серебра на морфологический состав крови мышечной при экспериментальной кадмиевой интоксикации // Известия ОГАУ. 2015. № 1(51). С. 84–87.

22. Ткаченко Е. А., Дерхо М. А. Влияние наночастиц серебра на клеточный состав крови мышечной при кадмиевом токсикозе // Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени : матер. II междунауч.-практ. конф. Екатеринбург, 2014. № 4. Ч. 3. С. 117–120.

23. Токарев В., Лисунова Л. Накопление кадмия в органах и тканях перепелов и цыплят-бройлеров // Птицеводческое хозяйство. Птицефабрика. 2011. № 9. Режим доступа : <http://www.webpticeprom.ru> (дата обращения 07.07.2015).

24. Характеристика печеночной ферментативности в условиях кадмиевой интоксикации / Е. А. Ткаченко [и др.] // Вестник НГАУ. 2014. Т. 1. № 30. С. 96–99.

25. Content of heavy metals in the hair / S. A. Patrashkov [et. al.] // J. De Physique IV : JPXII International Conference on Heavy Metals in the Environment ; editors: C. Boutron, C. Ferrari. Grenoble, 2003. С. 1025–1027.

Дерхо Марина Аркадьевна, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой органической, биологической и физколлоидной химии, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

Ткаченко Елена Андреевна, ассистент кафедры органической, биологической и физколлоидной химии, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

* * *

УДК 334.735 + 338.436 (470.55)

ДЕТЕРМИНАНТЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КРЕДИТНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ КООПЕРАТИВОВ**О. Д. Рубаева, Д. Ю. Панкратова**

Развитие сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов способствует расширению источников финансовых ресурсов для повышения конкурентоспособности отечественных сельскохозяйственных товаропроизводителей. Сельскохозяйственные кредитные потребительские кооперативы оказывают влияние на укрепление позиций национального аграрного сектора в снабжении населения страны продовольствием. Снабжая своих пайщиков доступным кредитом и способствуя тем самым интенсификации их деятельности, кооперативы обуславливают насыщение национального аграрного рынка отечественной сельскохозяйственной продукцией и меньшую зависимость страны от импортных поставок продовольствия. Важная мера повышения эффективности функционирования сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов заключается в комплексном исследовании, позволяющем выявить детерминанты, обуславливающие их развитие, а также связь развития сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов с государственной поддержкой и социально-экономическим благополучием потенциальных членов-сельскохозяйственных товаропроизводителей. Разработанная авторами методика построена с учетом количественной оценки трех групп детерминантов внутренней и внешней среды, оказывающих влияние на развитие сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации. Первая группа охватывает показатели внутреннего роста сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов. Вторая группа детерминантов включает показатели состояния внешней социально-экономической среды, определяющей возможность членов направлять денежные средства в виде сбережений и уплаты процентов по займам в сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативах. Третья группа содержит индексные показатели, отражающие влияние государственной поддержки и учет ее эффективности в повышении уровня налоговых поступлений в бюджет.

Ключевые слова: потребительская кооперация, сельскохозяйственный кооператив, кредитный кооператив, малые формы хозяйствования.

Введение

Для анализа проблемы развития сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов (СКПК) большое значение имеют научные работы современных ученых России относительно степени разработанности проблем стратегического их развития на уровне: продуктовой стратегии; операционной стратегии; управленческой стратегии; ресурсной стратегии.

Большинство исследований современных ученых по развитию СКПК связано с разработкой теоретико-методологических положений операционной, продуктовой и управленческой

стратегии [1–7]. Исследование показало, что в научных трудах отражаются систематизированные суждения о: повышении эффективности разработки сберегательных и кредитных услуг; разработке заемно-сберегательной политики; моделировании процесса выдачи займа; методике оценки кредитоспособности заемщика; осуществлении основных функций менеджмента (основное внимание уделяется реализации функции финансового контроля); анализе ресурсов кооператива (в большей степени проблема финансовых ресурсов); методике расчета точки безубыточности СКПК и другие. Следовательно, проблема разработки стратегии по-



иска и распределения ресурсов для развития СКПК недостаточно освещена в научных трудах современных ученых. Недостаточно изучены причинно-следственные связи потоков ресурсов (финансовых, материальных, трудовых) СКПК и социально-экономические показатели внешней среды [8, 9].

По мнению большинства ученых, необходимо рассматривать социально-экономические показатели внешней среды как критерии оценки эффективности развития сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации. Анализ научных трудов [1–4, 10] показал, что современные авторы оценивают развитие СКПК как снижение безработицы, увеличение дохода, повышение профессионально-квалификационного уровня образования членов кооперативов и других социально-экономических показателей.

В результате проведенного авторами анализа отечественного и зарубежного опыта можно заключить, что СКПК не в состоянии решить все социально-экономические проблемы населения, проживающего на сельских территориях его функционирования [11–14].

Методика

Расчет проводился с использованием собранной статистическо-экономической информации муниципальных образований Челябинской области, где функционируют сельскохозяйственные кредитные потребительские кооперативы. Для установления нормального поведения показателей, по которым оцениваются детерминанты, авторы использовали индексный метод

оценки данных показателей, который позволяет учитывать различные величины, сравнивая показатели базисного периода с анализируемым, что позволило решить проблему разноплановой динамики большого количества социально-экономических показателей, по которым оценивались группы детерминантов. Проведена количественная оценка влияния трех групп детерминантов с учетом эталонной организации. В качестве эталона выступает наивысшее достижение в исследуемой системе.

Результаты

Разработанная система расчета индексных показателей позволила оценить влияние следующих детерминирующих групп факторов:

- положительная динамика функционирования СКПК;
- состояние внешней социально-экономической среды, определяющей возможность членов направлять денежные средства в виде сбережений и уплаты процентов в СКПК;
- эффективность государственной поддержки АПК на сельских территориях муниципального образования, где функционирует СКПК.

Каждая из трех групп детерминантов проанализирована по составляющим, степени их воздействия на дальнейшее развитие СКПК в данном районе с помощью разработанных индексных показателей.

Первую группу детерминантов оценивали с помощью индексных показателей (рис. 1), где за базисный период берется наилучшее значение показателя за последние 8 лет работы СКПК.

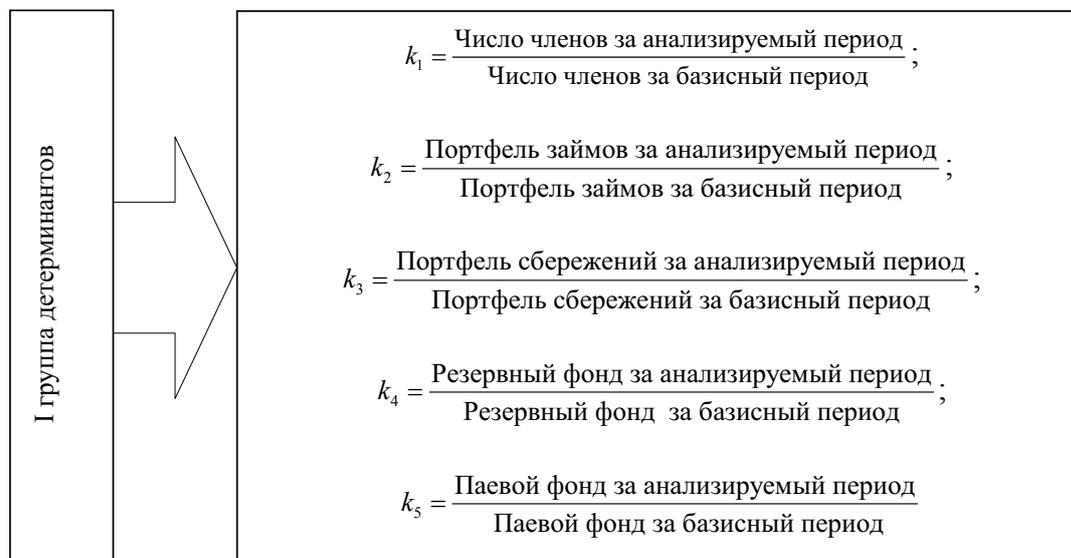


Рис. 1. Система расчета индексных показателей, оценивающих динамику функционирования СКПК

Система расчета индексных показателей второй группы детерминантов, где за базисный период брался предшествующий анализируемому период, включала в себя оценку экономических и социальных показателей АПК муниципального района СКПК (рис. 2).

Третья группа детерминантов определяла влияние на рейтинг СКПК государственной поддержки за счет ориентации членов сельскохозяйственных товаропроизводителей на эффективную деятельность (рис. 3).

Положительная динамика показателей, оценивающих разработанные группы детерминантов, является важным условием высокого рейтинга СКПК, влияющего на способность удовлетворять экономические потребности своих членов.

В ходе апробации методики проведена комплексная сравнительная рейтинговая оценка развития 9 сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов из 14, функционирующих на территории Челябинской области.

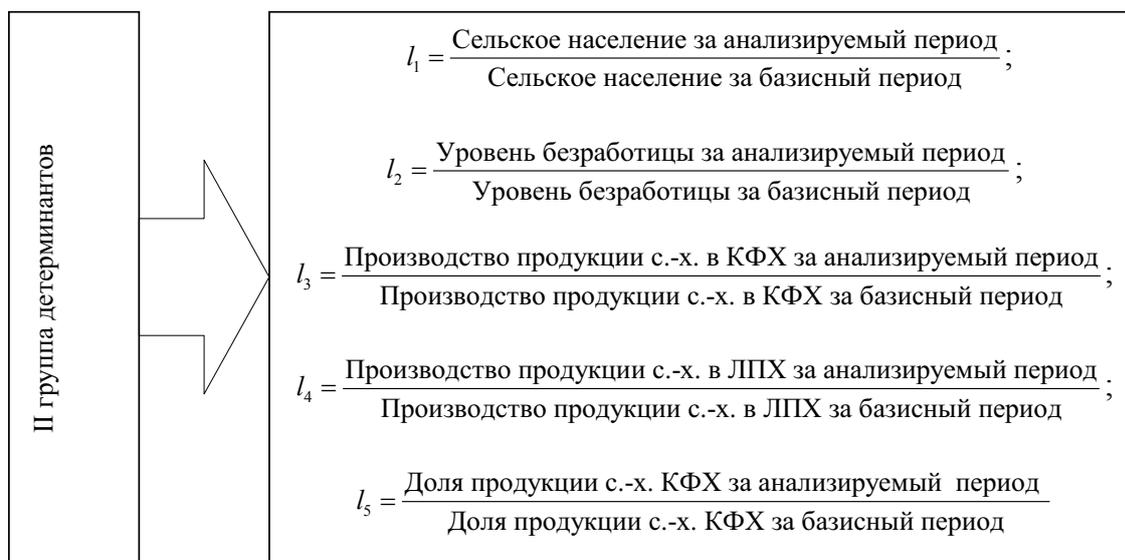


Рис. 2. Система расчета индексных показателей, оценивающих состояние внешней социально-экономической среды

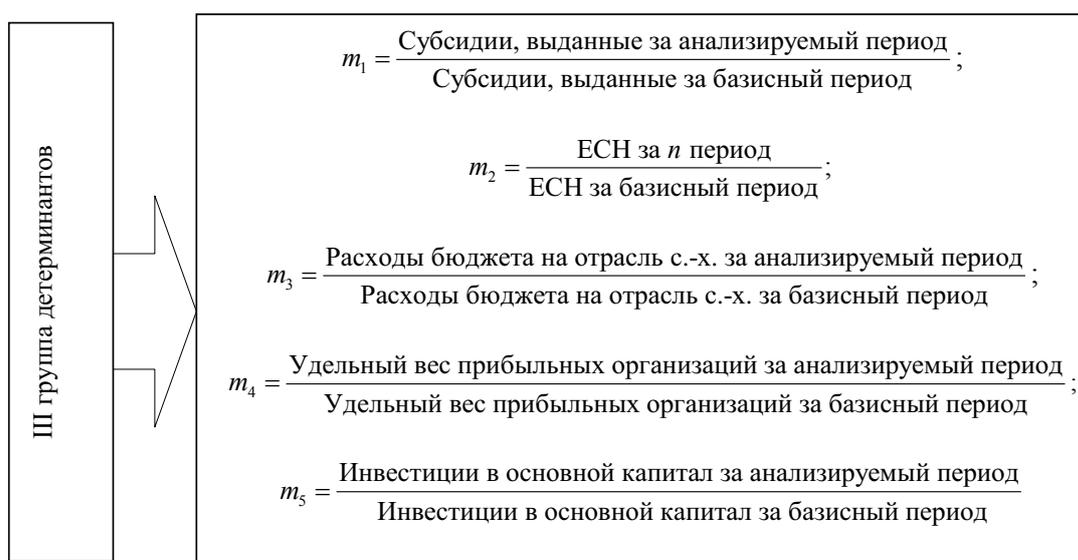


Рис. 3. Система расчета индексных показателей, оценивающих эффективность государственной поддержки АПК на сельских территориях муниципального образования, где функционирует СКПК



Эталоном по всем пяти показателям первой группы детерминантов были выбраны наивысшие индексные показатели СКПК «Фортуна».

Эталоном по приросту сельского населения выступает Агаповский, Аргаяшский и Увельский районы, имеющие наивысшее значение показателя I_1 , равное эталону. Наименьший уровень безработицы отмечен в Троицком районе, где расположен СКПК «Троицкий фермер». По темпам роста производства продукции сельского хозяйства КФХ, а также прироста ее доли в общем объеме лидирует Кизильский район, где функционирует СКПК «Гарант». Наивысшее значение темпа роста сельскохозяйственной продукции, произведенной ЛПХ, отмечено в Нагайбакском районе, где функционирует СКПК «Стимул».

В настоящее время не выделяется государственная поддержка в виде субсидий СКПК Челябинской области.

Наиболее эффективный рост поступлений в государственный бюджет единого сельскохозяйственного налога в Уйском районе, где функционирует СКПК «Фортуна» и СКПК «Союз». Учитывая систему по расчету налоговой базы ЕСН, представляющую собой расчет денежного выражения доходов сельскохозяйственных производителей, уменьшенных на величину произведенных расходов или убытка, можно сказать, что в Уйском районе наблюдается тенденция увеличения доходности и уменьшения убыточных сельскохозяйственных товаропроизводителей, перешедших на систему ЕСН. Наибольшее значение увеличения объема выделяемых государственных средств на отрасль сельского хозяйства по сравнению с предыдущим годом установлено в Аргаяшском районе, где функционирует СКПК «Аргаяшсельхозкредит». Эталон по увеличению доли прибыльных организаций выступает Нагайбакский район, где расположен СКПК «Стимул».

Таким образом, расчет индексных показателей по трем группам детерминантов позволил провести количественную оценку сравнения с эталоном динамики функционирования каждого СКПК, состояния его внешней социально-экономической среды и эффективности государственной поддержки АПК на сельских территориях муниципального образования, где расположен данный СКПК.

Выводы

В настоящее время актуальной проблемой является оценка влияния социально-эко-

номического благополучия на развитие сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации [15]. Важная мера развития СКПК заключается в комплексном исследовании, позволяющем выявить детерминанты, обуславливающие развитие кооперации, а также связь развития СКПК с государственной поддержкой и социально-экономическим благополучием потенциальных членов-сельскохозяйственных товаропроизводителей [12; 16; 17]. Мы считаем, что исследование положительного эффекта направлений государственной поддержки необходимо анализировать с учетом взаимосвязи увеличения объемов производства сельскохозяйственной продукции малых форм хозяйствования (членами СКПК) с увеличением ВРП (внутренний региональный продукт), а также увеличением налоговых поступлений в бюджет. Социально-экономические проблемы сельских территорий, включая низкий уровень развития аграрно-промышленного комплекса (АПК), приводят к низкой конкурентоспособности отечественных сельскохозяйственных товаропроизводителей, в том числе членов СКПК. В качестве главной проблемы, обуславливающей негативные тенденции, является низкий уровень доходности субъектов отечественной отрасли АПК. Дефицит инвестиций ведет к тому, что среднегодовой прирост продукции сельского хозяйства существенно отстает от роста экономики в целом. Низкие темпы развития отечественного АПК способствуют росту импорта сельскохозяйственного сырья и продовольствия, вследствие чего наблюдается ухудшение состояния продовольственной безопасности страны. В результате исследования были расширены аналитические возможности мониторинга сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации Челябинской области, а также установлены сдерживающие ее развитие факторы: отсутствие услуг по сбережению денежных средств сельского населения – 70% СКПК; недостаток резервов – 33% СКПК; отсутствие государственной поддержки СКПК – 100% СКПК, снижение расходов бюджета на отрасль АПК – 22%; убыточность сельскохозяйственных товаропроизводителей в районе функционирования СКПК – 44%.

Список литературы

1. Панаедова Г. И. Формирование и развитие региональной системы кооперативного кредитования. Ставрополь : РИО ИДНК, 2009. 167 с.

2. Самсонова И. В., Павлова М. Б. Социологическое исследование вопросов регулирования и государственной поддержки сельскохозяйственной кредитной кооперации // Известия МААО. 2011.
3. Худякова Е. В. Совершенствование организационно-экономического механизма сельской кредитной кооперации. М. : Триада, 2003. 192 с.
4. Янбых Р. Г. Развитие сельскохозяйственной кредитной кооперации в России // Научные труды ВИАПИ им. А. А. Никонова. М. : ВИАПИ им. А. А. Никонова ; ЭРД, 2011. Вып. 34. 222 с.
5. Баканач О. В., Корнев В.М. Региональные детерминанты развития ипотечного потенциала // Экономика и предпринимательство. 2015. № 4–2 (57–2). С. 413–416.
6. Телегина Ж. А. Методическое обоснование прогноза и регулирования капитальных вложений в региональном АПК // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2007. № 5. С. 32–34.
7. Чупина И. П., Безносков Г. А. Продовольственная безопасность региона // Экономика, финансы и менеджмент: тенденции и перспективы развития : сб. науч. трудов по итогам междунар. науч.-практ. конф. Волгоград, 2015. С. 86–88.
8. Прохорова Л. В. Показатели повышения качества жизни на селе // Экономика сельского хозяйства России. 2013. № 12. С. 90–94.
9. Чупина И. П. Влияние внешних и внутренних факторов на развитие российской экономики // Аграрный вестник Урала. 2011. № 3. С. 117.
10. Кибиров А. Я., Кулов А. Р. Роль и место кооперации в развитии агропродовольственного рынка // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве 2013. № 1(14). С. 46–48.
11. Панкратова Д. Ю. Концепция моделирования процесса развития сельскохозяйственного кредитного кооператива // Вестник Челябинского государственного университета. Сер. : Экономика. 2014. Вып. 43. № 5(334). С. 36.
12. Рубаева О. Д., Панкратова Д. Ю. Алгоритм корректировки направлений государственной поддержки развития сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации // Аграрный вестник Урала. 2014. № 11(129). С. 90.
13. Рубаева О. Д., Панкратова Д. Ю. Алгоритм оценки потенциала создания сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов на территории муниципальных образований Челябинской области // Аграрный вестник Урала. 2014. № 02(120). С. 92.
14. Рубаева О. Д., Панкратова Д. Ю. Государственная поддержка развития сельскохозяйственной кредитной потребительской кооперации // Агропродовольственная политика России. 2015. № 1(13). С. 44–47.
15. Farmer cooperative theory: recent developments United States Department of Agriculture ACS Research Report Number 84. Режим доступа : <http://www.rurdev.usda.gov/rbs/pub/rr84.pdf>.
16. Timothu Besley, Stephen Coate, Glenn Loury The Economics of Rotating Savings and Credit Associations The American Economic Review, Vol. 83, No. 4 (Sep., 1993), 792-810
17. Timothu Besley, Stephen Coate, Glenn Loury Rotating Savings and Credit Associations, Credit Markets and Efficiency The Review of Economic Studies, Vol. 61, No. 4 (Oct., 1994), 701–719.

Рубаева Ольга Дмитриевна, д-р экон. наук, профессор, заведующая кафедрой «Управление СХП», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: kosmija@yandex.ru.

Панкратова Дарья Юрьевна, старший преподаватель кафедры «Управление СХП», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: dashai@lst.ru.

* * *

УДК 629.3.014 : 338.43

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНОЙ И ВОДОСПИРТОВОЙ ИНЖЕКЦИИ В ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

А. В. Старцев, О. Н. Вагина, С. В. Романов, Д. В. Вагин

В статье дается экономическая оценка эффективности использования водной и водоспиртовой инъекции при эксплуатации мобильных сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов. В качестве примера сельскохозяйственного машинно-тракторного агрегата рассмотрен посевной агрегат в составе трактора МТЗ-80/82 и стерневой сеялки СЗС-2,1. При расчете себестоимости этилового спирта предлагается использовать зерновой эквивалент. Использование зернового эквивалента обусловлено тем, что зерно выступает как в качестве исходного, так и в качестве конечного продукта. В частности, зерно используется в качестве сырья для производства этилового спирта, а этиловый спирт, в свою очередь, как топливо, используется для производства зерна. В результате проведенных исследований установлено, что использование машинно-тракторных агрегатов на базе тракторов МТЗ-80/82 с двигателями Д-240 (4Ч 11/12,5), оснащенными устройствами для водной и водоспиртовой инъекции, в сельском хозяйстве Российской Федерации экономически оправдано. Годовой экономический эффект составляет от 38 000 до 160 000 рублей на один трактор МТЗ-80/82 в год.

Ключевые слова: водная инъекция, водоспиртовая инъекция, зерновой эквивалент, экономическая оценка, годовой экономический эффект, срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, верхний предел цены новой техники.

Актуальность темы

Одним из основных факторов, определяющих экономическую эффективность сельскохозяйственного производства, является проблема энергосбережения. Механизированные процессы, предполагающие использование мобильных машинно-тракторных агрегатов (МТА), являются самыми энергоемкими. В этой связи необходимо искать пути, предполагающие использование двигателей внутреннего сгорания с низким удельным расходом топлива нефтяного происхождения, а также его полную или частичную замену альтернативными видами топлива.

Цель исследований: повышение эффективности использования мобильных машинно-тракторных агрегатов путем улучшения топливной экономичности двигателя внутреннего сгорания за счет использования альтернативных видов топлива (водной и водоспиртовой инъекции).

Результаты исследований

В настоящее время наибольшее распространение получили следующие группы альтернативных топлив [1, 13, 14, 15, 16]:

– эмульсии нефтяных топлив с кислородсодержащими соединениями, такими как спирты, эфиры, вода;

– синтетические жидкие топлива из органического сырья (ископаемого или возобновляемого);

– топлива не нефтяного происхождения, отличающиеся по своим свойствам от традиционных (спирты, сжатый природный газ, сжиженные газы).

Топлива первой группы по своим эксплуатационным свойствам близки к традиционным нефтяным топливам, однако получаемые эмульсии отличаются низкой стойкостью и их применение чрезвычайно сложно в условиях рядовой эксплуатации сельскохозяйственных МТА.

Альтернативные топлива второй группы близки по характеристикам к нефтяным топливам, однако себестоимость их производства на сегодняшний день значительно превосходит себестоимость производства нефтяных топлив.

Использование топлив последней группы требует существенной модернизации систем питания двигателей и систем хранения топлива. Кроме того, низкое значение цетанового числа спиртов вызывает серьезные затруднения при их применении в дизельных двигателях.

На основании проведенного анализа можно заключить, что применение водной и водоспиртовой инъекции в дизельных двигателях мобильных машинно-тракторных агрегатов является наиболее эффективным способом повышения их топливной экономичности.

В период с 2012-го по 2015 год в Южно-Уральском ГАУ (г. Челябинск) и ГАУ Северного Зауралья (г. Тюмень) были проведены исследования возможности применения водной и водоспиртовой инъекции на дизельных двигателях 4Ч 11/12,5 (Д-240), которые устанавливаются на тракторы МТЗ-80/82, тягового класса 1, 4 (рис. 1).

В результате проведенных исследований было установлено, что применение водной инъекции приводит к увеличению эффективной мощности на номинальном режиме на 19,59%. Однако применение водной инъекции сдерживается невозможностью ее использования в зимний период (при температурах ниже 0 °С). Применение водоспиртовой инъекции, в соотношении 50% этилового спирта и 50% воды, лишено этого недостатка, однако несколько снижает полученный эффект. Результаты экспериментальной проверки показали увеличение эффективной мощности на номинальном режиме на 11,46%. Как в том, так и в другом случае было зафиксировано снижение удельного эффективного расхода топлива.

С целью оценки эффективности использования водной и водоспиртовой инъекции при эксплуатации мобильных МТА была проведена экономическая оценка, которая производилась, согласно требованиям ГОСТ Р 53056-2008 [2]. В качестве основных оценочных показателей



Рис. 1. Трактор МТЗ-82 с двигателем, снабженным водным (водоспиртовым) инжектором, в агрегате со стерневой зерновой сеялкой СЗС-2,1



были использованы: годовой экономический эффект; срок окупаемости дополнительных капитальных вложений; верхний предел цены новой техники.

Годовой экономический эффект. Согласно требованиям ГОСТ Р 53056-2008, годовую экономию совокупных затрат денежных средств от эксплуатации новой или модернизированной техники на отдельно взятой технологической операции вычисляются определим как

$$\mathcal{E}_{г.н} = F_i \left[(I_{с.з.б} - \Pi_{ост.б}) - (I_{с.з.н} - \Pi_{ост.н}) \right], \text{ руб.}, \quad (1)$$

где F_i – объем работ на i -й операции, ед. наработки;

$I_{с.з.б}$, $I_{с.з.н}$ – совокупные затраты денежных средств, включающие в себя прямые эксплуатационные затраты, значение величины убытка от снижения количества и качества продукции, от достигнутого уровня условий труда обслуживающего персонала, затрат от отрицательного воздействия на окружающую среду соответственно по базовой и новой технологиям, руб./ед. наработки;

$\Pi_{ост.б}$, $\Pi_{ост.н}$ – удельная остаточная стоимость соответственно базовой и новой техники, руб./ед. наработки.

Годовую экономию совокупных затрат денежных средств с учетом изменения объема наработки вычислим по формуле:

$$\mathcal{E}_{г.н} = B_3 \left[(I_{с.з.б} - \Pi_{ост.б}) - (I_{с.з.н} - \Pi_{ост.н}) \right], \text{ руб.}, \quad (2)$$

где B_3 – зональная годовая наработка новой или модернизированной техники, ед. наработки.

Зональная годовая наработка:

$$B_3 = W_{эк} T_3, \text{ ед. наработки}, \quad (3)$$

где T_3 – годовая зональная фактическая загрузка техники, ч;

$W_{эк}$ – производительность машинно-тракторного агрегата в час эксплуатационного времени:

$$W_{эк} = W_{см} \tau_{см}, \text{ ед. наработки/ч}, \quad (4)$$

или, применительно, например, к посевному или почвообрабатывающему агрегату,

$$W_{эк} = 0,36 \cdot B \cdot V_p \cdot \tau_{см}, \text{ га/ч},$$

где $W_{см}$ – производительность МТА за один час сменного времени, ед. наработки/ч;

B – рабочая ширина захвата сельхозмашины, м;

V_p – рабочая скорость движения МТА, м/с;
 $\tau_{см}$ – коэффициент использования времени смены.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений. Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений представляет собой период времени, в течение которого экономия совокупных затрат денежных средств, полученная в результате дополнительных капитальных вложений, достигает размера этих капитальных вложений.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений:

$$T_{ок} = \frac{B_n - B_б}{\mathcal{E}_{г.н}}, \text{ лет}, \quad (5)$$

где B_n , $B_б$ – цена новой, базовой техники (без торговой наценки) соответственно, с учетом затрат на доставку и монтаж, руб.

Верхний предел цены новой техники. Верхний предел цены специализированной новой техники определится как

$$\Pi_n = \frac{\mathcal{E}_{г.н}}{a_n} + B_n, \text{ руб.}, \quad (6)$$

где a_n – коэффициент (норма) отчислений на амортизацию новой техники.

Совокупные затраты денежных средств на эксплуатацию техники на единицу наработки:

$$I_{с.з} = I + I_{к.п} + I_{у.т} + I_3, \text{ руб./ед. наработки}, \quad (7)$$

где I – прямые эксплуатационные затраты денежных средств, руб./ед. наработки;

$I_{к.п}$ – затраты средств, учитывающие изменение количества и качества продукции, руб./ед. наработки;

$I_{у.т}$ – затраты средств, учитывающие уровень условий труда обслуживающего персонала, руб./ед. наработки;

I_3 – затраты средств, учитывающие отрицательное воздействие на окружающую среду, руб./ед. наработки.

Прямые эксплуатационные затраты денежных средств на единицу наработки:

$$I = 3 + \Gamma + P + A + \Phi, \text{ руб./ед. наработки}, \quad (8)$$

где 3 – затраты средств на оплату труда обслуживающего персонала, руб./ед. наработки;

Γ – затраты средств на горюче-смазочные материалы, руб./ед. наработки;

P – затраты средств на ремонт и техническое обслуживание, руб./ед. наработки;

A – амортизационные отчисления, руб./ед. наработки;

Φ – прочие прямые затраты средств на основные и вспомогательные материалы, руб./ед. наработки.

Затраты средств на оплату труда обслуживающего персонала:

$$3 = \frac{Л \cdot T_{\text{ч}} \cdot K_3}{W_{\text{см}}}, \text{ руб./ед. наработки,} \quad (9)$$

где $Л$ – число обслуживающего персонала, чел.;

$T_{\text{ч}}$ – часовая оплата труда обслуживающего персонала (включая все виды доплат: основную зарплату, доплаты за стаж и классность, выплаты стимулирующего характера (премии), натуроплату в денежном выражении и др.), руб./чел.-ч;

K_3 – коэффициент начислений на зарплату (отчислений в страховые фонды).

Затраты средств на горюче-смазочные материалы:

$$\Gamma = g_{\text{т}} \Pi_{\text{т}} K_{\text{см.м}}, \text{ руб./ед. наработки} \quad (10)$$

или

$$\Gamma = \frac{G_{\text{т}}}{W_{\text{см}}} \Pi_{\text{т}} K_{\text{см.м}}, \text{ руб./ед. наработки,} \quad (11)$$

где $g_{\text{т}}$ – удельный расход топлива, кг/ед. наработки;

$G_{\text{т}}$ – часовой расход топлива, кг/ед. наработки;

$\Pi_{\text{т}}$ – цена одного килограмма топлива, руб./кг;

$K_{\text{см.м}}$ – коэффициент учета стоимости смазочных материалов.

Затраты средств на ремонт и техническое обслуживание определим по нормам отчислений от цены сельскохозяйственной техники:

$$P = \frac{B \cdot r_{\text{р}}}{W_{\text{эк}} T_3}, \text{ руб./ед. наработки,} \quad (12)$$

где B – цена новой техники (без НДС), руб.;

$r_{\text{р}}$ – коэффициент отчислений на ремонт и техническое обслуживание техники.

Применительно к посевному МТА, выражение (12) примет вид:

$$P = \frac{1}{W_{\text{эк}}} \left(\frac{B_{\text{т}} \cdot r_{\text{рт}}}{T_{\text{зт}}} + \frac{B_{\text{м}} \cdot r_{\text{рм}}}{T_{\text{зм}}} \right), \text{ руб./ед. наработки,}$$

где $B_{\text{т}}$ и $B_{\text{м}}$ – цена трактора и сельхозмашины соответственно (без НДС), руб.;

$r_{\text{рт}}$ и $r_{\text{рм}}$ – коэффициент отчислений на ремонт и техническое обслуживание трактора и сельхозмашины соответственно.

Амортизационные отчисления:

$$A = \frac{B \cdot a}{W_{\text{эк}} T_3}, \text{ руб./ед. наработки,} \quad (13)$$

где a – коэффициент (норма) отчислений на амортизацию техники, принятый по нормативам, установленным Министерством сельского хозяйства Российской Федерации.

Применительно к посевному МТА, выражение (13) примет вид:

$$A = \frac{1}{W_{\text{эк}}} \left(\frac{B_{\text{т}} \cdot a_{\text{т}}}{T_{\text{зт}}} + \frac{B_{\text{м}} \cdot a_{\text{м}}}{T_{\text{зм}}} \right), \text{ руб./ед. наработки,}$$

где $a_{\text{т}}$ и $a_{\text{м}}$ – коэффициент (норма) отчислений на амортизацию для трактора и сельхозмашины соответственно.

Кроме того, следует учесть, что, в отличие от сельхозмашины, занятость трактора в данной технологической операции составляет только часть от его годовой загрузки. В этой связи отчисления на текущий и капитальный ремонт, техническое обслуживание и амортизацию должны быть уменьшены пропорционально доле участия трактора в данной технологической операции.

Прочие прямые затраты средств на основные и вспомогательные материалы:

$$\Phi = \sum_{i=1}^n h_i \Pi_i, \text{ руб./ед. наработки,} \quad (14)$$

где h_i – удельный расход i -го вида материала, кг/ед. наработки;

Π_i – стоимость единицы i -го вида расходного материала, руб./кг.

Удельная остаточная стоимость новой и базовой техники:

$$\Pi_{\text{ост}} = \frac{B \cdot (\lambda_{\text{т.р}} - \lambda_{\text{а.р}})}{\lambda_{\text{т.р}} W_{\text{эк}} T_3}, \text{ руб./ед. наработки,} \quad (15)$$

где $\lambda_{\text{т.р}}$ – технический ресурс техники (по данным предприятия-изготовителя), ч;

$\lambda_{\text{а.р}}$ – технический ресурс техники (рассчитанный по фактическим данным хозяйствующих субъектов или по амортизационным нормативам Министерства сельского хозяйства Российской Федерации), ч.

Анализ выражения (15) показывает, что в случае, если технический ресурс техники, который показывает предприятие-изготовитель, и фактический ресурс техники (или ресурс техники, рассчитанный по амортизационным нормативам МСХ РФ) совпадают, то остаточная стоимость техники равна нулю. С учетом сказанного, на этапе планирования для оценки экономической эффективности от применения



новой техники можно использовать упрощенное выражение (16), которое было получено из (1):

$$\mathcal{E}_{г.н} = F_i (I_{с.з.б} - I_{с.з.н}), \text{ руб.} \quad (16)$$

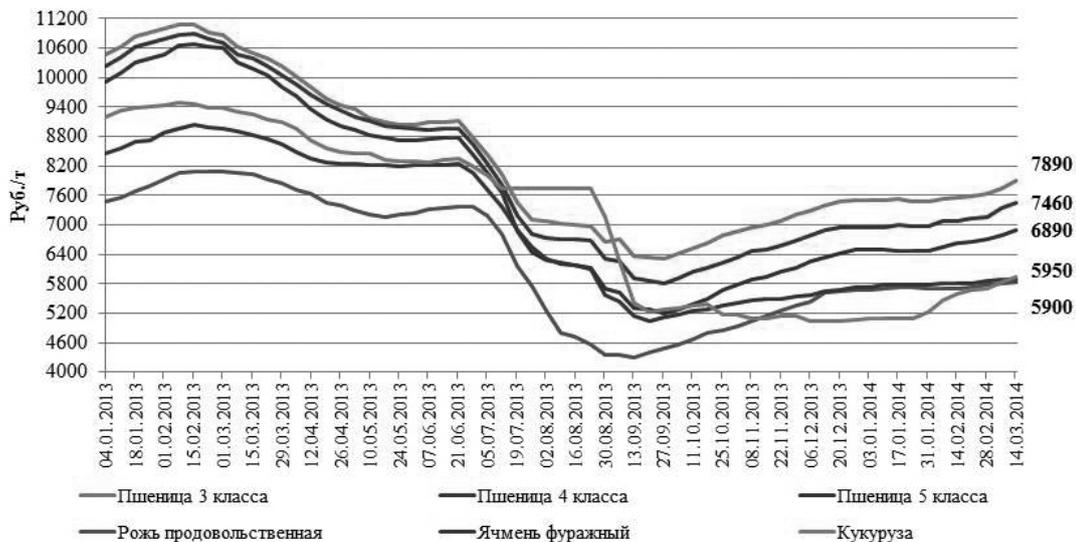
Затраты денежных средств на изготовление системы подачи воды и водоспиртовой смеси во впускной коллектор двигателя Д-240 (4Ч 11/12,5) представлены в таблице 1.

На основании представленных в таблице данных можно заключить, что увеличение балансовой цены трактора МТЗ-82 с двигателем, оснащенным устройством для водной и водоспиртовой инъекции, составит 17 700,00 руб.

Кроме того, следует учесть стоимость воды и спирта, которые будут использованы при инъекции.

По данным МУП ПО «Водоснабжение и водоотведение» г. Челябинска, средняя стоимость одного кубометра поставленной воды в 2014 году составила 26...32 руб./м³.

Цена этилового спирта определялась по данным [3, 4, 5]. Согласно [5], цена одного литра этилового спирта (этаноло) в США составляет 0,2484 евро/л. Согласно пересчету по среднему курсу за январь-сентябрь 2014 года (1 евро = 48,073 руб.) цена одного литра этилового спирта (этаноло) в США составляет 11,94 руб./л. Однако цена этанола значительно разнится в зависимости от страны-производителя этанола. В частности, в Германии (по данным того же источника) цена этанола составляет уже 0,4968 евро/л или, согласно курсу валют 2014 года, 23,88 руб./л. Таким образом, цена этанола, произведенного в Германии, более чем в 2 раза превосходит цену этанола, произведенного в США. По данным российских источников [4], ООО Научно-Производственная Компания «Этанол-Ком» (г. Курган) производит и поставляет технологическое оборудование для производства этилового спирта и биоэтанола 99,8%. По данным компании, себестоимость



На основе данных Национального союза зернопроизводителей

Рис. 2. Динамика цен на зерновые в России в 2012–2014 гг. [6]

Таблица 1 – Смета затрат на изготовление системы подачи воды во впускной коллектор двигателя Д-240 (в ценах 2014 года)

Наименование затрат	Значение
1. Затраты изготовления оригинальных изделий	1 200,00
2. Цена покупных деталей	12 100,00
3. Затраты на монтаж и регулировку оборудования	2 800,00
4. Прочие неучтенные затраты (10%)	1 600,00
Суммарные затраты	17 700,00

В рублях

производства: этилового спирта высшей очистки составляет около 18 руб./л, биоэтанола 99,8% – от 15 руб./л (в средних ценах 2014 года).

Анализ представленных данных показывает, что цены на этанол значительно разнятся. В этом случае, по мнению авторов, было бы рациональным обратиться к эквивалентам. В качестве эквивалента можно использовать зерновой эквивалент [12], так как в качестве сырья для производства этилового спирта используется зерно, а топливо, в частности, этиловый спирт, используется для производства зерна. Таким образом, зерно выступает и в качестве исходного и в качестве конечного продукта.

По данным экспертно-аналитического центра агробизнеса «АБ-Центр» [6]: «Средние цены на пшеницу в России, по расчетам, произведенным на основе данных Национального союза зернопроизводителей, с начала года (2014 года – прим. авт.) возросли на 6,1%, за год (2013 год – прим. авт.) – снизились на 28,4%. Средняя цена на пшеницу 3 класса к 15 марта 2014 года составила 7 890 руб./т, на пшеницу 4 класса – 7 460 руб./т, на пшеницу 5 класса – 6 890 руб./т. Наиболее высокие цены на пшеницу наблюдаются в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах, наиболее низкие – в Сибирском и Уральском федеральных округах». Динамика цен на зерно представлена на рисунке 2.

Согласно заявлениям специалистов ООО Научно-Производственная Компания «Этанол-Ком», для производства 1 литра этанола требуется 3 килограмма фуражного зерна (5 класса).

На основании представленных данных цена одного литра этанола может быть определена как

$$Ц_э = \frac{6890 \cdot 3}{1000} = 20,67 \text{ руб./л.}$$

Учитывая плотность этилового спирта, равную 0,7893 кг/л, цена 1 кг этилового спирта

составит 26,19 руб./кг. Полученная таким образом цена этилового спирта (этанола) была принята нами в качестве исходной для проведения дальнейших расчетов.

Как показали результаты предыдущих теоретических и экспериментальных исследований, оптимальный расход воды или водоспиртовой смеси дизельным двигателем составляет около 30% от расхода топлива.

Исходные данные для выполнения расчета оценки эффективности использования посевного МТА в составе трактора МТЗ-82, с двигателем, оснащенным устройством для водной и водоспиртовой инъекции (далее – с модернизированным двигателем), и стерневой сеялки СЗС-2,1 представлены в таблице 2.

Результаты расчета оценки эффективности использования посевного МТА в составе трактора МТЗ-82 с модернизированным двигателем и стерневой сеялки СЗС-2,1 представлены в таблице 3.

Результаты расчета, представленные в таблице 3, показывают, что удельный экономический эффект от использования МТА в составе трактора МТЗ-82 с модернизированным двигателем и стерневой сеялки СЗС-2,1 при использовании водной инъекции составляет 152,51 руб./га., при использовании водоспиртовой инъекции соответственно – 128,28 руб./га. Очевидно, что эффект от использования водной инъекции оказывается несколько большим, нежели при применении водоспиртовой инъекции. В данном случае следует рекомендовать использовать в летний период (при положительных температурах воздуха) применение водной инъекции, а в зимних условиях – водоспиртовой.

Однако, как это и учтено в алгоритме расчета, данная технологическая операция является не единственной, которую выполняют тракторы МТЗ-80/82. В этой связи было бы рациональным

Таблица 2 – Исходные данные для расчета экономической эффективности использования МТА в составе трактора МТЗ-82 и стерневой сеялки СЗС-2,1 (в ценах 2014 г.)

Показатели	Базовый агрегат		Новый агрегат	
	МТЗ-82	СЗС-2,1	МТЗ-82	СЗС-2,1
Цена машины, руб.	710 000	203 420	727 700	203 420
Коэффициент отчислений на техническое обслуживание и текущий ремонт, %	22,0	18,0	22,0	18,0
Коэффициент отчислений на капитальный ремонт, %	4,0	–	4,0	–
Коэффициент (норма) отчислений на амортизацию, %	12,5	12,5	12,5	12,5
Нормативная годовая загрузка, ч	1200	160	1200	160
Часовая оплата труда обслуживающего персонала (включая все виды доплат и отчисления в страховые фонды), руб./ч	247,10	–	247,10	–
Комплексная цена дизельного топлива, руб./кг	35,75	–	35,75	–



Таблица 3 – Результаты расчета оценки экономической эффективности использования посевного МТА при применении водной и водоспиртовой инъекции (в ценах 2014 г.)

Показатели	Водная инъекция	Водоспиртовая инъекция
Годовой экономический эффект от применения водной инъекции на посеве зерновых, руб./год	52 200,00	44 350,00
Удельный экономический эффект, руб./га	152,51	128,28
Потенциальный годовой экономический эффект от применения инъекции при использовании МТА на базе тракторов МТЗ-80/82, руб./год	189 550,00	160 000,00
Годовой экономический эффект от применения инъекции при использовании МТА на базе тракторов МТЗ-80/82 с учетом климатических условий Российской Федерации, руб./год	132 700,00	160 000,00
Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, лет	0,13	0,106
Верхний предел цены, руб.	1 790 000,00	2 008 000,00

Примечание: Возможные неточности в результатах расчета вызваны округлением данных.

перейти к оценке их работы в условных единицах. Согласно источнику [7]: «Учет выработки тракторных агрегатов в условных эталонных гектарах необходим для оценки уровня использования тракторов, для планирования потребности в тракторах, межремонтных сроков, расхода топлива и определения эксплуатационных затрат на единицу тракторных работ и других показателей».

По данным [8]: «Для тракторов в качестве эталонного показателя принята производительность пахотного агрегата в час сменного времени в эталонных условиях: площадь поля – 50 га, глубина обработки – 22–24 см, удельное сопротивление почвы в зависимости от рабочей скорости, базовое значение (55 кПа) при скорости 8 км/ч, коэффициент прироста сопротивления 3,5% на 1 км/ч, длина гона 800 м, фон – стерня по ГОСТ 7057-81, среднее расстояние переезда 5 км». Перевод физических объемов тракторных работ в условные гектары основывается на соотношениях эталонной выработки и технически обоснованных норм выработки на данном виде работ в данных условиях.

Согласно [9, 10, 11], эталонная выработка для тракторов МТЗ-80/82 за час сменного времени составляет 0,58 условных эталонных гектаров. В этом случае годовой объем работ в условных эталонных гектарах может быть определен как

$$Q_{y,га} = T_r \cdot \lambda_{y,га}, \text{ у.э. га}, \quad (17)$$

где $\lambda_{y,га}$ – коэффициент перевода в условные эталонные гектары:

$$Q_{y,га} = 1200 \cdot 0,58 = 696 \text{ у.э. га.}$$

Следует также помнить о том, что при учете объемов выполненных механизированных работ выработка на различных технологических операциях приводится к выработке в условных эталонных гектарах. Принимая во внимание то, что стерневая сеялка СЗС-2,1 представляет собой комбинированную сельскохозяйственную машину, осуществляющую за один проход сразу три технологические операции: культивацию (коэффициент перевода в условные эталонные га – 0,19); посев (0,20); прикатывание (0,17), получим суммарный коэффициент перевода в условные эталонные га – 0,56. С учетом сказанного, суммарное значение годового экономического эффекта от использования тракторов МТЗ-80/82 с двигателем Д-240, оснащенным устройством для водной и водоспиртовой инъекции, в сельском хозяйстве Российской Федерации может быть определен по формуле:

$$\mathcal{E}_r = \frac{Q_{y,га} \cdot \mathcal{E}_{уд}}{K_{пер}}, \text{ руб.}, \quad (18)$$

где $\mathcal{E}_{уд}$ – удельный экономический эффект, руб./га;
 $K_{пер}$ – коэффициент перевода физического объема работ в условные эталонные гектары, в нашем случае $K_{пер} = 0,56$.

Результаты расчета представлены в таблице 3.

Таким образом, проведенный расчет экономической эффективности от использования машинно-тракторных агрегатов в состав тракторов МТЗ-80/82 с модернизированным двигателем в сельском хозяйстве Российской Федерации показывает целесообразность применения водной и водоспиртовой инъекции.

Таблица 4 – Результаты расчета оценки экономической эффективности использования МТА в составе трактора МТЗ-82 и стерневой сеялки СЗС-2,1 при неизменной производительности (в ценах 2014 г.)

Показатели	Водная инъекция	Водоспиртовая инъекция
Годовой экономический эффект от применения водной инъекции на посеве зерновых, руб./год	21 320,00	8 540,00
Удельный экономический эффект, руб./га	77,03	30,82
Потенциальный годовой экономический эффект от применения инъекции при использовании МТА на базе тракторов МТЗ-80/82, руб./год	95 750,00	38 300,00
Годовой экономический эффект от применения инъекции при использовании МТА на базе тракторов МТЗ-80/82 с учетом климатических условий Российской Федерации, руб./год	67 000,00	38 300,00
Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, лет	0,264	0,462
Верхний предел цены, руб.	1 260 000,00	1 035 000,00

Примечание: Возможные неточности в результатах расчета вызваны округлением данных.

Вместе с тем, необходимо помнить, что относительно низкий сцепной вес тракторов МТЗ-80/82 зачастую не позволяет им использовать мощность двигателя через тяговое усилие в полном объеме, или технологические требования к проведению операции могут не позволить увеличить рабочую скорость движения МТА по полю. По этим причинам нельзя гарантировать увеличения производительности. Тем не менее экономический эффект и в этом случае может быть получен за счет экономии топлива.

Произведя расчет по представленному выше алгоритму, определим, что в случае невозможности реализации тягово-сцепных качеств тракторов МТЗ-80/82 с модернизированным двигателем, годовой экономический эффект от использования составленных на их базе МТА в сельском хозяйстве Российской Федерации в ценах 2014 года составит не менее 67 тысяч рублей (табл. 4).

Выводы и рекомендации

На основании проведенных расчетов можно заключить, что использование универсально-пропашных тракторов тягового класса 1,4, с двигателями, оснащенными устройствами для водной и водоспиртовой инъекции, обеспечивает получение годового экономического эффекта: при применении водной инъекции – от 67 000 до 132 700 рублей, при водоспиртовой инъекции – от 38 000 до 160 000 рублей на один трактор в год. Для увеличения экономического эффекта следует рекомендовать использовать в летний период применение водной инъекции, а в зимних условиях – водоспиртовой.

Список литературы

1. Горбов В. М., Митенкова В. С. Проблемы применения альтернативных топлив в судовых энергетических установках // Секция – Технические науки, подсекция – Энергетика. Национальный университет кораблестроения, Николаев, Украина. Режим доступа : http://www.rusnauka.com/9_EISN_2007/Tecnic/21287.doc.htm.
2. ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки.
3. Алтухов А. И. Зерновые источники альтернативного топлива // Вестник ОрелГАУ. 2007. № 2. С. 4–9.
4. Официальный сайт Научно-Производственной Компании «Этанол-Ком». Режим доступа : <http://www.spirtzavod.com/contacts.html>.
5. Сравнение стоимости производства этилового спирта / топливного этанола в США и Германии // Oliver Henniges, Institute of Farm Management, University of Hohenheim, Stuttgart/Germany. Contact: henniges@uni-hohenheim.de Prof. Dr. Drs. h.c. Jurgen Zeddies, Institute of Farm Management, University of Hphenheim, Stuttgart/Germany. Contact : i410b@uni-hohenheim.de.
6. Российский рынок зерновых в январе-марте 2014 года. Режим доступа : <http://ab-centre.ru/articles/rossiyskiy-rynok-zerna-v-2014-godu-situaciya-v-yanvare-marte>.
7. Сторожев И. И. Улучшение экологических показателей дизельных двигателей рециркуляцией отработавших газов с добавлением воды // «Аграрная политика на современном этапе» : сб. науч.-практ. конф. Тюмень : Тюм-ГСХА, 2007. С. 228–233.
8. Старцев А. В., Сторожев И. И. Эффективность использования машинно-тракторных



агрегатов с двигателями, работающими на многокомпонентном топливе. Сообщение 1. Энергетическая оценка // Наука и производство : сб. науч. труд. / под В. В. Ерофеева. Челябинск : ЧРО РАЕН, 2009. С. 18–23.

9. Справочник экономиста сельскохозяйственной организации. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. 464 с.

10. Старцев А. В., Богданов А. В., Попова С. Ю. Оценка экономической эффективности от внедрения нового оборудования с учетом изменений условий труда // Безопасность жизнедеятельности. 2006. № 8. С. 42–44.

11. Сборник задач по курсу «Организация информационно-консультационной службы в АПК» : учеб. пособие / А. В. Старцев [и др.]. Челябинск : ЧГАУ, 2007. 132 с.

12. Вагина О. Н. Экономический механизм восстановления технического потенциала в сельском хозяйстве : автореф. дис. ... канд. экон. наук. Челябинск, 2000.

13. Вагин Д. В. Обзор топлив ДВС // Материалы ЛП междунар. науч.-техн. конф. «Достижение науки – агропромышленному производству» / под ред. докт. техн. наук проф. Н. С. Сергеева. Челябинск : ЧГАА, 2013. Ч. V. С. 53–59.

14. Возможности спиртовых топлив. Аналитический портал химической промышленности: Новые химические технологии. Режим доступа : http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id=4054.

15. Гаркушина С. В. Оценка эффективности использования альтернативных видов моторного топлива на транспорте в регионе // Вестник ВолГУ. 2008. Сер. 3. № 1(12). С. 138–141.

16. Старцев А. В., Вагин Д. В. Применение альтернативных и многокомпонентных топлив в двигателях внутреннего сгорания // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 68. С. 84–87.

Старцев Андрей Васильевич, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой агробизнеса, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: sav.63.10.04@mail.ru.

Вагина Ольга Николаевна, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры агробизнеса, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: nikon_65@mail.ru.

Романов Сергей Вячеславович, соискатель, ФГБОУ ВО ГАУСЗ «Государственный аграрный университет Северного Зауралья».

E-mail: kex@ Rambler.ru.

Вагин Дмитрий Владимирович, аспирант, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

E-mail: meloman-174@mail.ru.

* * *

TECHNICAL SCIENCES

Analysing the process of suspension fractionating and improving the vibrational centrifuge

M. S. Ahmetvaliev

The article deals with the classification of devices for mechanical fractionating of suspensions, with their main structure features being identified and the theoretical background justifying the basic parameters of efficient centrifuges with axial rotor vibration being analysed. The purpose of research is to increase the brewer's grains efficiency when it splits into thick and thin fractions and to extend the service life of vibrational centrifugal devices due to their rotor reverse motions and further optimization of their basic parameters. The tests reveal the main shortcomings of the centrifuges existing nowadays, such as insufficient duration of continuous rotor operation due to clogging of the perforated screens of curved blades with grains and the lack of their cleaning during the process with further reducing water generation. Thus, a new improved design for vibrational centrifugal devices is presented with double-sided curved blades allowing reverse rotor motions to cause favorable conditions for moving particles, destroying the sediment structure, reducing the sediment resistance to filtration and self-cleaning of filtering blade surfaces. Thereby the efficiency of splitting brewer's grains into thick and thin fractions increases, and the service life of vibrational centrifugal devices extends.

Keywords: filtration, centrifuge, brewer's grains, vibration, water generation.

References

1. Fedorenko I.Ya., Sadov V.V. Resursosberegayushchie tehnologii i oborudovanie v zhivotnovodstve: ucheb. posobie. Saint Petersburg, 2012. 304 p.
2. Nikolaev V.N., Yavorski V.I. Analiz protsessa ekstruzii kormov i sovershenstvovanie ekstrudera. *Vestnik ChGAA* 71 (2015): 61-66.
3. Bykova I.A. Razrabotka sposobov ispol'zovaniya pivnoi drobinny v kachestve komponenta razlichnykh biologicheskikh sistem: extended abstract of Dr. Sci. (Biology) Dissertation. Orenburg, 2003.
4. Sazonova I.A. Razrabotka tehnologii stabilizatsii, biotransformatsii i primeneniye pivnoi drobinny: extended abstract of Dr. Sci. (Biology) Dissertation. Saratov, 2006.
5. Darhanov A. I. Razrabotka i obosnovaniye osnovnykh parametrov vibratsionno-centrobezchnoy ustanovki dlja razdeleniya pivnoj drobinny na zhidkuju i gustuju fraktsii: extended abstract of Dr. Sci. (Engineering) Dissertation. Chelyabinsk, 1994.
6. Ripperger S. Neueste Entwicklungen auf dem Gebiet der Fest-Flüssig-Trennung. Filtrieren und Separieren. *Technische Universität Dresden* 14 №3 (2000): 126-131.
7. Sharipov A.G. Povysheniye effektivnosti protsessa razdeleniya soevoi suspensii putem obosnovaniya parametrov i rezhimov raboty fil'truyushei tsentrifugi: extended abstract of Dr. Sci. (Engineering) Dissertation. Chelyabinsk, 2005.
8. Maremukov A.A. Obosnovaniye osnovnykh parametrov vibratsionno-tsentrobezchnoy ustanovki fil'truyushhego tipa dlya razdeleniya svinogo navoza na tverduyu i zhidkuyu fraktsii: extended abstract of Dr. Sci. (Engineering) Dissertation. Chelyabinsk, 1989.
9. Kovalenko V.P. Mehanizatsiya obrabotki bespodstlochnogo navoza. Moscow, 1984. 156 p.
10. Zhuzhikov V.A. Fil'trovanie. Teoriya i praktika razdeleniya suspensii. Moscow, 1968. 411 p.

Ahmetvaliev Marat Samatovich, post graduate student, South-Ural State Agrarian University (SU-SAU), Institute of Agroengineering (IAE).
E-mail: tmg.csaa@inbox.ru.

The kinematics and dynamics of non-driving branches of the caterpillar bypass of traction-transportation vehicles

E. I. Berdov, V. A. Alyabyev

The paper deals with the peculiarities of kinematics and dynamics of non-driving branches of the caterpillar bypass of mobile energy-operated vehicles used for agricultural purposes. The mover

of a traction-transportation caterpillar vehicle is a complex hinging-linking mechanism with many degrees of freedom. To simplify the theoretical analysis of its operation it's necessary to admit the following assumptions: the machine forward movement speed is constant; the horizontal support surface is not deformable (completely rigid); the friction of the caterpillar non-driving hinges is neglected; the front support roller moves on the inner caterpillar track without sliding; there is no any mover slipping (the movers don't slip); all the links of the caterpillar track as the studied object are considered as ideal ones. The system is also assumed to have two degrees of freedom and to be defined by two parameters. The tasks set for the system are to be coped due to the method of generalized coordinates, their number being in agreement with the degrees of freedom. Thus, the kinematic regularities and the dynamic patterns of the moving links of the non-driving track parts of traction-transportation vehicles are identified along with defining the nature of changing loads of the driving part and of the top branch according to the machine speed relatively to the reference surface. The design features of the T-170 tractor chassis and suspension are found to achieve the maximum speed when providing complete track link layings with front road wheels per one cycle that equals to a track pitch and doesn't exceed 12.8 km/h. The stretching forces in the links of the upper caterpillar branch grow as they move to the steering wheel. The stretching forces on the driving part when the machine idles are up to 40% greater than the pre-tensioning forces, and at the force exerted rating (80 kN) the stretching forces to be within the range 51...65 kN.

Keywords: caterpillar mover, non-driving branch, semi-rigid suspension, kinematics, dynamics, hinging-linking mechanism, translational velocity forward movement speed.

References

1. Vulah G.Ya., Korshunov G.A., Safronov A.L. Dinamicheskie karakteristiki poluzhestkoi podveski bul'dozernogo agregata. *Gidroprivod i avtomatika v traktorostroenii* 7 (1976): 3-7.
2. Berdov E.I. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya gusenichnogo sel'skohozyaistvennogo traktora putem vybora ratsional'nogo polozheniya centra davleniya pri agregatirovanii bul'dozernym oborudovaniem: Cand. Sci. (Engineering) Dissertation. Chelyabinsk: ChGAU, 2000. 162 p.
3. Barskii I.B., Anilovich V.Ya., Kut'kov G.M. Dinamika traktora. Moscow, 1973. 280 p.
4. Issledovaniya dinamicheskoi nagruzhennosti hodovyh apparatov gusenichnyh traktorov s poluzhestkoi podveskoi. NTO ChF NATI, arh. № 2517. Chelyabinsk, 1984. 101 p.
5. Kulikov B.M. O rabote vedushego uchastka hodovoi sistemy gusenichnogo traktora. Chelyabinsk, *Sb. nauch. tr. ChIMESKh* 28 (1967): 23-30.
6. Tarasik V.P. Modelirovanie rabochei vetvi gusenichnogo dvizhitelya. *Traktory i sel'skohozyaistvennyye mashiny* 1 (1998): 20-23.
7. Ageev L.E., Shkrabak V.S., Morgulis-Yakushev V.Yu. Sverhmoschnye traktory sel'skohozyaistvennogo naznacheniya. Leningrad, 1966. 415 p.
8. Mezyk A., Switoski E., Kciuk S., Klein W. Modelling and Investigation of Dynamic Parameters of Tracked Vehicles. *Mechanics and Mechanical Engineering* 15 №4 (2011): 115-130.
9. Targ S.M. Kratkii kurs teoreticheskoi mehaniki. Moscow, 1995. 416 p.
10. Svetlitskii V.A. Mehanika gibkikh sterzhnei i nitei. Moscow: Mashinostroenie, 1978. 222 p.
11. Medvedev M.I., Kodenko M.N. Issledovanie dinamicheskikh pokazatelei napravlyayushego uchastka gusenichnogo mehanizma traktora. *Izvestiya vyssh. ucheb. zaved. Ser.: Mashinostroenie* 7 (1961).
12. Wong J.Y. Theory of ground vehicles. 3rd ed. John Wiley & Sons, 2001. 528 p., il.
13. Janarthanan B., Padmanabhan C., Sujatha C. Longitudinal dynamics of a tracked vehicle: Simulation and experiment. *Journal of Terramechanics* 49 (2012): 63-72.
14. Kachurin V.K. Teoriya visyachih sistem. Leningrad; Moscow: Mashinostroenie, 1962. 196 p.
15. Zabrodskii V.M., Fainleib A.M., Kutin L.N., Utkin-Lyubovtsev O.L. Hodovye sistemy traktorov. (Ustroistvo, ekspluatatsiya, remont): spravochnik. Moscow: Agropromizdat, 1986. 271 p.
16. Antonov A.S., Zapryagaev M.M., Havhanov V.P. Armeiskie gusenichnye mashiny. Part I: Theory. Moscow: Voennoe izd-vo MO SSSR, 1974. 328 p.
17. Medvedev M.I. Gusenichnoe zaceplenie traktorov. Kiev: Mashgiz, 1959. 252 p.
18. Teoreticheskie i eksperimental'nye issledovaniya optimal'nyh parametrov sel'skohozyaistvennoi modifikatsii traktora T-170M1.03 i agregatov na ego baze. Otchet GosNII PT, arh. №113. Chelyabinsk, 1997. 148 p.

Berdov Yevgeny Ivanovich, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, South-Ural State Agrarian University (SUSAU).

E-mail: BerdovEugene@yandex.ru.

Alyabiev Vadim Anatolyevich, engineer, senior teacher, South-Ural State Agrarian University (SUSAU).

E-mail: alyabiev.vadim@mail.ru.

A method of providing the turbocharger performance

A. Yu. Burtsev

Today 70% of internal combustion engines are equipped with turbocharged system. But the reliability of the turbine assembly operation is low. In this paper, we propose to increase the turbocharger reliability due to installing an autonomous lubricating-braking device as the accumulator combined with the braking device minimizes the risk of dry friction and emergency shutdown of the turbocharger. The use of the turbocharger rotor braking device integrated into the intake system of an internal combustion engine with calculated design parameters is proved to reduce the rotor rundown up to 30-35%. This makes it possible to downsize the hydraulic accumulator, to reduce its operation time and to avoid the surging in the compressor part of the turbocharger and thereby the damaging of its components. The economic effect is estimated as 50-80 thousand rubles per one season when using units for tractors of different capacities.

Keywords: engine, turbocharging, turbocharger, diagnosis, turbocharger rundown, braking device, hydraulic accumulator.

References

1. Nosyrev D.Ya., Svechnikov A.A., Stanovova Yu.Yu. Opredelenie tehnikeskogo sostoyaniya turbokompressora i privodnogo tsentrobezhnogo nagnetatelya. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobscheniya* 3 (2010): 59-63.
2. Malahovetskii A.F. Povyshenie nadezhnosti turbokompressorov avtotraktornykh dvigatelei putem snizheniya ih teplonapryazhennosti: Cand. Sci. (Engineering) Dissertation. Saratov, 2005. 141 p.
3. Potapov S.V. Povyshenie dolgovechnosti kapital'no otremonirovannykh traktornykh dizelei primeneniem gidroakkumulyatora v smazochnoi sisteme: Cand. Sci. (Engineering) Dissertation. Chelyabinsk, 1999. 181 p.
4. Patrahal'tsev N.N., Savastenko A.A. Forsirovanie dvigatelei vnutrennego sgoraniya nadduvom. Moscow: Legion-Avtodata, 2007. 176 p.
5. Zaharov V.P. Sovershenstvovanie struktury ekspluatatsionno-remontnogo tsikla dvigatelei KAMAZ-EVRO s uchetom izmeneniya tehnikeskogo sostoyaniya: extended abstract of Cand. Sci. (Engineering) Dissertation. Saratov, 2011. 24 p.
6. Plaksin A.M., Gritsenko A.V., Burtsev A.Yu., Glemba K.V. Sposob obespecheniya rabotosposobnosti turbokompressora dizelei primeneniem avtonomnogo smazochno-tormoznogo ustroystva. *Vestnik Krasnoyarskogo GAU* 6 (2015): 89-93.
7. Gritsenko A.V., Burtsev A.Yu. Tehniko-ekonomicheskaya effektivnost' ot vnedreniya modernizirovannoi sistemy smazki turbokompressora. *Agro-Industrial Complex of Russia* 72-2 (2015): 39-45.
8. Burtsev A.Yu., Plaksin A.M., Gritsenko A.V. Povyshenie ekspluatatsionnoi nadezhnosti turbokompressorov dizelei traktorov. *Mater. LIV mezhdunar. nauch.-tehn. konferentsii "Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu"*. Chelyabinsk: ChGAA (2015): 27-33.
9. Gritsenko A.V., Plaksin A.M., Burtsev A.Yu. Issledovaniya vybega rotora turbokompressora TKR-11. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii* 1(13) (2015): 52-55.
10. Burtsev A.Yu., Plaksin A.M., Gritsenko A.V. Povyshenie ekspluatatsionnoi nadezhnosti turbokompressorov dizelei traktorov. *Agro-Industrial Complex of Russia* 72-1 (2015): 23-25.
11. Plaksin A.M. [i dr.] Diagnostirovanie sistemy vypuska dvigatelei vnutrennego sgoraniya putem kontrolya soprotivleniya vypusknogo trakta. *Fundamental'nye issledovaniya* 8, Part 8 (2014): 322-326.

12. Plaksin A.M. [i dr.] Prodlenie sroka sluzhby turbokompressorov avtotraktornoj tehniki primeneniem gidroakkumulyatora v sisteme smazki. *Fundamental'nye issledovaniya* 6, Part 4 (2014): 728-732.
13. Gritsenko A.V. [i dr.] Issledovanie protsessa vybega DVS legkovykh avtomobilei pri iskusstvennom formirovanii soprotivleniya. *Fundamental'nye issledovaniya* 11, Part 4 (2014): 749-753.
14. Plaksin A.M. [i dr.] Uvelichenie nadezhnosti turbokompressorov avtotraktornoj tehniki primeneniem gidroakkumulyatora. *Vestnik Krasnoyarskogo GAU* 8 (2014): 176-180.
15. Plaksin A.M., Gritsenko A.V., Burtsev A.Yu. Rezul'taty eksperimental'nyh issledovaniy vremeni vybega rotora turbokompressora TKR-11. *Agro-Industrial Complex of Russia* 70 (2014): 130-135.
16. Gritsenko A.V. Razrabotka sredstv i metodov diagnostirovaniya s chastichno parallel'nym rezervirovaniem elementov, a takzhe s ustraneniem lishnih diagnosticheskikh operatsii i diagnosticheskikh parametrov. *Vestnik KrasGAU* 7 (2012): 120-125.
17. Chernoiyanov V.I. [i dr.] Formirovanie investitsionnogo mehanizma v sfere tehnikeskogo servisa v sel'skom hozyaistve: monografiya. Moscow: GOSNITI, 2013. 298 p.
18. Gritsenko A.V. Kontsepsiya razvitiya metodov i sredstv diagnostirovaniya avtomobilei. *Mater. LII mezhdunar. nauch.-tehn. konf. "Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu"*. Chelyabinsk: ChGAA, Part III (2013): 42-49.
19. Gritsenko A.V., Kukov S.S. Obosnovanie i razrabotka effektivnykh sistem diagnostirovaniya dvigatelei vnutrennego sgoraniya mobil'nykh sel'skohozyaistvennykh mashin. *Mater. LII mezhdunar. nauch.-tehn. konf. "Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu"* Chelyabinsk: ChGAA, Part III (2012): 20-25.
20. Gritsenko A.V. Razrabotka metodov testovogo diagnostirovaniya rabotosposobnosti sistem pitaniya i smazki dvigatelei vnutrennego sgoraniya (eksperimental'naya i proizvodstvennaya realizatsiya na primere DVS avtomobilei): Dr. Sci. (Engineering) Dissertation. Chelyabinsk, 2014. 397 p.

Burtsev Alexander Yuryevich, post graduate student, the Chair "Operation of Machine and Tractor Fleet", South-Ural State Agrarian University (SUSAU), Institute of Agroengineering (IAE).
E-mail: burceval2009@yandex.ru.

Improving the efficiency of diagnosing feed systems when implementing new methods and means of testing

D. B. Vlasov

The paper presents the results of researching the output characteristics of electric pumps for the fuel system of vehicles, with a new method of test diagnostics for the fuel system components being developed. The fuel system is known to cause up to 20-30% of vehicle failures, and the failures of the fuel system are found to cause the 15-23% engine power decreasing and toxic discharging up to 5-10 times. The abnormal performance of the fuel system in most cases is due to: the use of improper fuel; low-skilled personnel responsible for conditioning, operation and maintenance of vehicles; the use of non-original low-quality spare parts. At the same time improving the power supply system of engines with fuel injection is aimed at ensuring their high environmental performance. It is possible due to precise fuel metering at all engine operating modes. Thus, for technical controlling of the fuel system a method based on load and stress testing is developed. The control of the technical state of electric fuel pumps is possible by measuring the difference between the crankshaft rotation speed when deactivating the sparking and fuel supply.

Keywords: fuel-supply system, testing, electric fuel pump, load testing, stress testing, technical condition, diagnostic parameter.

References

1. Sosnin D.A., Yakovlev V.F. Noveishie avtomobil'nye elektronnye sistemy. Moscow: SOLON-Press, 2005. 240 p.
2. Erohov V.I. Sistemy vpryska benzinovykh dvigatelei (konstruktsiya, raschet, diagnostika): uchebnyk dlja vuzov. Moscow: Goryachaya liniya – Telekom, 2011. 552 p.

3. Budyko Yu.I. [i dr.]. Apparatura vpryska legkogo topliva avtomobil'nyh dvigatelei. Leningrad: Mashinostroenie (Leningradskoe otdelenie), 1975. 192 p.
4. Erohov V.I., Makarova M.P. Algoritm i rezul'taty rascheta elektromagnitnoi forsunki benzino- vogo dvigatelya. *Izvestiya MGTU "MAMI"* 2 (2008): 14-19.
5. Vasil'ev Yu.A. Obosnovanie i razrabotka effektivnyh sistem tehničeskogo diagnostirovani- ya dlya mobil'nyh mashin sel'skohozyaistvennogo naznacheniya: Dr. Sci. (Engineering) Dissertation. Chelyabinsk, 1994. 309 p.
6. Bashta T.M. Raschety i konstruksii samoletnyh gidravlicheskih ustroystv. Izd. 3-e, pererab. i dop. Moscow: Gosudarstvennoe nauchno-tehničeskoe izdatel'stvo OBORONGIZ, 1961. 475 p.
7. Gritsenko A.V., Tsyganov K.A. Diagnostirovanie elektricheskikh benzonasosov avtomobilei. *Me- hanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyaistva* 4 (2013): 22-23.
8. Gritsenko A.V., Plaksin A.M. Diagnostirovanie sistemy pitaniya DVS. *Mehanizatsiya i elektrifi- katsiya sel'skogo hozyaistva* 1 (2014): 24-26.
9. Bakaikin D.D. Diagnostirovanie elektromagnitnyh forsunok benzinovyh dvigatelei avtomobilei, ekspluatiruemyh v sel'skom hozyaistve: Cand. Sci. (Engineering) Dissertation. Chelyabinsk, 2013. 124 p.
10. Gritsenko A.V. Razrabotka metodov testovogo diagnostirovaniya rabotosposobnosti sistem pitaniya i smazki dvigatelei vnutrennego sgoraniya (eksperimental'naya i proizvodstvennaya realizatsiya na primere DVS avtomobilei): Dr. Sci. (Engineering) Dissertation. Chelyabinsk, 2014. 397 p.
11. Plaksin A.M. [i dr.] Diagnostirovanie elektricheskikh benzinovyh nasosov po kompleksnym vy- hodnym parametram. *Fundamental'nye issledovaniya* 11, Part 12 (2014): 2610-2614.
12. Plaksin A.M., Gritsenko A.V., Lukomskii K.I., Volynkin V.V. Razrabotka metodov testovogo diagnostirovaniya rabotosposobnosti sistem toplivopodachi i smazki dvigatelei vnutrennego sgoraniya. *Agrarian Bulletin of the Urals* 7 (125) (2014): 51-58.
13. Patent 2418190 RU F 02 M 65/00. Sposob diagnostirovaniya sistemy toplivopodachi dvigatelya [A method of diagnosing the fuel supply system of an engine] /A.V.Gritsenko, D.D.Bakaikin, S.S.Kukov. № 2009123798; appl. 22.06.09; publ. 10.05.11, Bull. №13.
14. Patent 2477384 RU F 02 M 65/00. Sposob diagnostirovaniya sistemy toplivopodachi dvi- gatelya [A method of diagnosing electrical pumps of the fuel supply system of a vehicle] /A.V.Gritsenko, S.S.Kukov, K.A.Tsyganov, A.V.Gorbunov. № 2012109956; appl. 14.03.12; publ. 10.03.13, Bull. №7.
15. Gritsenko A.V. Diagnostirovanie sistem dvigatelya vnutrennego sgoraniya bestormoznym meto- dom s pereraspredeleniem tsilindrovyyh nagruzok. *Vestnik ChGAA* 58 (2011): 108-110.
16. Gritsenko A.V., Kukov S.S. Razrabotka effektivnyh sredstv i metodov diagnostirovaniya dvi- gatelei vnutrennego sgoraniya avtomobilei. *Vestnik ChGAA* 58 (2011): 111-117.
17. Gritsenko A.V., Bakaikin D.D., Kukov S.S. Sposob diagnostirovaniya sistemy toplivopodachi dvigatelei vnutrennego sgoraniya legkovyyh avtomobilei. *Vestnik ChGAA* 59 (2011): 30-32.
18. Gritsenko A.V. [i dr.] Rezul'taty issledovaniya vyhodnyh harakteristik elektricheskikh nasosov av- tomobilei pri imitatsii soprotivleniya v nagnetatel'nom toplivoprovode. *Fundamental'nye issledovaniya* 11, Part 5 (2014): 991-995.
19. Gritsenko A.V., Plaksin A.M. Optimizatsiya protsessa diagnostirovaniya avtotraktornoj tehnik- i minimizatsiei zatrat. *Vestnik ChGAA* 63 (2013): 42-46.

Vlasov Dmitry Borisovich, post graduate student, the Chair "Operation of Machine and Tractor Fleet", South-Ural State Agrarian University (SUSAU), Institute of Agroengineering (IAE).
E-mail: dimon.vlasoff2012@yandex.ru.

Mathematical modeling to study the influence of various factors on the accumulator performance

A. G. Vozmilov, E. A. Gumerova, A. A. Andreev, V. A. Kalmakov

The paper deals with the main types of accumulators and their characteristics, namely their capacity, voltage, service time, allowable charge and discharge currents, internal resistance and self-discharge, with the factors influencing the accumulator service life being also considered: the ambient temperature, depth of discharge, the charge-discharge dynamics, the number of working cycles.

To study the influence of these factors on the accumulator performance the scheme-based computer simulation technique. Thus, the authors study the model of an electrochemical cell with one RC unit to present the electrical equivalent circuit diagram and the equivalent circuit in the program Simulink. Each element of the circuit, the e.m.f. source, the resistor and capacitor of the RC unit and the resistor of the serial branch depend on the cell charge degree and the temperature. The initialization file, its operation and the data it contains are described. The possibilities of computer simulation to study the effects of various factors on the accumulator performance with the help of an experimental unit are visualized, with the elements composing it being specified and the simulation results being presented as the diagrams of current, voltage, charge degree and temperature to show the reaction of the model when charging and discharging currents change.

Keywords: accumulator, Li-ion accumulator computer simulation, Li-ion accumulator replacement scheme.

References

1. Himicheskii istochnik toka. Web. 1 Oct. 2015 <https://ru.wikipedia.org/wiki/Himicheskij_istochnik_toka>.
2. Svincovo-kislotnyi akkumulyator. Web. 1 Oct. 2015 <https://ru.wikipedia.org/wiki/Svincovo-kislotnyj_akkumuljator>.
3. Nikel'-metall-gidridnyi akkumulyator. Web. 1 Oct. 2015 <https://ru.wikipedia.org/wiki/Nikel'-metall-gidridnyj_akkumuljator>.
4. Litii-ionnyi akkumulyator. Web. 1 Oct. 2015 <https://ru.wikipedia.org/wiki/Litij-ionnyj_akkumuljator>.
5. Osnovnye harakteristiki akkumulyatorov. Web. 5 Oct. 2015 <http://www.solarhome.ru/ru/basics/batteries/ab_params.htm>.
6. Lithium Battery Failures. Web. 6 Oct. 2015 <http://www.mpoweruk.com/lithium_failures.htm>.
7. Battery Life (and Death). Web. 6 Oct. 2015 <<http://www.mpoweruk.com/life.htm>>.
8. Vozmilov A.G., Solomin E.V., Kalmakov V.A., Andreev A.A. Analiz prichin razbalansirovki akkumulyatornyh batarei. *Al'ternativnaya energetika i ekologiya* 11 (115) (2012): 65-68.
9. Matematicheskoe modelirovanie. Web. 9 Oct. 2015 <http://www.pedsovet.info/info/pages/referats/info_00002.htm>.
10. Komp'yuternoe modelirovanie. Web. 9 Oct. 2015 <https://ru.wikipedia.org/wiki/Komp'yuternoe_modelirovanie>.
11. Ilimbetov R.Yu., Kalmakov V.A., Andreev A.A., Tychenok N.P. Razrabotka eksperimental'nogo stenda dlya issledovaniya raboty nakopitelya energii vetroenergeticheskoi ustanovki. *Vestnik ChGAA* 70 (2014): 67-70.
12. Borisevich A.V. Modelirovanie litii-ionnyh akkumulyatorov dlya sistem upravleniya batareyami: obzor tekushhego sostoyaniya. *Sovremennaya tehnika i tehnologii* (2014). Web. 12 Oct. 2015 <<http://technology.snauka.ru/2014/05/3542>>.
13. Huria T., Ceraolo M., Gazzari J., Jackey R. High Fidelity Electrical Model with Thermal Dependence for Characterization and Simulation of High Power Lithium Battery Cells. *IEEE Electric Vehicle Conference*, 2012.
14. Lithium Battery Model, Simscape Language and Simulink Design Optimization. Web. 15 Oct. 2015 <<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/36019-lithium-battery-model--simscape-language-and-simulink-design-optimization>>.

Vozmilov Alexander Grigoryevich, Dr. Sci. (Engineering), Professor, the Chair "Electrical Equipment and Electronic Systems of Vehicles and Tractors", South Ural State University (National Research University).

E-mail: vozmaig44@rambler.ru.

Gumerova Ellina Azamatovna, undergraduate student, the Chair "Electrical Equipment and Electronic Systems of Vehicles and Tractors", South Ural State University (National Research University).

E-mail: 19.Elka.01@mail.ru.

Andreev Anton Andreevich, post graduate student, the Chair “Electrical Equipment and Electronic Systems of Vehicles and Tractors”, South Ural State University (National Research University).
E-mail: toxin711@rambler.ru.

Kalmykov Vyacheslav Alexandrovich, post graduate student, the Chair “Electrical Equipment and Electronic Systems of Vehicles and Tractors”, South Ural State University (National Research University).
E-mail: my.com@yandex.ru.

The development of Control system for electric cars according to the regulations “Formula Student Electric”

A. G. Vozmilov, R. Yu. Ilimbetov, A. V. Bakanov, S. A. Malyugin

The paper is concerned to developing the car electric drive according to the regulations «Formula Student Electric» dated by 2009. The paper presents a rather popular around the world (including Russia) students’ engineering competition «Formula Student», with all its series being considered to choose the designing of an electric car. The advantages and disadvantages of this type of transport are also mentioned, the urgency, specific options to choose the necessary number of electric motors, their arrangement and the type of control being also highlighted. As a result, various designs of an electric car and their features are analysed, the main and optional components of an electric car being specified and the urgency of designing the control system for independent drive of wheels being substantiated. The Simulink simulation environment of the Matlab software package is chosen to develop a mathematical model for the control system of an electric car.

Keywords: “Formula Student Electric”, electric car, control system for independent drive of wheels.

References

1. Formula student. Web. 10 Oct. 2015 < <http://www.formulastudent.com> >.
2. Reglament sorevnovanii «Formula Student». Web. 10 Oct. 2015 <<http://students.sae.org/cds/formulaseries/electric>>.
3. Kotiev G.O., Gorelov V.A., Mirosnichenko A.V. Sintez sistemy upravleniya tyagovymi elektrodvigatelyami dlya individual'nogo privoda vedushhih koles avtomobilya. *Electronic Journal “Science and Education of Bauman MSTU”* 12 (2011): 27-29.
4. Kozachenko V. Osnovnye tendentsii razvitiya vstroennyh sistem upravleniya dvigatelyami i trebovaniya k mikrokontrolleram. *Chipnews* 1 (1999): 2-9.
5. Andreev Ju.M. [i dr.] Elektricheskie mashiny v tyagovom avtonomnom elektroprivode. Moscow, 1979. 240 p., il.
6. Tranter A. Rukovodstvo po elektricheskomu oborudovaniyu avtomobilei. Saint Petersburg: Nauka, 2001. 283 p.
7. Klyuchev V.I., Terehov V.M. Elektroprivod i avtomatizatsiya obshepromyshlennyh mekhanizmov. Moscow, 1980. 358 p.
8. Afanas'ev B.A. [i dr.] Proektirovanie polnoprivodnyh kolesnyh mashin. Moscow: Izd-vo MGTU im. N.E.Baumana, Vol. 2, 2008. 528 p.
9. Yakovlev A.I. Konstruktsiya i raschet elektromotor-koles. Moscow: Mashinostroenie, 1970. 240 p.
10. Gul'tyaev A. Vizual'noe modelirovanie v srede MATLAB. Saint Petersburg, 2000. 432 p.
11. Udut L.S., Mal'tseva O.P., Koyain N.V. Proektirovanie i issledovanie avtomatizirovannyh elektroprivodov. Part I: Vvedenie v tehniku regulirovaniya lineinyh sistem. Tomsk: Izd-vo TPU, 2000. 144 p.

Vozmilov Alexander Grigoryevich, Dr. Sci. (Engineering), Professor, the Chair “Electrical Equipment and Electronic Systems of Vehicles and Tractors”, South Ural State University (National Research University).
E-mail: vozmaig44@rambler.ru.

Ilimbetov Rafael Yurikovich, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, the Chair “Electrical Equipment and Electronic Systems of Vehicles and Tractors”, South Ural State University (National Research University).

E-mail: ilimbay@yandex.ru.

Bakanov Alexander Vasilyevich, post graduate student, the Chair “Electrical Equipment and Electronic Systems of Vehicles and Tractors”, South Ural State University (National Research University).

E-mail: mc_correct@mail.ru.

Malyugin Sergey Alexandrovich, post graduate student, the Chair “Electrical Equipment and Electronic Systems of Vehicles and Tractors”, South Ural State University (National Research University).

E-mail: chelboy174@mail.ru.

Numerical investigation of the stressed state of a bracket and a way of its calculation using the formulae of the elasticity theory

V. A. Zhilkin

There hardly exists an element in the construction of machines and mechanisms that is more common than the bracket. It is a cantilevered bearing part that serves to mount machine parts or structures projecting or moved out in any direction and ending with an eye for bolting. Dashboards of an aircraft: rudders, elevators, ailerons, trimming tabs, damper lifts, some types of devices for wing mechanization: cover sheets, wing flaps, leaves of chassis and cargo hatches and other items are connected to the stationary parts of the aircraft structure with hinge fixing, the main elements of which are brackets. Hinge joints and connections are the most responsible structural components a relatively short service life due to high stresses. A rigorous analytical calculation of a large number of contact problems for calculating hinge joints with methods of the elasticity and plasticity theories is difficult because of the complex geometry, the need to consider the stress concentration occurring near the hole, and plastic deformations to be taken into account at the same time. The solution to these problems with the methods of strength of materials leads to very approximate results. In domestic and foreign practice to design vehicles experimental results and numerical methods to calculate such joints are mainly used due to software such as MSC Patran-Nastran-Marc proved to be very useful in engineering practice. This paper presents the results of numerical solution of the problem of the stressed state of a particular bracket in the software product MSC Patran-Nastran. The calculation results are compared with the values found by the formulae of the elasticity theory and for finding strength of materials. To analyse the stressed state of the bracket plate away from the eye the formulae of the elasticity theory are recommended to be applied as they are obtained for wedge loaded at the top with concentrated forces and a pair of forces.

Keywords: bracket, analyse of stressed state, strength of materials, elasticity theory, numerical methods, MSC Patran-Nastran.

References

1. Voit E.S., Eidogur A.I., Melik-Sarkisyan Z.A., Alyavdin I.M. Proektirovanie konstruktssii samoletov. Moscow: Mashinostroenie, 1987. 416 p.
2. Suharev I.P. Prochnost' sharnirnyh uzlov mashin. Moscow: Mashinostroenie, 1977. 168 p.
3. Mainskov V.N. [i dr.] Raschet i proektirovanie proushin. Samara: Samar. gos. aerokosm. un-t im. S.P. Koroleva (nats. issled. un-t), 2011. 28 p.
4. Mainskov V.N. [i dr.] Raschet i proektirovanie soedinenii “uho-vilka. Samara: Samar. gos. aerokosm. un-t im. S.P.Koroleva (nats. issled. un-t), 2011. 33 p.
5. Prohorov A.G., Peresyphkin K.V. Elektronnaya forma primerov vypolneniya i oformleniya laboratornyh rabot po discipline “Komp'yuternyi inzhenernyi analiz”. Samara: Samar. gos. aerokosm. un-t im. S.P.Koroleva (nats. issled. un-t), 2010. 131 p.
6. Zhilkin V.A. Azbuka inzhenernyh raschetov v MSC Patran-Nastran-Marc. Chelyabinsk; Saint Petersburg: ChGAA; Prospekt nauki, 2013. 574 p.

Zhilkin Vitaly Afanasyevitch, Dr. Sci. (Engineering), Professor, the Chair of Information Technologies and Applied Mathematics, South-Ural State Agrarian University (SUSAU), Institute of Agroengineering (IAE).

E-mail: Zhilkin_Vitalii@mail.ru.

The stress state numerical investigation of wood samples for shearing parallel to fibers

V. A. Zhilkin

When evaluating the usefulness of data on physical and mechanical properties of anisotropic materials for structural design, the scientifically substantiated data on their strength and stiffness at simple loads (tension, compression, bending, shearing) are to be firstly obtained. When developing test methods for shearing anisotropic materials, it is necessary to create favourable conditions for destructing samples only due to occurring shearing stresses. The precise knowledge of wood mechanical properties is a fundamental requirement when using it as a competitive structural material. However, because of its natural variability, heterogeneity and anisotropy the valid experimental determination of wood mechanical properties is still an open question. There exist more than 30 ways to test wood for shearing parallel to fibers. In the middle of the last century, the data on its stress state in the shear plane of anisotropic materials are known to be obtained due to isotropic (according to their mechanical properties) piezooptic materials taken as samples. The disadvantages of such simulations are known to be eliminated due to the photoelastic coating technique, but there still remained one disadvantage: the coating rigidity distorted the values of measured parameters. In 1967 Iosipescu proposed a test method for shearing isotropic materials (metals) to provide theoretically a uniform stress state in a dangerous section of a sample. Then there followed numerous investigations to assess the applicability of Iosipescu technique for wood and composite materials. And the investigations proved the homogeneous stress state in the working part of the sample for anisotropic materials not to be obtained as in the corners of grooves there occurred stress concentrations. This paper is devoted to investigating the stress state around the shearing plane for the most common pine wood samples according to the finite element method applied in the software product MSC Patran-Nastran-Marc.

Keywords: anisotropy, orthotropic material, wood, chipping, photoelastic coating, finite element method, MSC Patran-Nastran-Marc.

References

1. Kollmann F., Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, Bd. 1, 2. Berlin, 1951. 1048 p.
2. Belyankin F.P. Prochnost' drevesiny pri skalyvanii vdol' volokon. Kiev: Znanie, 1955. 256 p.
3. Sasaki H. Маки Т. Stress Analysis of Wood, Second Trial with a Photoelastic Method, *Wood Science and Technology* Vol. 3, 1968.
4. Zhilkin V.A., Korotkov A.V. Issledovanie metodom fotouprugih pokrytii deformirovannogo sostoyaniya standartnyh obrazcov na skalyvanie. *Izv. vuzov. Ser.: Stroitel'stvo i arhitektura*, 4 (1971): 176-179.
5. Zhilkin V.A. Otsenka tochnosti issledovaniya napryazhennogo sostoyaniya elementov derevyannyh konstruktсии metodom fotouprugih pokrytii. *Vestnik ChGAA* 61 (2012): 63-70.
6. Iosipescu N. New Accurate Procedure for Single Shear Testing of Metals, *Journal of Materials* Vol. 2, No. 3, Sept. 1967, pp. 537-566.
7. Adams D.F., Walrath D.E. Iosipescu shear properties of SMC composite materials. In: *Composite materials: testing and design* (Sixth Conference) (ASTMSTP 787). Philadelphia: ASTM, 1982. p.19-33.
8. Adams D.F., Walrath D.E. Further developments of the Iosipescu shear test method. *Exp Mech* 1987; 27(2): 113-9.
9. ASTM D 5379-93, Test method for shear properties of composite materials by the V-notched beam method. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials; 1993.
10. Vinson Zh.R., Sirakovskii R.L. Povedenie konstruktсии iz kompozitsionnyh materialov. Moscow, 1991. 264 p.
11. Janowiak J.J., Pellerin R.F. Iosipescu shear test apparatus applied to wood composites. *Wood and Fiber Science*, 23(3), 1991, pp. 410-418.

12. Bogomolov A.V., Fedchuk V.K. O praktike otsenki prochnosti nemetallicheskih voloknistyh kompozitsionnyh materialov pri vysokih temperaturah. *Problemy prochnosti* 2 (2003): 143-146.

13. Xaviera J.C., Garridob N.M., Oliveirab M., Moraisa J.L., Camanhoc P.P., Pierrond F. A comparison between the Iosipescu and off-axis shear test methods for the characterization of Pinus Pinaster Ait. *Composites: Part A: applied science and manufacturing*, 35 (2004): 827-840.

14. Niklas Melin. The modified Iosipescu shear test for orthotropic materials. Doctoral thesis no. 72. Department of Solid Mechanics Royal Institute of Technology SE-100 44 Stockholm, Sweden, 2008. 37 p.

15. Suna Y.T., Shia D.Q., Yanga X.G., Mia C.H., Fengb J., Jiangb Y.G. Stress State Analysis of Iosipescu Shear Specimens for Aerogel Composite with Different Properties in Tension and Compression. *Procedia Engineering* 67 (2013): 517-524.

16. GOST 16483.5-73. Metody opredeleniya predela prochnosti pri skalyvanii vdol' volokon.

17. GOST 20182-74. Konstruktsii asbestotsementnye kleevye. Metod opredeleniya prochnosti kleevyh soedinenii pri sdvige.

18. RF Patent 2295717. Sposob ispytaniya derevyannyh stroitel'nyh konstruktsii na skalyvanie vdol' volokon [A test method of wooden structures for shearing parallel to fibers] /A.L.Tokmakov; publ. 20.03.2007.

19. Ashkenazi E.K., Ganov E.V. Anizotropiya konstruktsionnyh materialov. Leningrad: Mashinostroenie, 1980. 247 p.

20. Lehnickii S.G. Teoriya uprugosti anizotropnogo tela. Moscow: Nauka, 1977. 416 p.

Zhilkin Vitaly Afanasyevitch, Dr. Sci. (Engineering), Professor, the Chair of Information Technologies and Applied Mathematics, South-Ural State Agrarian University (SUSAU), Institute of Agroengineering (IAE).

E-mail: Zhilkin_Vitalii@mail.ru.

The review of existing combinations for appliances and their effect on driving information content

R. Yu. Ilimbetov, E. A. Senchenko, D. V. Astafyev, G. N. Salimonenko

The article is devoted to examining the requirements for modern motor-car combinations of appliances. These requirements make it possible to improve the information content of the instrumentation panel to reduce the time necessary to obtain the information from the appliances in modern vehicles. According to the requirements, a number of factors affecting the driver's (operator) perception of the information from the combined appliances of a vehicle are suggested. Each of the proposed factors is examined, its influence on the information content of the instrumentation panel, the criteria of the colour gamma influence on the psychological perception of information, the information field structure, the method of highlighting information being studied. As an example of lighting and decorating a dashboard the authors consider the designs that modern manufacturers of cars and trucks prefer as well as the combinations of appliances for specialized machines, with the combination of appliances used for modern domestic trucks KamAZ-63968. Thus, the authors draw the following conclusion: the correct combination and arrangement of appliances are highly important for modern vehicles.

Keywords: instrument cluster, dashboard, colors, KAMAZ-63968, informative, display, illumination, display symbols, warm and cool colors, pointer instruments, digital instruments.

References

1. Avtomobil'nye kombinatsii priborov na osnove elektronnyh indikatorov. Web. 22 Oct. 2015 <<http://studik.net/avtomobilnye-paneli-priborov-na-osnove-elektronnyx-indikatorov>>.

2. Stepanov I.S. [i dr.] Avtomobili i traktory. Osnovy ergonomiki i dizaina. Moscow: MGTU «MAMI», 230 p.

3. Sosnin D.A., Yakovlev V.F. Noveishie avtomobil'nye elektronnye. Moscow, 2005. 240 p.

4. Teoriya tsveta. Teplye i holodnye tsveta. Web. 22 Oct. 2015 <<http://color-harmony.livejournal.com/649.html>>.

5. Vliyaniya tsvetov na vospriyatie informatsii. Web. 22 Oct. 2015 <<http://converlab.com/2010/05/vlijanie-cvetov-sajta-na-ego-vospriyatie>>.

6. Nikulova G.A. Tsvetovoe oformlenie uchebnyh materialov i vliyanie na vospriyatie informatsii. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo gumanitarnogo pedagogicheskogo universiteta* 2 (2006).

7. Avtomobil' KamAZ-63968. Web. 22 Oct. 2015 <<http://www.zr.ru/content/articles/678366-bro-neavtomobili-tajfun-sdelaj-ku>>.

8. Caterpillar Harvesters. John Deere 903KH. Web. 23 Oct. 2015 <<http://forestry.u-st.ru/catalog/gusenichnye-kharvestery/kharvester-john-deere-903kh>>.

Ilimbetov Rafael Yurikovich, Cand. Sci. (Engineering), the Chair «Electrical Equipment and Electronic Systems of Vehicles and Tractors», South Ural State University (National Research University).

E-mail: ilimbay@yandex.ru.

Astafyev Dmitry Vladimirovich, Cand. Sci. (Engineering), the Chair «Electrical Equipment and Electronic Systems of Vehicles and Tractors», South Ural State University (National Research University).

E-mail: dim_as@rambler.ru

Senchenko Yevgeny Alexandrovich, undergraduate student, the Chair «Electrical Equipment and Electronic Systems of Vehicles and Tractors», South Ural State University (National Research University).

E-mail: Evgen9499@yandex.ru.

Salimonenko Grigory Nikolayevich, undergraduate student, the Chair «Electrical Equipment and Electronic Systems of Vehicles and Tractors», South Ural State University (National Research University).

E-mail: XVS1100TLC100@mail.ru.

Diagnosing the ICE cylinder-piston group

R. Ya. Ismagilov, S. S. Kukov

The article presents a new method of diagnosing the cylinder-piston group of an internal combustion engine. Their ordinary operation shows a considerable decline of their resource parameters up to 20-50%, with the failures caused by the cylinder-piston group being 13% of the total number. However, the excessive wear of the crank mechanism leads to failures of the cylinder-piston group components, with the total number of failures being 25% in this case. The analysis of diagnostic techniques and devices reveals the requirements for diagnosing, with the most proper device to be a miniscope (USB Autoscope, Postolovsky oscilloscope) to determine the cylinder wear according to the pressure signal falling. Thus, the faster the pressure drops from the upper dead point, the greater is the leakage in the cylinder-piston group.

Keywords: diagnosis, cylinder-piston group, testing, diagnostic parameters, modes.

References

1. Sosnin D.A., Yakovlev V.F. Noveishie avtomobil'nye elektronnye sistemy. Moscow: SOLON-Press, 2005. 240 p.

2. D'yachenko V.G. Teoriya dvigatelei vnutrennego sgoraniya. Kharkov: HNADU, 2009. 340 p.

3. Draganov B.H. [i dr.]. Konstruirovaniye vpusknyh i vypusknyh kanalov dvigatelei vnutrennego sgoraniya. K.: Vyssh. shk., 1987. 175 p.

4. Glemba K.V., Glemba V.K. Ekologicheskie aspekty i puti sovershenstvovaniya raboty dizel'nogo DVS. *Mater. LII mezhdunar. nauch.-tehn. konf. "Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu"* Chelyabinsk: ChGAA, Part IV (2013): 114-121.

5. Gritsenko A.V. Metod diagnostirovaniya gazoraspredelel'nogo mehanizma po parametram rashoda vozduha i faz gazoraspredelelyeniya DVS. *Vestnik ChGAA* 62 (2012): 32-34.

6. Gritsenko A.V., Larin O. N., Glemba K. V. Diagnostirovaniye datchikov massovogo rashoda vozduha legkovykh avtomobilei. *Bulletin of the SUSU. Ser.: Mashinostroeniye* 13 №2 (2013): 113-118.

7. Gritsenko A.V. [i dr.] *Metody i sredstva testovogo diagnostirovaniya sistemy pitaniya dvigatelei vnutrennego sgoraniya avtomobilei. Tehnologicheskie rekomendatsii*. Moscow: GOSNITI, 2013. 40 p.
8. Chernoiyanov V.I. [i dr.] *Formirovanie investitsionnogo mehanizma v sfere tehnikeskogo servisa v sel'skom hozyaistve*. Moscow: GOSNITI, 2013. 298 p.
9. Gritsenko A.V. *Razrabotka metodov testovogo diagnostirovaniya rabotosposobnosti sistem pitaniya i smazki dvigatelei vnutrennego sgoraniya (eksperimental'naya i proizvodstvennaya realizatsiya na primere DVS avtomobilei)*: Dr. Sci. (Engineering) Dissertation. Chelyabinsk, 2014. 397 p.
10. Gritsenko A.V. *Razrabotka metodov testovogo diagnostirovaniya rabotosposobnosti sistem pitaniya i smazki dvigatelei vnutrennego sgoraniya (eksperimental'naya i proizvodstvennaya realizatsiya na primere DVS avtomobilei)*: extended abstract of Dr. Sci. (Engineering) Dissertation. Chelyabinsk, 2014. 40 p.
11. Gritsenko A.V. *Diagnostirovanie podshipnikov krivoshipno-shatunnogo mehanizma dvigatelya vnutrennego sgoraniya po parametram pul'satsii davleniya v tsentral'noi maslyanoi magistrali*: Cand. Sci. (Engineering) Dissertation. Chelyabinsk, 2009. 189 p.
12. Plaksin A.M., Gritsenko A.V. *Razrabotka sredstv i metodov testovogo diagnostirovaniya mashin. Vestnik KrasGAU* 12 (2013): 123-128.
13. Gritsenko A.V., Plaksin A.M., Tsyganov K.A. *Kontseptual'nye voprosy razrabotki testovykh sistem diagnostirovaniya mobil'nykh energeticheskikh sredstv. Vestnik ChGAA* 65 (2013): 9-19.
14. Gritsenko A.V., Plaksin A.M. *Diagnostirovanie sistemy pitaniya DVS. Mehanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyaistva* 1 (2014): 24-26.
15. Gritsenko A.V., Kukov S.S. *Diagnostirovanie sistem DVS na testovykh staticheskikh rezhimakh. Vestnik ChGAA* 61 (2012): 31-38.
16. Gritsenko A.V. *Diagnostirovanie sistem dvigatelya vnutrennego sgoraniya bestormoznym metodom s pereraspredeleniem tsilindrovyykh nagruzok. Vestnik ChGAA* 58 (2011): 108-110.
17. Gritsenko A.V., Kukov S.S. *Razrabotka effektivnykh sredstv i metodov diagnostirovaniya dvigatelei vnutrennego sgoraniya avtomobilei. Vestnik ChGAA* 58 (2011): 111-117.
18. Gritsenko A.V., Bakaikin D.D., Kukov S.S. *Sposob diagnostirovaniya sistemy toplivopodachi dvigatelei vnutrennego sgoraniya legkovyykh avtomobilei. Vestnik ChGAA* 59 (2011): 30-32.
19. Gritsenko A.V. *Razrabotka sredstv i metodov diagnostirovaniya s chastichno parallel'nym rezervirovaniem elementov, a takzhe s ustraneniem lishnih diagnosticheskikh operatsii i diagnosticheskikh parametrov. Vestnik KrasGAU* 7 (2012): 120-125.
20. Gritsenko A.V. *Konceptsiya razvitiya metodov i sredstv diagnostirovaniya avtomobilei. Mater. LII mezhdunar. nauch.-tehn. konf. «Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu»*. Chelyabinsk: ChGAA, Part III (2013): 42-49.
21. Gritsenko A.V., Kukov S.S. *Obosnovanie i razrabotka effektivnykh sistem diagnostirovaniya dvigatelei vnutrennego sgoraniya mobil'nykh sel'skohozyaistvennykh mashin. Mater. LI mezhdunar. nauch.-tehn. konf. «Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu»*. Chelyabinsk: ChGAA, Part III (2012): 20-25.

Ismagilov Roman Yagyfarovich, undergraduate, the Chair “Operation of Machine and Tractor Fleet”, South-Ural State Agrarian University (SUSAU), Institute of Agroengineering (IAE).

E-mail: roma-ninja@rambler.ru.

Kukov Stanislav Semenovich, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, the Chair “Transport Operation and Industrial Training”, South-Ural State Agrarian University (SUSAU), Institute of Agroengineering (IAE).

E-mail: kukov24@mail.ru.

Specifics of using specialized vehicles when transporting perishable foodstuffs

V. V. Kachurin

The paper deals with the results of studying the effectiveness of using and efficiency of specialized vehicles when transporting perishable foodstuffs in Chelyabinsk and Chelyabinsk region. Thus,

the technological basis of transport companies when delivering cargo is found to be specialized vehicles with refrigeration equipment to preserve consumer characteristics of perishable foodstuffs during deliveries. The reduced effectiveness of using specialized vehicles is due to their low reliability. The average mileage between failures for vehicles of the fleet of LCD "AvtoTrans" hardly exceeds 300 kilometers. Of all the vehicles in the fleet of LCD "AvtoTrans" the ZIL trucks have the lowest mean time between failures (MTBF), i.e. 132 km/failure, with the Scania vehicles differing from the others with their largest MTBF (681 km/failure). The total number of failures of the fleet in 2015 amounts to 3133, the Fiat vehicles leading in the number of failures (39%). The number of failures caused by components for specialized units is determined to have a cyclical nature as the load increases in May and December. Thus, the main direction for engineering services of automobile companies is to be the creation of specialized repair units with 2-3 locksmiths, necessary equipment and an exchange fund of spare parts to eliminate consequences of failures and components to recondition machines. The statistical data on MTBF, the number and structure of failures, the average mileage of vehicles are presented.

Keywords: specialized vehicles, mean time between failures (MTBF), perishable foodstuffs, street and road network.

References

1. Osobennosti perevozki pishchevyykh produktov. Web. 11 Nov. 2015 <<http://www.charoit.net>>.
2. Perevozka produktov pitaniya: trebovaniya k processu. Web. 11 Nov. 2015 <<http://www.gt-pereezd.ru>>.
3. Federal'nyi zakon ot 2 yanvarya 2000 g. № 29-FZ "O kachestve i bezopasnosti pishhevyykh produktov".
4. Sanitarnye pravila perevozki produktov. Web. 11 Nov. 2015 <<http://host.net>>.
5. Petrova A.P. Normativnoe regulirovanie transportirovaniya skoroportyaschihsya produktov. *Mysnyye tehnologii* 2 (2011): 40-42.
6. Kachurin V.V. Upravlenie nadyozhnost'yu specializirovannogo transporta pri perevozke skoroportyaschihsya gruzov. *Vestnik ChGAA* 71 (2015): 49-57.
7. SP 2.3.6.1066-01. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k organizatsiyam tovgovli i oborotu v nih prodovol'stvennogo syr'ya i pishchevyykh produktov. Moscow, 2001. 36 p.
8. Lobanov E.M. Transportnye problemy sovremennykh bol'shih gorodov. *Transport Rossiiskoi Federatsii* 1 (2005): 29-31.
9. Es'kova I.A. Osobennosti dostavki skoroportyaschihsya molochnykh produktov v usloviyah megapolisa. *Logistika* 10 (2012): 44-46.
10. Kachurin V.V. Bezotkaznost' kombinirovannykh agregatov na seve. *Vestnik ChGAA* 71 (2015): 49-57.
11. Dzyuba I.S. Perevozka skoroportyaschihsya gruzov: posob. dlya kurs. i diplomnogo proektirovaniya. Gomel': BelGUT, 1999. 22 p.
12. Plaksin A.M., Kachurin V.V. Pokazateli ispol'zovaniya i ekspluatatsionnoi nadyozhnosti posevnykh kombinirovannykh agregatov. *Vestnik ChGAA* 69 (2014): 63-70.
13. Instruktivnye ukazaniya i prakticheskie rekomendatsii po perevozkam skoroportyaschihsya gruzov i ekspluatatsii refrizheratornykh sektsii. Minsk, 1989. 340 p.
14. Pravila perevozki gruzov. Moscow: Transport, 1986. Part 1. 304 p.
15. Perevozka skoroportyaschihsya gruzov: spravochnik. Moscow: Transport, 1986. 304 p.

Kachurin Vitaly Vladimirovich, assistant of the Chair "Metal Technology, Engineering and Metrology", South-Ural State Agrarian University.
E-mail: kachurin-vv@yandex.ru.

The problems of using milk tanks for primary cooling

A. N. Kozlov

The paper deals with the problem of preserving the quality of raw cow milk and its complying with the main interstate standards for dairy products. The experiments were conducted in a number of enterprises in Chely-

abinsk region. The initial quality of milk is found to be preserved when it is intensely cooled only during the first stage of its production. As there exist a number of tanks offered by manufacturers with various technological modes for milk cooling on farms, the tanks for milk cooling with the water previously chilled with the ice on the evaporator walls (the P1 type) and directly through the evaporator wall (the P2 type) are considered. These tanks have a number of advantages and disadvantages. When investigating tanks of the P1 type and their temperature modes for heating ice water and milk cooling during cows' milking, the cooling below +4 deg. due to ice water entering the tank is found to occur only within the first 20...30 minutes' period. The temperature in the tank for milk cooling further does not exceed +10 deg., within the storage period the milk temperature not falling below +10 deg. The two- and threefold milking mode is proved not to affect the milk cooling temperature mode in the tank. The water has no time to cool up to 0 deg. and, on the contrary, during the milk cooling it is gradually heated. The cooling unit comes into operation at the beginning of the milking process, continues to operate during the intervals of milking and operates 16-20 hours per day. In tanks of the P1 type raw cow milk is cooled during milking from 32 up to 15-16 deg., and up to the predetermined temperature (4 deg.) during 20...30 minutes after milking. The investigations reveal the quality of raw milk (4 deg.) in coolers of the P1 type to be preserved at low electricity costs (up to 10 kWh). Cooling units in tanks of the P2 type operate only during milking (5-8 hours per day) and provide significant energy saving.

Keywords: raw cow milk, tank, ice-chilled water, coolant cooling, refrigerant cooling.

References

1. Sushkov S.Yu. Strategiya razvitiya Chelyabinskoy oblasti v sfere agropromyshlennogo kompleksa. *Agro-Industrial Complex of Russia 72-2* (2015): 9-12.
2. Bochkareva T.Yu. Otsenka faktorov, opredelyayuschih razvitie molochnoi otrasli. *Vestnik ChGAA* 63 (2013): 122-124.
3. Yurova E.A. Kontrol' molochnogo syr'ya. Sovremennye trebovaniya, printsipy i podhody. *Molochnaya promyshlennost'* 4 (2015): 11-12.
4. Kozlov A.N. Povyshenie rabotosposobnosti doil'noi ustanovki. *Vestnik ChGAA* 66 (2013): 42-47.
5. Kozlov A.N. Effektivnost' mehanicheskoi stimulyatsii korov v protsesse molokootdachi. *Agro-Industrial Complex of Russia 72-2* (2015): 57-62.
6. Kozlov N.A., Timirbaeva A.I. Povyshenie tochnosti i dostovernoi otsenki zhestkosti soskovoi reziny doil'nyh apparatov. *Vestnik ChGAA* 68 (2014): 98-104.
7. Builova L.A. [i dr.] Na chto vliyaet sposob ohlazhdeniya moloka na ferme. *Molochnaya promyshlennost'* 5 (2009): 75+.
8. Dmitriev D.N., Prokopenko G.V. Generatory ledyanoi vody: vse vygody novyh tehnologii. *Molochnaya promyshlennost'* 1 (2015): 27+.
9. Margelov G. Ledyanaya voda i akkumulyatory holoda. *Molochnaya promyshlennost'* 5 (2009): 38+.
10. Semenchuk S.M. Ledyanaya voda: mify i real'nost'. *Molochnaya promyshlennost'* 5 (2009): 34-35.
11. Popov A.V., Dvurechenskii I.V. Innovatsionnoe oborudovanie dlya pervichnoi obrabotki moloka: razrabotka i ekspluatatsiya. *Molochnaya promyshlennost'* 11 (2009): 62-64.

Kozlov Alexander Nikolayevich, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, South-Ural State Agrarian University (SUSAU).
E-mail: alkoz2@yandex.ru.

The design of the traction electric drive for electric cars «Formula Student Electric»

D. S. Korobkov, G. R. Khaziev, V. B. Prisyolkov, S. A. Malyugin

The paper is concerned to possible designs of car traction electric drives according to the regulations «Formula Student Electric». A racing car is to have high dynamic properties, and that can be achieved in a variety of ways. Thus, the advantages and disadvantages of the following designs are analysed: a central motor plus a reducer plus a mechanical cross-axle differential; two onboard motors (one for each driving

wheel); electric motor-wheels (with sub-variants with two and four motor-wheels). The following results are presented: the examples of using of different designs are given, the design scheme with the central motor is examined, with the electric motor-wheel design to preserve high dynamic electric properties being proposed. However, there are some difficulties that may occur when implementing the proposed scheme. They are also revealed.

Keywords: electric car, “Formula Student Electric”, electrician, traction electric drive, motor-wheel.

References

1. Reglament “Formula Student Electric” (FSE). Web. 11 Nov. 2015 <<http://mylektsii.ru/3-5584.html>>.
2. RF Patent № 2146623. Privod elektromobilya / A.D.Elizov [i dr.]. Web. 10 Oct. 2015 <<http://www.freepatent.ru/patents/2146623>>.
3. Elektricheskii avtomobil’. Web. 11 Nov. 2015 <<http://systemsauto.ru/engine/electric-car.html>>.
4. Korobkov D.S. Razrabotka i issledovanie elektrobolida s uchetom reglamenta “Formula student”: dis. 2015.
5. Ustrojstvo i demonstratsiya raboty motor-kolesa Michelin. Web. 2 Nov. 2015 <[http://autoeco.info/motwh.php,ustrojstvo motor kolesa](http://autoeco.info/motwh.php,ustrojstvo%20motor%20kolesa)>.
6. Nemetskie studenty razognali elektromobil’ “do sotni” menee chem za dve sekundy. Web. 2 Nov. 2015 <<http://www.kolesa.ru/news>>.
7. Staduhin A.A., Sarach E.B. Perspektivy primeneniya tyagovogo elektroprivoda na gusenichnyh mashinah. *The Science and Innovations* 10 (22) (2013): 49+.
8. Sergienko A.N., Lyubarskii B.G., Samorodov V.B., Sergienko N.E. Analiz konstruktsii elektromekhanicheskikh preobrazovatelei i vybor shemy elektroamortizatora nepodressorenykh mass transportnogo sredstva. *Avtomobil’nyi transport* 31 (2012): 18+.

Korobkov Denis Sergeevich, post graduate student, the Chair “Electrical Equipment and Electronic Systems of Vehicles and Tractors”, South Ural State University (National Research University).
E-mail: denkorobkov@yandex.ru.

Khaziev Gleb Romanovich, student of the Motor-and-Tractor Department, South Ural State University (National Research University).
E-mail: glebhaziev@gmail.com.

Prisyolkov Vladislav Borisovich, undergraduate student, South Ural State University (National Research University).
E-mail: priselkoff@yandex.ru.

Malyugin Sergey Alexandrovich, post graduate student, the Chair “Electrical Equipment and Electronic Systems of Vehicles and Tractors”, South Ural State University (National Research University).
E-mail: chelboy174@mail.ru.

Controlling the resistance of the ICE exhaust system

N. E. Koshelev

The author presents a new method of diagnosing the exhaust system of vehicles and a device for its implementation. Failures of exhaust monitoring systems are known to be the most frequent, and the analysis of the elements of the exhaust system proves catalytic converters and oxygen sensors to be the most vulnerable and easy to fail. The analysed methods and means of diagnostics reveal the following: the most promising direction is the development of test methods for diagnosing the exhaust system. When diagnosing, it is necessary to analyse separate parts of the cylinder gas amount according to the crank shaft angle when test loading, with the test input being the full and partial shutdown of sparking and fuel

supply in the engine cylinder to be diagnosed. And the balance of the indicated (horse) power and the friction horsepower characterize of the technical state of the internal combustion engine (ICE). This balance is determined by the set value of the ICE speed for the predetermined test mode, with the IEC crankshaft overrun and the ICE exhaust system resistance being also estimated. When using the data of diagnostic parameters, the diagnosis allows determining the technical state of the exhaust system with high reliability. The studies result in the RF patent № 2011139288 for the developed method and the devices for its implementation.

Keywords: exhaust system diagnostics, diagnostic parameters, catalytic converter, oxygen sensor, exhaust system resistance.

References

1. Grebennikov A.S. Diagnostirovanie avtotraktornykh dvigatelei po vnutritsiklovym izmeneniyam uglovoi skorosti kolenchatogo vala: Dr. Sci. (Engineering) Dissertation. Saratov, 2002. 292 p.
2. Ivanov R.V. Diagnostirovanie DVS po parametru moschnosti mekhanicheskikh poter': extended abstract of Cand. Sci. (Engineering) Dissertation. Volgograd, 2010. 40 p.
3. Leshakov I.A., Kravchenko I.N., Erofeev M.N. Matematicheskaya model' rascheta osnovnykh parametrov kataliticheskikh neutralizatorov. *Sovremennyye naukoemkie tekhnologii* 5 (2013): 76-80.
4. Gaidar S.M., Svechnikov V.N., Usmanov A.Yu., Ivanov M.I. Uluchshenie ekspluatatsionnykh kharakteristik dvigatelya s primeneniem nanotekhnologii. *Trudy GOSNITI* 111 (2013): 4-8.
5. Isaenko P.V., Isaenko V.D. K raschetu gidravlicheskogo soprotivleniya ochistitelya-neutralizatora dlya sistem vypuska otrabotavshikh gazov mashin avtotransportnogo kompleksa. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta* 1 (2006): 95-106.
6. Isaenko V.D., Isaenko A.V., Isaenko P.V. Osnovy teorii nadezhnosti i diagnostika avtomobilei. Tomsk State University of Architecture and Building, 2007. 238 p.
7. Gritsenko A.V. Razrabotka metodov testovogo diagnostirovaniya rabotosposobnosti sistem pitaniya i smazki dvigatelei vnutrennego sgoraniya (eksperimental'naya i proizvodstvennaya realizatsiya na primere DVS avtomobilei): Dr. Sci. (Engineering) Dissertation. Chelyabinsk, 2014. 397 p.
8. Gritsenko A.V. Razrabotka metodov testovogo diagnostirovaniya rabotosposobnosti sistem pitaniya i smazki dvigatelei vnutrennego sgoraniya (eksperimental'naya i proizvodstvennaya realizatsiya na primere DVS avtomobilei): extended abstract of Dr. Sci. (Engineering) Dissertation. Chelyabinsk, 2014. 40 p.
9. Gritsenko A.V. Diagnostirovanie podshipnikov krivoshipno-shatunnogo mekhanizma dvigatelya vnutrennego sgoraniya po parametram pul'satsii davleniya v tsentral'noi maslyanoi magistrali: Cand. Sci. (Engineering) Dissertation. Chelyabinsk, 2009. 189 p.
10. Plaksin A.M., Gritsenko A.V., Lukomskii K.I., Volynkin V.V. Razrabotka metodov testovogo diagnostirovaniya rabotosposobnosti sistem toplivopodachi i smazki dvigatelei vnutrennego sgoraniya. *Agrarian Bulletin of the Urals* 7(125) (2014): 51-58.
11. Plaksin A.M. [i dr.] Diagnostirovanie sistemy vypuska dvigatelei vnutrennego sgoraniya putem kontrolya soprotivleniya vypusknogo trakta. *Fundamental'nye issledovaniya* 8, Part 2 (2014): 322-326.
12. Plaksin A.M. [i dr.] Diagnostirovanie sistemy vpuska dvigatelei vnutrennego sgoraniya metodami testovogo diagnostirovaniya. *Fundamental'nye issledovaniya* 8, Part 5 (2014): 1053-1057.
13. Plaksin A.M., Gritsenko A.V. Razrabotka sredstv i metodov testovogo diagnostirovaniya mashin. *Vestnik KrasGAU* 12 (2013): 123-128.
14. RF Patent 2474805. Sposob diagnostirovaniya vypusknogo trakta porshnevnykh dvigatelei vnutrennego sgoraniya [A method of diagnosing the exhaust tract of piston internal combustion engines] /S.S.Kukov, A.V.Gricenko, K.A.Tsyganov, A.V.Gorbunov; publ. 27.02.13, Bull. № 6.
15. Gritsenko A.V., Plaksin A.M., Tsyganov K.A. Kontseptual'nye voprosy razrabotki testovykh sistem diagnostirovaniya mobil'nykh energeticheskikh sredstv. *Vestnik ChGAA* 65 (2013): 9-19.
16. Gritsenko A.V., Plaksin A.M. Diagnostirovanie sistemy pitaniya DVS. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyaistva* 1 (2014): 24-26.
17. Gritsenko A.V., Kukov S.S. Diagnostirovanie sistem DVS na testovykh staticheskikh rezhimakh. *Vestnik ChGAA* 61 (2012): 31-38.
18. Gritsenko A.V. Diagnostirovanie sistem dvigatelya vnutrennego sgoraniya bestormoznym metodom s pereraspredeleniem tsilindrovnykh nagruzok. *Vestnik ChGAA* 58 (2011): 108-110.

19. Gritsenko A.V., Kukov S.S. Razrabotka effektivnyh sredstv i metodov diagnostirovaniya dvigatelei vnutrennego sgoraniya avtomobilei. *Vestnik ChGAA* 58 (2011): 111-117.
20. Gritsenko A.V., Bakaikin D.D., Kukov S.S. Sposob diagnostirovaniya sistemy toplivopodachi dvigatelei vnutrennego sgoraniya legkovykh avtomobilei. *Vestnik ChGAA* 59 (2011): 30-32.
21. Gritsenko A.V. Razrabotka sredstv i metodov diagnostirovaniya s chastichno parallel'nym rezervirovaniem elementov, a takzhe s ustraneniem lishnih diagnosticheskikh operatsii i diagnosticheskikh parametrov. *Vestnik KrasGAU* 7 (2012): 120-125.
22. Chernoi Ivanov V.I. [i dr.] Formirovanie investitsionnogo mehanizma v sfere tehniceskogo servisa v sel'skom hozyaistve. Moscow: GOSNITI, 2013. 298 p.
23. Gritsenko A.V. Kontseptsiya razvitiya metodov i sredstv diagnostirovaniya avtomobilei. Mater. LII mezhdunar. nauch.-tehn. konf. "Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu". Chelyabinsk: ChGAA, Part III (2013): 42-49.
24. Gritsenko A.V., Kukov S.S. Obosnovanie i razrabotka effektivnyh sistem diagnostirovaniya dvigatelei vnutrennego sgoraniya mobil'nykh sel'skohozyaistvennykh mashin. Mater. LI mezhdunar. nauch.-tehn. konf. "Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu". Chelyabinsk: ChGAA, Part III (2012): 20-25.

Koshelev Nikita Yevgenyevich, post graduate student, the Chair "Operation of Machine and Tractor Fleet", South-Ural State Agrarian University (SUSAU), Institute of Agroengineering (IAE).

E-mail: mr.chigi@mail.ru.

Studying the factors and parameters of pedestrian safety at unregulated pedestrian crossings

O. N. Larin, K. V. Glemba, A. V. Gritsenko

Improving pedestrians' safety by improving the traffic technical facilities at unregulated pedestrian crossings in low visibility conditions is an urgent scientific and technical problem. The studies determine the classification of traffic situations with the most important factors to be considered: movement when with and without braking, with and without speeding; left-to-right and right-to-left movement; movement at night and in various weather conditions. The following factors are also considered: the pedestrian speed, the vehicle speed, the direction of the pedestrian's movement, etc. Thus, a fundamentally new classification of factors in poor weather conditions is presented, with the technique of experimental research and the devices to measure the necessary parameters being described. A mathematical model for describing the process of approaching vehicles and pedestrians in poor weather conditions is also presented to determine the distance between the vehicle and the place of the presupposed road accident harmful for the pedestrian according to the vehicle speed, the pedestrian speed and the direction of the pedestrian movement. The mathematical model also makes possible to determine previously unknown dangerous areas for the pedestrian relative to the vehicle. A simulation model and an algorithm to analyse road accidents is developed, with the regularity of the pedestrian speed, the vehicle speed, the direction of the pedestrian movement and the distance between the place of the happened road accident and the place of the vehicle complete stop being determined. The simulation model makes possible to determine the vehicle position at the moments of occurring dangerous situations, running-down accidents and the vehicle stops. The investments to improve unregulated pedestrian crossings are to reduce the number of deaths and injuries. The efficiency coefficient of the proposed measures is 7.6 units on average, and the project payback is 1.5 months.

Keywords: pedestrian, dummy-pedestrian, driver, road safety, road accident, unregulated pedestrian crossing, visibility, information value, traffic management, pedestrian speed, vehicle speed.

References

1. Gaifullin V.M., Denisova O.O. O probleme obespecheniya vidimosti na nereguliruemyyh peshehodnykh perehodah. *Vestnik OGU* 10 (2011): 76-81.
2. Gorodokin V.A., Gaifullin V.M. Ob izmeneniyah, vnesennykh v p.14.1 Pravil dorozhnogo dvizheniya 10 maya 2010 g. Chelyabinsk: YuUrGU 19 (2011): 90-93.

3. Gaifullin V.M. Issledovanie vzaimootnoshenii uchastnikov dvizheniya na ulichno-dorozhnoi seti. *Transport Urala* 3 (2012): 16-19.
4. Gaifullin V.M., Larin O.N. Issledovanie riska travmirovaniya peshehodov. *Innovacionnyi transport* 1 (15) (2015): 83-86.
5. Glemba K.V., Larin O.N. Sistemnyi podhod k poisku rezerva povysheniya BDD v krupnykh gorodakh Rossii. *Aktual'nye problemy avtotransportnogo kompleksa: mezhvuz. sb. nauch. statei*. Samara: Samar. gos. tehn. un-t (2013): 165-180.
6. Glemba K.V. Vliyanie pertinentnosti informacionnogo polya na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya. *Vestnik ChGAA* 68 (2014): 7-13.
7. Glemba K.V., Gorbachev S.V. Vliyanie na bezopasnost' dvizheniya urovnya formalizatsii informacionnogo potoka v ergaticheskikh sistemakh. *Vestnik OGU* 10 (129) (2011): 88-93.
8. Glemba K.V., Larin O.N., Maiorov V.I. Voprosy primeneniya sistemnogo podhoda dlya povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya. *Ezhemesyachnyi nauchnyi informacionnyi sbornik «TRANSPORT: nauka, tehnika, upravlenie»*. Moscow: VINITI RAN 11 (2013): 52-55.
9. Glemba K.V. Vliyanie perceptivnykh processov prostranstvennogo vospriyatiya uchastnikov dorozhnogo dvizheniya na ih bezopasnost'. *Vestnik ChGAA* 62 (2012): 26-31.
10. Glemba K.V., Larin O.N. Vliyanie uslovii organizatsii dorozhnogo dvizheniya na process vospriyatiya voditelem informatsii. *Ezhemesyachnyi nauchnyi informatsionnyi sbornik «TRANSPORT: nauka, tehnika, upravlenie»*. Moscow: VINITI RAN 11 (2012): 55-57.
11. Glemba K.V. [i dr.] Obosnovanie bezopasnoi skorosti dvizheniya kolesnykh mashin. *Mehanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyaistva* 12 (2002): 27-30.
12. Glemba K.V., Larin O.N. Problemy upravleniya mobil'nymi mashinami i obosnovanie strukturnykh vzaimosvyazei cheloveko-mashinnykh system. *Mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Transport Rossii: problemy i perspektivy-2013»* Saint Petersburg: NPO «Professional» (2013): 152-159.
13. Glemba K.V. K voprosu snizheniya stepeni tyazhesti travmirovaniya uchastnikov dorozhnogo dvizheniya pri DTP. *Mater. 66 nauch. konf. «NAUKA JuUrGU»* Chelyabinsk: YuUrGU (2014): 218-227.
14. Gorshkov Yu.G., Aver'yanov Yu.I., Skornyakov O.F., Glemba K.V. Otsenka potentsial'noi tehnologicheskoi bezopasnosti podsistemy "mashina". *Traktory i sel'skohozyaistvennyye mashiny* 12 (2003): 40-41.
15. Glemba K.V., Aver'yanov Yu.I. Vyjavlenie i sovershenstvovanie problemnykh vzaimosvyazei strukturnykh elementov sistemy bezopasnosti dvizheniya mobil'nykh mashin. *Vestnik ChGAA* 66 (2013): 25-34.
16. Glemba K.V., Aver'yanov Yu.I., Zagorodnih A.N., Gal'yanov I.V. Avtomaticheskoe opredelenie tormoznogo puti i zamedleniya avtomobilya pri tormozhenii kak faktor obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya. *Vestnik ChGAU* 43 (2004): 51-55.
17. Glemba K.V. [i dr.] Avtomaticheskii kontrol' za ispravnost'yu tormoznoi sistemy. *Traktory i sel'skohozyaistvennyye mashiny* 5 (2003): 20-22.
18. Glemba K.V. Problemy i puti sovershenstvovaniya elementov passivnoi bezopasnosti avtomobil'nogo transporta. *Mater. LIII mezhdunar. nauch.-tehn. konf. «Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu»* Chelyabinsk: ChGAA, Part IV (2014): 115-120.
19. Glemba K.V., Larin O.N. Aspekty raspredeleniya kineticheskoi energii udara pri DTP. *Mater. Vseros. zaoch. nauch.-praktich. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Problemy funktsionirovaniya sistem transporta»*, Tyumen: Tyumen State Oil and Gas University 1 (2014): 140-145.
20. Glemba K.V., Larin O.N. K voprosu modelirovaniya adaptivnoi sistemy pogloscheniya kineticheskoi energii pri DTP. *IV mezhdunar. nauch.-praktich. konf. «Perspektivy razvitiya i bezopasnost' avtotransportnogo kompleksa»*, Novokuzneck: KuzGTU (2014): 275-280.
21. Glemba K.V., Aver'yanov Yu.I., Spektoruk S.A., Mel'nik V.N. Sovremennyye metody otsenki bezopasnosti i ergonomichnosti sistemy "operator-mashina-sreda". *Vestnik ChGAU* 45 (2005): 12-17.
22. Glemba K.V., Larin O.N. Obzor metodov opredeleniya nadezhnosti operatora v dinamicheskikh ergaticheskikh sistemakh. *Transport Urala* 1 (32) (2012): 17-22.
23. Glemba K.V., Larin O.N. Obzor metodov opredeleniya nadezhnosti operatora v dinamicheskikh ergaticheskikh sistemakh. *Transport Urala* 1 (32) (2012): 17-22.
24. 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.

25. Glemba K.V. Mnogokriterial'nyi podhod k issledovaniyu otsenki bezopasnosti v sistemah prinyatiya reshenii pri upravlenii avtomobilem. *Mater. IV mezhdunar. nauch.-praktich. konf. "Problemy i perspektivy razvitiya evroaziatskih transportnyh sistem"*. Chelyabinsk: JuUrGU, 2012.

26. RF Patent 122514, MPK G08G1/09. Informacionnaya sistema dlya voditelei i peshehodov na nereguliruemom peshehodnom perehode [Information system for drivers and pedestrians at uncontrolled pedestrian crossing] /V.M.Gaifullin, O.N.Larin, A.L.Feoktistov; appl. 15.03.2012; publ. 27.11.2012, Bull. №33.

27. RF Patent 122514, MPK G08G1/09. Informacionnaya sistema dlya voditelei i peshehodov na nereguliruemom peshehodnom perehode [Information system for drivers and pedestrians at uncontrolled pedestrian crossing] /V.M.Gaifullin, O.N.Larin, I.V.Belyashov; appl. 15.07.2014; publ. 10.02.2015, Bull. №4.

Larin Oleg Nikolayevich, Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Chair "Logistics and Transportation Systems Management", South-Ural State Agrarian University (SUSAU).

E-mail: larin_on@mail.ru.

Glemba Konstantin Vyacheslavovich, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Chair "Transport Operation and Industrial Training", South-Ural State Agrarian University (SUSAU), South Ural State University (National Research University).

E-mail: glemba77@mail.ru.

Gritsenko Alexander Vladimirovich, Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Chair "Transport Operation and Industrial Training", South-Ural State Agrarian University (SUSAU).

E-mail: alexgrits13@mail.ru.

The development and introduction of resource-saving tools in the horticulture and viticulture in the Republic of Uzbekistan

A. T. Musurmonov, N. K. Buranov, A. Zh. Beknazarov, A. O. Aripov

The paper presents the results of developing and implementing advanced technologies and resource-saving tools in horticulture and viticulture to improve soil fertility and yields, to raise cultivation levels and to reduce costs up to 1.7 times in gardening and 2.8 times and more in viniculture. The machine system for 2011-2016 includes 35 items of technical equipment for gardening and 18 items for viniculture, including 8 new machines to be produced in the Republic of Uzbekistan.

Keywords: garden, viticulture, smooth plowing, allopelagic, subsurface cultivator, undertree cultivation, row-spacing, row, covering, half-opening.

References

1. Postanovlenie Prezidenta Respubliki Uzbekistan "O merah po dal'neishemu razvitiyu vinogradstva v Respublike na period 2013-2015 gody". PP-1937 of 13 March 2013.
2. Postanovlenie Prezidenta Respubliki Uzbekistan "O programme dal'neishei modernizatsii, tehnicheskogo i tehnologicheskogo perevoorzheniya sel'skohozyaistvennogo proizvodstva na 2012-2016 gody". № PI-1758 of 21 May 2012.
3. Toshboltaev M. [i dr.]. Obschaya konceptsiya kompleksnogo razvitiya mehanizatsii i elektrifikatsii sel'skogo hozyaistva Respubliki Uzbekistan do 2020 goda. Tashkent, 2011. 71 p.
4. Musurmonov A.T. Obosnovanie tehnologii i shemy universal'noi mashiny dlya obrabotki pochvy v mezhduryad'yah sadov. *Vestnik ChGAA* 60 (2012): 68-72.
5. Musurmonov A.T., Utaganov H.B. Obosnovanie tehnologii konstruktivnoi shemy pluga dlya gladkoi vspashki v sadah i vinogradnikah i metodika otsenki effektivnosti ih vnedreniya. *Vestnik ChGAA* 60 (2013): 107-110.
6. Musurmonov A.T., Utaganov H.B. Obosnovanie tehnologii i shemy konstruktivnoi pluga dlya gladkoi vspashki v sadah. *Vestnik ChGAA* 63 (2013): 66-72.

7. UZ Patent № FAP 00921. Plug dlya gladkoi vspashki v mezhduryadiyah sada [A plough for smooth plowing between garden rows] /A.T.Musurmonov, H.B.Utaganov; appl. 27.12.2011; publ. 31.07.2014.

8. UZ Patent № IAP 04654. Ustroistvo dlya mezhkustovoi obrabotki pochvy [A device for tillage between bushes] /A.T.Musurmonov, T.B.Niezov; appl. 26.04.2010; publ. 29.03.2013.

9. Sistema mashin tehnologii dlya kompleksnoi mehanizatsii sel'skohozyaistvennogo proizvodstva na 2011-2016 gg. (rastenievodstvo). Tashkent, 2013. Part 1. 199 p.

10. Utaganov H.B., Bairov M.T., Musurmonov A.T. Sistemy mashin i orudii dlya vinogradarstva. *Rezervy povysheniya urozhainosti i kachestva razvitiya vinogradarstva i intensivnogo sadovodstva v Respublike: mater. nauch.-prakt. konf. UzNIISViV im. M.M.Mirzaeva*. Tashkent, 2013. pp. 156-159.

11. Matchanov R.D., Yuldashev A.I., Artem'ev V.P. Razrabotka i proizvodstvo mashin dlya zaschity rastenii ot boleznei i vreditelei. *Vestnik TAD* 1(2) (2013): 42-51.

Musurmonov Azzam Turdievich, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, the Department "Agricultural Machinery, Maintenance and Repair", Samarkand Agricultural Institute.

E-mail: azzam61@mail.ru.

Buranov Nazhmiddin Karimovich, Samarkand Agricultural Institute.

E-mail: azzam61@mail.ru.

Beknazarov Alisher Zhumaboevich, assistant, the Department "Agricultural Machinery, Maintenance and Repair", Samarkand Agricultural Institute.

E-mail: azzam61@mail.ru.

Aripov Abdukhamid Onalbaevich, designer "BMKB Agromash".

E-mail: azzam61@mail.ru.

Determining the specific metal content when designing tools

R. S. Rakhimov, R. I. Rakhimov, F. F. Kasymov, A. S. Nevzorov, G. V. Ruzhyeva

Traction resistance and its value are greatly influenced by the gravity force caused by tillage and sowing machines. Therefore, when designing new and improving the existing machines, it's necessary to determine their gravity to meet the agro-technical requirements and to avoid failures. This paper presents a technique for determining the gravity (the specific metal content) of different types of tillage and sowing machines. In general, the metal content of tillage machines is found to include the frame metal, removable operating units or modules and various other additional working units (rollers, balancers, cutters, cultivators, etc.). In addition, tillage sowing units are also heavier as they have hoppers with undercarriages, seeds and fertilizers. The total metal content depends on the machine width, the tillage depth, soil resistivity and coefficients of specific metal content. When taking into consideration these factors, the theoretical dependence can be obtained for determining the weight of tillage and sowing machines. To establish the specific metal content of existing machines according to the developed technique the weights of separate units, moldboard plough parts, chisel ploughs, KLDP cultivators for subsurface tillage. When knowing the soil resistivity, the machine width and the maximum tillage depth, we can determine the coefficients of specific metal content of machine frames, operating units and other additional devices. The results are presented in tables and diagrams. The analysis of the obtained data shows the metal content in existing machines for primary tillage with small grasp width to exceed and it is possible to reduce it.

Keywords: tool, tillage, sowing, weight, specific metal content, frame, operating unit, additional operating unit, bunker, tillage depth, grasp width, soil resistivity.

References

1. Blednyh V.V. [i dr.]. *Pochvoobrabatyvayuschhie i posevnye mashiny: kurs lektsii*. Chelyabinsk, 2004. 235 p.

2. Rahimov I.R., Nevzorov A.S., Anohin S.V. Razrabotka shemy i obosnovanie parametrov universal'nogo kombinirovannogo orudiya dlya obrabotki pochvy i poseva zernovykh kul'tur. Mater. LIV mezhdunar. nauch.-tehn. konf. "Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu". Chelyabinsk: ChGAA, Part II (2015): 161-169.

3. Blednyh V.V. Tehniko-ekonomicheskii analiz proizvoditel'nosti pahotnykh agregatov. *Trudy ChIM-JeSH* 72 (1973): 65-84.

4. Kononov V.N. Razrabotka kombinirovannogo kul'tivatora dlya osnovnoi i poverhnostnoi obrabotki pochvy: Cand. Sci. (Engineering) Dissertation. Chelyabinsk, 2009. 150 p.

Rakhimov Rais Saitgaleevich, Dr. Sci. (Engineering), Professor, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: ildarr@bk.ru.

Rakhimov Ildar Raisovich, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Chair "Soil-cultivating, Sowing Machines and Agriculture", South-Ural State Agrarian University (SUSAU).
E-mail: ildarr@bk.ru.

Kasymov Farigat Fatkullovich, Head of the Chair of Physical Training, South-Ural State Agrarian University (SUSAU).
E-mail: ildarr@bk.ru.

Nevzorov Alexander Sergeevich, Master of Engineering and Technology, South-Ural State Agrarian University (SUSAU).
E-mail: ildarr@bk.ru.

Ruzhyeva Galina Victorovna, Master of Engineering and Technology, South-Ural State Agrarian University (SUSAU).
E-mail: ildarr@bk.ru.

Modernization of technological equipment for harvesting and transporting of non-timber vegetal raw material

V. N. Kholopov, V. N. Nevzorov, P. V. Byrdin

Effective and sustainable forest management in our country is not only timber harvesting and processing, but also using of non-timber forest vegetal resources, i.e. various wild fruits, berries, nuts, mushrooms, melliferous herbs and medicinal plants. The economic success of harvesting such resources in Siberia is due to the increased interest in consuming healthy food and medioprophyllactic preparations made of organic raw materials. However, along with all its advantages the modern labour productivity of gathering berries, mushrooms, medicinal raw materials is very low, with the cost of labour per a unit of finished produce is hardly comparable with other sectors of forestry and agricultural production. Thus, there is a need for developing and producing machines and tools for harvesting and pre-processing of different types of forest vegetal resources. An example of such a mechanism is a compact articulated tracked vehicle developed by the authors. To increase the productivity and universality of this machine a special steering for this power-driven cart is designed and patented. The use of such steerings will make possible different driving modes to facilitate the driver's working conditions. To justify the structural and kinematic parameters of the compact articulated tracked vehicle its rotation scheme is also analyzed. As a result, the limiting angle between the axes of the motor and technological carts is found due to the theoretical analysis, with its dependence on the design parameters of the articulated vehicle being established. The increase of the maximum angle between the longitudinal axes of the carts is possible when locking the horizontal longitudinal hinge.

Keywords: non-timber resources, mechanisms, small-sized articulated vehicle, steering, motor truck, technological truck, limiting angle, horizontal longitudinal joint.

References

1. Nevzorov V.N., Holopov V.N., Samoilo V.A., Myadelets O.I. Razrabotka oborudovaniya dlya polucheniya koptil'nogo dyma iz rastitel'nogo syr'ya Sibiri. *Innovatsii v nauke i obrazovanii: opyt, problemy, perspektivy razvitiya: mater. Vseros. och.-zaoch. nauch.-prakt. i nauch.-metod. konf. s mezhdunar. uchastiem. Part 2: Innovatsii v nauchno-prakticheskoi deyatel'nosti*. Krasnoyarsk: KrasGAU (2010): 120-122.
2. Nevzorova T.V., Nevzorov V.N., Hizhnyak S.V., Stepen' R.A. Sokraschenie sbrosa pihtovogo masla pri ego proizvodstve. *Vestnik KrasGAU* 10 (2011): 201-204.
3. Nevzorov V.N., Samoilo V.A., Yarum A.I., Nevzorova T.V. Pererabotka rastitel'nogo syr'ya na osnove nanotekhnologii. *Problemy sovremennoi agrarnoi nauki: mater. mezhdunar. zaoch. nauch. konf.* KrasGAU, Krasnoyarsk (2011): 231-234.
4. Samoilo V.A., Nevzorova T.V. Modernizatsiya tehnologicheskogo oborudovaniya dlja razdeleniya pihtovogo masla i vody. *Problemy sovremennoi agrarnoi nauki: mater. mezhdunar. zaoch. nauch. konf.* KrasGAU. Krasnoyarsk (2011): 120-125.
5. Nevzorov V.N., Stepen' R.A., Nevzorova T.V. Sovershenstvovanie proizvodstva polucheniya pihtovogo masla. *Vestnik KrasGAU* 2 (2014): 192-197.
6. Nevzorov V.N., Holopov V.N., Samoilo V.A., Yarum A.I. Optimizatsiya parametrov i sovershenstvovanie tehnologii zernoshelusheniya. *Vestnik KrasGAU* 4 (2013): 160-165.
7. Nevzorov V.N., Holopov V.N., Labzin V.A. Strukturnaya model' mashiny dlya shora, pervichnoi pererabotki i transportirovki nedrevesnogo syr'ya. *Problemy sovremennoi lesnoi agrarnoi nauki*. Krasnoyarsk (2011): 242-247.
8. Holopov V.N., Nevzorov V.N., Labzin V.A. Konceptsiya mashiny dlya zagotovki i transportirovki lesnogo nedrevesnogo rastitel'nogo syr'ya. *Hvoinye boreal'nye zony* 30 №1-2 (2013): 149-154.
9. RF Patent 2457139, MPK B62D 12/00, B62D 11/18. Rulevoe upravlenie energeticheskoi tel'ezhki sochlenennoi gusenichnoi mashiny [The power cart steering of an articulated tracked vehicle] /V.N.Kholopov, V.A.Labzin. № 2011100568/11; appl. 11.01.2011; publ. 27.07.2012, Bull. № 21.
10. RF Patent 2089431, MPK B62D 11/08, B62D 5/06. Ustroistvo dlya upravleniya sochlenennoi dvutelezhechnoi gusenichnoi mashinoy [An apparatus for controlling an articulated two-carted tracked vehicle] /V.N.Kholopov, V.A.Labzin. № 93036804/11; appl. 19.07.93; publ. 07.10.97, Bull. № 25.
11. Rehnberg A., Drugge L., Trigell A.S. Snaking stability of articulated frame steer vehicles with axle suspension. *International Journal of Heavy Vehicle Systems* 17 №2 (2010): 119-138.
12. Cheng C., Cebon D. Parameter and state estimation for articulated heavy vehicles. *Vehicle System Dynamics* 49 №1-2 (2011): 399-418.
13. Holopov V.N., Labzin V.A. Prodol'naya ustoichivost' sochlenennoi mashiny dlya transportirovki pischevoi produktsii lesa. *Vestnik KrasGAU* 8 (2012): 150-156.
14. Izgarev G.M., Berdov E.I. Povорот gusenichnykh mashin na meste. *Vestnik ChGAA* 63 (2013): 51-55.
15. Poletaikin V.F., Holopov V.N., Labzin V.A. Nekotorye parametry dvizheniya sochlenennoi mashiny cherez vystupayuschuyu nerovnost'. *Vestnik KrasGAU* 9 (2014): 195-201.
16. Pozin B.M., Troyanovskaya I.P., Taborskih E.V. Statischeckaya ustoichivost' sharnirno-sochlenennogo frontal'nogo pogruzchika. *Traktory i Sel'hozmashiny* 1 (2015): 25-27.

Kholopov Vladimir Nikolayevich, Dr. Sci. (Engineering), Professor of the Department "Motor Cars, Tractors and Forestry Machines, Siberian State Technological University.
E-mail: 79082016413@yandex.ru.

Nevzorov Viktor Nikolaevich, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Head of the Department "Technology, Equipment for Fermentation and Food Industries", Krasnoyarsk State Agrarian University.
E-mail: nevmzorov1945@mail.ru.

Byrdin Pavel Valeryevich, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Head of the Department "Forestry Machines and Equipment", Bratsk State University.
E-mail: byrdin_pavel@mail.ru.

The autonomous solar-powered device with photoelectric converters

A. S. Chigak

This article presents the design of a device for obtaining autonomous solar energy due to solar batteries (photoelectric converters) developed by the author. Solar batteries used in solar power systems convert directly solar energy into electricity. However, the angle of the solar battery relative to coming solar energy seldom makes it possible to generate the maximum amount of electricity. Therefore, to increase the power and energy generation solar concentrators are usually installed to receive more solar energy. This also increases the temperature of solar cells and, consequently, reduces the solar battery capacity, which proportionally decreases the amount of electricity generated. Therefore, a cooling system is necessary for the solar battery to run off the heat and direct it for heating and hot-water supply without significantly increasing the size and weight of the plant. To estimate the level of modern devices for concentrating the solar radiation the author resorts to the patent search for such equipment. There exist some necessary solar concentrators, but their design does not make it possible to supply consumers with both electricity and heat. They also have some shortcomings to be eliminated in the developed device, with the advantages of the prototypes being preserved. The developed device for concentrating solar energy is for autonomous power supply of agricultural consumers with electric and thermal energy obtained due to converting solar radiation. Large consumers, for which the electric and thermal power of the device is not sufficient, can use a set of such devices. This device is patented (the utility patent № 153290).

Keywords: solar concentrator, solar battery, power supply, heating, photoelectric cells.

References

1. Strebkov D.S. *Matrichnye solnechnye elementy*. Moscow, Vol. 1, 2009. 120 p.
2. Sher'yazov S.K., Ptashkina-Girina O.S. Osobennosti ispol'zovaniya vozobnovlyаемoi energii v sel'skom hozyaistve. *Vestnik ChGAA* 66 (2013): 95-101.
3. Batrakov A.V., Rtishheva A.S. Primenenie solnechnykh kollektorov dlya otopleniya chastnykh domov. *Energo- i resursosberezhenie. Energoobespechenie. Netraditsionnye i vozobnovlyаемye istochniki energii: sb. mater. Vseros. stud. olimpiady, nauch.-prakt. konf. i vystavki rabot stud., aspir. i molodykh uchenykh* (17-20 December 2013). Ekaterinburg (2013): 340-342.
4. Vozmilov A.G., Malyugin S.A., Malyugina A.A. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya solnechnoi energii v avtonomnykh sistemakh energosnabzheniya sel'skogo hozyaistva. *Vestnik ChGAA* 69 (2014): 10-13.
5. Energeticheskii modul' (2028557, RU, MPK F24J2/12, F24J2/14, H01L31/052, published 09.02.1995).
6. Kонтентратор svetovoi energii dlya solnechnykh batarei (122526, RU, MPK H01L31/052, published 27.11.2012).
7. Solar contsentrator with square mirrors (US 20090114213 A1, published 07.05.2009).
8. Solnechnyi fotoelektricheskii submodul' (2442244, RU, MPK H01L31/052, published 27.02.2012).
9. Solar contsentrator array (US 5180441 A, published 19.01.1993).
10. Opposing Row Linear Contsentrator Architecture (US 20120031393 A1, published 09.02.2012).
11. Device and method for solar power generation (US 8546681 B2, published 01.10.2013)
12. Blok kontsentratorov solnechnoi batarei i sposob kontsentrirovaniya solnechnoi energii na panelyah solnechnoi batarei s kontsentratorami (2309484, RU, MPK H01L31/052, F24J2/10, published 27.10.2007)
13. Solar contsentrator system for solar energy plants (US 20110067688 A1, published 24.03.2011).
14. Sher'yazov S.K., Chigak A.S. Povyshenie effektivnosti avtonomnoi sistemy solnechnogo teplosnabzheniya. *Trudy 9-i mezhdunar. nauch.-tehn. konf. "Energoobespechenie i energosberezhenie v sel'skom hozyaistve": in 5 Parts. Part 4: Vozobnovlyаемye istochniki energii. Mestnye energoresursy. Ekologiya*. Moscow (2014): 128-133.
15. Sher'yazov S.K., Chigak A.S. Issledovanie avtonomnoi sistemy solnechnogo teplosnabzheniya. Mater. LIII mezhdunar. nauch.-tehn. konf. "Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu". Chelyabinsk: ChGAA (2014): 325-331.

Chigak Aleksey Sergeevich, post graduate student, South-Ural State Agrarian University (SUSAU).
E-mail: alex_174_2@mail.ru.

AGRICULTURAL SCIENCES

Methods of increasing the sowing qualities of L-32 naked barley seeds

A. A. Gryaznov, S. M. Krasnozhan, D. A. Sukhorukova

The production of high-quality naked barley seeds is largely hampered by the lack of lemmas on their grains. This fact increases the risk of damaging seeds with machine parts, destructing seeds with pathogens and reducing their laboratory and field germination rate and their survival. Thus, the sowing qualities due to the fractional composition of the original seed lot, the use of chemicals (the fungicide Vitaros and adaptation humic substances ATO and Rostok) are studied. The studied material is the varieties of L-32 naked barley and Chelyabinsk 99 scarious barley. The seeds of the 2014 reproduction from Emanzhelinsk state crop testing site (the southern forest steppes of Chelyabinsk region) are analyzed, with the laboratory experiments being carried out with standard equipment. The field experiments are conducted in the northern forest steppes of Chelyabinsk region (the Institute of Agroecology – the branch of South-Ural State Agrarian University): early planting dates (April 26), the seeding rate is 3.1 million viable seeds per hectare. Among the seed there were lots marked as fractions with high laboratory germination: for the naked barley the fraction is 2.2-2.4 mm (94.2%), for the scarious one the one with the seed size greater than 3.0 mm (91.7%). The presowing fungicide Vitaros treatment of seeds is proved to decrease the laboratory germination of the studied varieties up to 7.7-10.0% and the field germination up to 7.6-19.7%. The use of the preparations ATO and Rostok for all variants causes the increase of their laboratory germination up to 4.1-7.3%, with no reduce of the fungicide inhibitory effect. The use of the preparation Vitaros provides a significant increase in survival of the L-32 naked barley up to 9.4%. The survival of plants of both types after treating their seeds with humic preparations ATO and Rostok increases up to 3.4-7.2%.

Keywords: naked barley, fungicide Vitaros, humic preparation ATO, “Rostok”, fractional composition of seeds, laboratory, field germination of seeds, plant survival.

References

1. Zykin V.A. Sorta yarovoi pshenitsy SibNIISH – garantiya ustoichivyyh urozhaev v zasushlivyyh usloviyakh ih vzdelyvaniya. *Sostoyanie i perspektivy semenovodstva Rossiiskoi Federatsii: mater. Vseros. nauch.-praktich. konf.* Kurgan (2009): 103-115.
2. Gryaznov A.A. Vozmozhnosti diversifikatsii sortovogo raznoobraziya na primere kul'tury yachmenya. *Vestnik ChGAA* 61 (2012): 104-109.
3. Gryaznov A.A., Loikova A.V., Bidyanov V.A. K voprosu o povyshenii kachestva semyan golozernogo yachmenya. *Vestnik ChGAA* 65 (2013): 118-123.
4. Gryaznov A.A. Ychmen' golozernyi v usloviyakh neustoichivogo uvlazhneniya. Kurtamysh, 2014. 300 p.
5. Kirdei T.A. Guminovye preparaty v agrotekhnologiyah. *Zemledelie* 5 (2013): 12-14.
6. Voronina L.P., Yakimenko O.S., Terehova V.A. Otsenka biologicheskoi aktivnosti promyshlennykh guminovykh preparatov. *Agrohimiya* 6 (2012): 45-52.
7. Maljuga A.A. [i dr.] Ispol'zovanie novogo preparata gumostim dlya optimizatsii fitosanitarnogo sostoyaniya kartofelya. *Vestnik NGAU* 3(24) (2012): 7-9.
8. Malyuga A.A., Enina N.N., Burmistrova T.I. Primenenie torfoguminovykh preparatov i mineral'nykh udobrenii pri vzdelyvanii kartofelya: rekomendacii; Rossiiskaya akademiya sel'skohozyaistvennykh nauk, Sibirskoe otdelenie, Sibirskii nauchno-issledovatel'skii institut zemledeliya i himizatsii sel'skogo hozyaistva. Novosibirsk, 2009. 22 p.
9. Stifeev A.I., Shamin D.V., Kaznacheev A.M. Effektivnost' guminovykh preparatov na posevah zernovykh kul'tur. *Vestnik Kurskoi GSKhA* 3 (2008): 12-14.
10. Vliyanie guminovykh stimulyatorov rostarastenii na povyshenie urozhaivnosti sel'skohozyaistvennykh kul'tur. Web. 25 Oct. 2015 <<http://www.humistim.ru/humicfertilzers.html>>.
11. Maljuga A.A., Enina N.N., Burmistrova T.I. Primenenie torfoguminovykh preparatov i mineral'nykh udobrenii pri vzdelyvanii kartofelya: rekomendacii. Rossel'hozakademiya. SibNIIZHim, Novosibirsk, 2009. 22 p.

12. Kozlova E.N., Stepanov A.L., Lysak L.V. Primenenie bakterial'no-gumusovykh preparatov v tselyah remediatsii pochv, zagryaznennykh dizel'nym toplivom. *Pochvovedenie* 5 (2014): 580-583.
13. Konovalov A.S., Butyrin M.V. Otsnka primenimosti guminovogo preparata Gumel dlya snizheniya toksichnosti pochv, zagryaznennykh mysh'yakom. *Plodorodie* 1 (2014): 40-41.
14. Gritsai N., Balueva N. Vliyanie preparata Rostok na rost, razvitie, urozhainost' i kachestvo zerna yarovoi pshenitsy. *Glavnyi agronom* 4 (2014): 16-18.
15. Malyuga A.A. [i dr.] Ispol'zovanie novogo preparata gumostim dlya optimizatsii fitosanitarnogo sostoyaniya kartofelya. *Vestnik NGAU* 3(24) (2012): 7-9.
16. GOST 10842-89. Mezhdgosudarstvennyi standart. Zerno zernovykh i bobovykh kul'tur i semena maslichnykh kul'tur. Metod opredeleniya massy 1000 zeren i 1000 semyan. Vveden 01.07.91.
17. GOST 12038-84. Mezhdgosudarstvennyi standart. Semena sel'skohozyaistvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vshozhesti. Moscow: Stanartinform, 2011. 64 p.
18. Universal'nyi protravitel' "Vitaros". Web. 27 Oct. 2015 <<http://www.avgust.com/produ>>.
19. Aktivirovannyi torfogumat Ol'hovskogo "ATO". Web. 27 Oct. 2015 <<http://www.torfohumate.com>>.
20. Rostok – guminovyi preparat. Web. 27 Oct. 2015 <fermer.ru>.

Gryaznov Anatoly Aleksandrovich, Dr. Sci. (Agriculture), senior researcher, Professor of the Chair "Production and Processing of Agricultural Produce", South-Ural State Agrarian University (SUSAU).
E-mail: granal@yandex.ru.

Krasnozhon Sergey Mikhailovich, Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Chair "Production and Processing of Agricultural Produce", South-Ural State Agrarian University (SUSAU).
E-mail: krasnozhonsergei@mail.ru.

Sykhorkova Darya Alexandrovna, undergraduate student, South-Ural State Agrarian University (SUSAU).
E-mail: technology@insagro.ru.

The influence of cultivation technology elements on the weed agrocenosis component of spring wheat

S. M. Krasnozhon

The article deals with the results of studies conducted in the northern forest-steppe zone of Chelyabinsk region during the 2002-2013 period. The species composition of the weed agrophytocenosis component is established as well as the dynamics of weeds during the growing period. The efficiency of used herbicides of different classes for spring wheat depending on the species composition of weeds and weather conditions of the growing season is determined, with the relationship of spring wheat and weeds and the culture reaction on various cultivation technology elements (autumn plowing, sowing, the conditions of mineral nutrition, the use of herbicides) being assessed. Due to the water shortage during the studied period, mineral fertilizers used both for early and late sown crops contributed to a more intensive growth of the vegetative mass and an increase yield of spring wheat. For dicotyledonous weeds in the region a sustainable positive effect is achieved due to the use of derivatives of ariloxoalkylcarbon acids, combined preparations and derivatives of sulfanilic calurea, with a fairly high residual invasion being caused by the cereal component. Therefore the use of preparations against dicotyledonous weeds due to the mixed invasion does not solve the problem of weed control. In cereal crops, along with creeping-rooted weeds the cereal type of wheat invasion becomes everywhere predominant so when developing cultivation technologies it is necessary to pay attention to the measures for controlling not only long- and short-term dicotyledonous, but also with short-term cereal weeds.

Keywords: weeds, agrophytocenosis, spring wheat, cultivation technology.

References

1. Vrazhnov A.V. Puti povysheniya effektivnosti zernovogo proizvodstva na Yuzhnom Urale. Osvoenie adaptivno-landshaftnykh sistem i agrotehnologii na tselinnykh zemlyakh. Kurtamysh, 2009, pp. 13-26.

2. Taskaeva A.G. Teoriya i praktika bor'by s sornoi rastitel'nost'yu pri intensivnoi tehnologii vozde-lyvaniya sel'skohozyaistvennykh kul'tur na Yuzhnom Urale. Moscow, 1988. 149 p.
3. Bazdyrev G.I. Primenenie sistem gerbitsidov v sevooborotah. *Nauchno obosnovannye sistemy primeneniya gerbitsidov dlya bor'by s sornyakami v praktike rasteniievodstva: mater. III mezhdunar. nauch.-proizv. soveshh.* Golitsyno, VNIIF, 20-21 July (2005): 217-236.
4. Krasnozhon S.M. Rol' gerbitsidov v regulirovanii sornogo komponenta agrofitotsenoza yarovoi pshenitsy v lesostepi Zaural'ya. *Vestnik ChGAA* 61 (2012): 110-114.
5. Tsybnikov B.B., Batudaev A.P., Sobolev V.A. Produktivnost' yarovoi pshenitsy pri ispol'zovanii gerbitsidov v usloviyah suhostepnoi zony Buryatii. *Vestnik IrGSHA* 66 (2015): 32-39.
6. Matyuk N.S. [i dr.] Rol' meteorologicheskikh uslovii i faktorov intensivifikatsii v formirovanii produk-tivnosti razlichnykh agrotsenozov. *Sb. trudov "Agrometeorologiya XXI veka"* Moscow (2009): 156-173.
7. Ivaschenko A.A. Za novye podhody v gerbolgii. *Zaschita rastenii* 10 (2007): 7-10.
8. Luneva N.N., Tarunin M.V. Ekologo-geograficheskoe obosnovanie rasprostraneniya ekonomich-eski znachimykh mnogoletnih vidov sornykh rastenii v Yuzhnom Zaural'e. *Sb. tr. mezhdunar. konf. pamyati E.N.Sinskoii "Problemy evolyutsii i sistematiki kul'turnykh rastenii"* (VIR, 9-11 December 2009). Saint Peterburg, 2009. pp. 332-335.
9. Zamyatin A.A. Effektivnost' razlichnykh srokov primeneniya gerbitsidov na zernovykh kul'turakh v yuzhnoi lesostepi Zaural'ya: extended abstract of Cand. Sci. (Agriculture) Dissertation. Kurgan, 2009. 17 p.
10. Aliev A.M. [i dr.] Vliyanie dlitel'nogo primeneniya gerbitsidov i drugih sredstv himizatsii na gruppovoi i vidovoi sostav sornyakov, plodorodie pochvy i produktivnost' zernovykh kul'tur polevogo sevooborota. *Sostoyanie i razvitie gerbologii na poroge XXI stoletiya: mater. II Vseros. nauch.-proizv. soveshh.* Golitsyno, 17-20 July (2000): 180-187.
11. Voevodin A.V., Kaspirova T.A., Petunova A.A., Markelov G.A. Metodicheskie ukazaniya po polevomu ispytaniyu gerbitsidov v rasteniievodstve. Moscow, 1981. 45 p.
12. Luneva N.N. Geobotanicheskii uchet zasorennosti posevov sel'skohozyaistvennykh kul'tur. Me-tody monitoringa i prognoza razvitiya vrednykh organizmov. Moscow; Saint Peterburg, 2002, pp. 82-88.
13. Krasnozhon S.M. Effektivnost' primeneniya gerbitsidov razlichnykh klassov pri vzdelyvanii yarovoi pshenitsy. *Problemy agrarnogo sektora Yuzhnogo Urala i puti ih resheniya: sb. nauch. tr. ChGAU.* Chelyabinsk: ChGAU 6 (2006).
14. Kaskarbaev Zh.A. [i dr.] Kompleks sel'skohozyaistvennykh mashin Dzhon Dir, gerbitsid splosh-nogo deistviya i gerbitsidy Gran-star, Esteron, Puma Super 100 v sovremennykh tehnologiyakh vzdely-vaniya sel'skohozyaistvennykh kul'tur. Shortandy: NPCZH im. A.I.Baraeva, 2008. 64 p.

Krasnozhon Sergey Mikhailovich, Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Chair "Production and Processing of Agricultural Produce", South-Ural State Agrarian University (SUSAU).
E-mail: krasnozhonsergei@mail.ru.

Studying the barley varieties of VIR world collection in the conditions of the Middle Urals

R. A. Maksimov

The aim of the study is to identify new sources of efficient selection traits and expanding the gene pool of the original raw material to create new barley varieties in the conditions of the Middle Urals. The studies were conducted in 2005-2014 with the stationary experiment Krasnoufimsk selection center. The predecessor is fallow. The area of the plot is 3 m². The repetition is double. Over the years, the studies have shown a strong variability of the climate conditions of the vegetation period from germination to maturity (the average air temperature – 13,5...18,0°C, the sum of temperatures over 10°C – 1200...1800°C, the precipitation – 90...350 mm, the moisture deposits in the first meter of soil – 65...200 mm, the hydro-thermic factor – 0.70...2.45). On the basis of studying of VIR world collection the following character-istics of agronomic traits of barley are singled out: the yield potential, the overall adaptive capacity, the yield stability, the selection value of genotypes, the maturity, the weight of 1000 grains, the resistance to local smut populations, the resistance to dark-brown spotting. By selecting the following new genetic sources of agronomic traits of barley are obtained (the productivity, the resistance to the lack of moisture

in the tillering phase, namely the booting, the immune resistance to local smut populations, the earliness). Singled out and obtained by selecting the new genetic sources of agronomic traits of barley are recommended to be involved in the selection process to create a barley selection material in the conditions of the Middle Urals.

Keywords: collection, accessions, sources of agronomic characters, barley, genotype adaptive capacity, stability, selection, yield, early maturity.

References

1. Nikiforov A.N., Chepelev V.P. Izuchenie kollektzii yachmenya na produktivnost' i kachestvo zerna. Nauch. tr. SibNIISH, 1975. 25 p.
2. Metodicheskie ukazaniya po ustoichivosti zernovyh kul'tur k kornevym gnilyam. Leningrad, 1978. 39 p.
3. Otsenka sel'skohozyaistvennyh kul'tur na ustoichivost' k bolezniam v Sibiri. Novosibirsk, 1964. 26 p.
4. Kil'chevskii A.V., Hotyleva L.V. Metody otsenki adaptivnoi sposobnosti i stabil'nosti genotipov, differentsiruyuschhei sposobnosti sredy. Soobschenie 1. Obosnovanie metoda. Genetika Vol. 21, 9 (1985): 1481-1490.

Maksimov Roman Aleksandrovich, Cand. Sci. (Agriculture), leading researcher of the Barley Selection Laboratory, Krasnoufimsk selection center, Ural Scientific Research Institute of Agriculture.

E-mail: Roman_MRA 77@mail.ru.

The soil effect of some post-emergence herbicides for sown maize

A. E. Panfilov, S. B. Saitov, L. A. Gainitdinova, G. E. Yusupova

The problem of maize infestation becomes greater when advancing the crop to the north of Russia, with controlling to be the most difficult for the marginal areas of maize sowing including the Trans-Urals. The paper presents the results of the four-year field experiment, with the objects to be the cultural and weed components of maize agrophytocenosis and post-emergence herbicides of two groups with predominantly translaminar and combined mode of action due to translaminar activity with a prolonged effect on the soil. The purpose of research is to justify the optimal choice of herbicides to control mixed segetal vegetation in sown maize with the influence of phytocenotic and abiotic environmental factors to be taken into account. The results of studies carried out in 2012-2015 in the northern forest-steppes of the Trans-Urals, with the most problematic to be the control of annual monocotyledonous weeds. When the most weeds sprout at the same time along with deficient and normal moisture in 2012-2014, there weren't any principal differences between the most effective herbicides belonging to the two groups. On the contrary, the excessive moisture in 2015 provokes several waves of segetal vegetation and there are revealed some benefits of a new active substance (thiencarbazone-methyl) in herbicides Adengo and Meister Power. Thus, the following four clusters are identified as they significantly differ in grain yield: the control one (0.8 t/ha); the one with soil herbicides (from 2.4 to 3.2 t/ha); the one with post-emergence herbicides with translaminar action caused nicosulfuron and foramsulfuron (from 5.6 to 5.8 t/ha); the one with post-emergence herbicides with soil action caused thiencarbazone-methyl (6.8 to 7.3 t/ha). The differences in yields within clusters aren't statistically proved.

Keywords: maize, segetal vegetation, herbicides, soil and translaminar action, infestation, yield.

References

1. Kazakova N.I. Organogenez i produktsionnyi process kukuruzy v Zaural'e. Chelyabinsk: ChGAA, 2015. 132 p.
2. Simic M., Doliyanovic Z., Maletic R., Stefanovic L., Filipovic M. Weed suppression and crop productivity by different arrangement patterns of maize. *Plant, soil and environment*, 58, 2012 (3). P. 148–153.

3. Hailegiorgis M., Huluka M., Mekuria M. Determination of the critical period of weed control and the effect of a mixed weed population on maize (*Zea mays*) yield and yield components. *Scientific World Journal*. 2012. № 7. Pp. 253–267.
4. Bagrintseva V.N., Kuznetsova S.V., Guba E.I. Effektivnost' primeneniya gerbitsidov na kukuruze. *Kukuruza i sorgo* 11 (2011): 24-27.
5. Panfilov A.E. Scenarnyi podhod k kontrolyu zasorenosti kukuruzy v lesostepi Zaural'ya. *Vestnik ChGAA* 70 (2014): 198-204.
6. Panfilov A.E., Kazakova N.I. Effektivnost' ispol'zovaniya atmosferynykh faktorov pri razlichnykh srokah poseva kukuruzy v lesostepi Zaural'ya. *Kukuruza i sorgo* 3 (2010): 10-12.
7. Mhoyan A.S., Agaronyan A.G. Maister v posevah kukuruzy. *Zaschita i karantin rastenii* 10 (2014): 46+.
8. Konoplya N.I., Masliev S.V., Kurdyukova O.N. Zaschita posevov pischevoi kukuruzy ot sornyakov. *Kukuruza i sorgo* 1 (2014): 24-26.
9. Khan N., Khan N.W., Khan I.A. Integration of nitrogen fertilizer and herbicides for efficient weed management in maize crop. *Sarhad J. Agric*, Vol. 28, 3, 2012, pp. 457-463.
10. Panfilov A.Ye., Korystina D.S., Korystin E.S., Tsymbalenko I.N. Vredonosnost' sornyakov razlichnykh biologicheskikh grupp v posevah kukuruzy. *Kukuruza i sorgo* 6 (2007): 16-19.
11. Doronina O.M. Produktivnost' kukuruzy v zavisimosti ot stepeni zasorenosti. *Agro-Industrial Complex of Russia* 72-1 (2015): 80-82.
12. Korystin E.S. Graminitsidy v posevah kukuruzy: osobennosti primeneniya v severnoi lesostepi. *Vestnik ChGAU* 46 (2006): 117-122.
13. Panfilov A.E., Sinitsyna O.B. Optimizatsiya tehnologicheskikh shem kontrolya zasorenosti v posevah kukuruzy. *Kukuruza i sorgo* 4 (2012): 25-28.
14. Bagrintseva V.N., Kuznetsova S.V., Guba E.I. Poslevshodovye gerbitsidy s pochvennym deistviem dlya kukuruzy. *Kukuruza i sorgo* 1 (2015): 22-26.
15. Bagrintseva V.N., Kuznetsova S.V., Guba E.I. Gerbitsid Adengo na kukuruze. *Zaschita i karantin rastenii* 9 (2015): 47+.
16. Panfilov A.E., Tsymbalenko I.N., Sinitsyna O.B. Pochvennye i listovye gerbitsidy kak al'ternativnye elementy tehnologii vozdeyvaniya kukuruzy. *Vestnik ChGAA* 62 (2012): 106-110.

Panfilov Aleksey Edwardovich, Dr. Sci. (Agriculture), Professor of the Chair of Ecology, Agricultural Chemistry and Plant Protection, South-Ural State Agrarian University.

E-mail: al_panfilov@mail.ru.

Saitov Salimhan Bukumbaevich, post graduate student, South-Ural State Agrarian University.

E-mail: stepnai@bk.ru.

Gainutdinova Liliya Ayratovna, student, South-Ural State Agrarian University.

E-mail: al_panfilov@mail.ru.

Yusupova Gulmira Erbolatovna, student, South-Ural State Agrarian University.

E-mail: al_panfilov@mail.ru.

Forming the raw-material conveyor of cruciferous oil-bearing crops in the Middle Urals

A. B. Ponomarev, P. A. Postnikov

The increasing interest in the cultivation of cruciferous oilseed crops is connected with the selecting all- and multi-purpose high-yielding varieties and hybrids. Thus, the optimization of the raw-material conveyor during growth is a pressing issue today for science and industry. Thus, the research is aimed to assess and select the best high-yielding varieties and hybrids of oil-bearing rape and summer rape to form the raw-material conveyor and to achieve the average yield of oilseeds up to 3.0-3.5 t/ha. Field experiments are conducted on Koltsovsky experimental plot of Ural Scientific Research Institute of Agriculture

on gray forest heavy loamy soils, with the norms for sown seeds and fertilizer doses being in accordance with the currently accepted guidelines. The weather conditions in 2013 in the Middle Urals can be briefly described as dry and hot. Thus, the rape varieties and hybrids become mature by the 9th of September, with the average yield of oilseeds being 1.14 and 1.40 t/ha, respectively. The early-maturing summer rape becomes ready for harvesting by the 21st of August, with the average yield being 1.27 t/ha while in wet and cool 2014 summer rape ripens by the 11th of September, with the yield being 2.60 t/ha; the rape varieties and hybrids become ready for harvesting only by the 29th of September, with the yield being 2.71 and 2.79 t/ha, respectively. To optimize the raw material conveyor summer rape is essential to become mature 18-20 days earlier than rape. In the conditions of the Middle Urals in order to stimulate early maturing and more uniform entering of oilseeds apart from spring rape in the structure of the raw-material conveyor it is reasonable to include summer rape. It makes possible to obtain full seeds in all years and significantly reduce the costs of drying. The optimum ratio of rape and summer rape will depend on a set of indicators: the enterprise specialization, the cost-effective yield, the quality requirements for the final product.

Keywords: rape, summer rape, cruciferous oil-bearing crops, hybrids, raw-material conveyor, maturing.

References

1. Zhuchenko A.A. Smena paradigmi i metodologii sel'skohozyaistvennogo prirodopol'zovaniya. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo: mezhdunarodnyi nauchno-prakticheskii elektronnyi zhurnal VNIi kormov im. V.R. Vil'yamsa* 1 (2010). Web. 9 Feb. 2015 <<http://www.adaptagro.ru/index.php/ru/m85.html>>.
2. Kutuzova A.A. *Lektsii poslevuzovskogo obrazovaniya* Moscow, 2013. 116 p.
3. Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P. Razvitie kormoproizvodstva Urala. *Niva Urala* 6/7 (2011): 6-8.
4. Chemezov S.M., Kopytov M.N., Namyatov M.A., Zezin N.N.. Rekomendatsii po osobennostyam vozdeleyvaniya rapsa na zerno v usloviyah Srednego Urala. Ekaterinburg, 2008. 25 p.
5. Shpaar D. Raps i surepitsa: vyrashchivanie, uborka, ispol'zovanie. Moscow, 2007. 320 p.
6. Smirnov A.A., Dolzhenko D.O., Kabunin A.A. Rasshirenie spektra vozdeleyvaemykh kul'tur – nazhnyy put' povysheniya effektivnosti proizvodstva maslichnogo syr'ya. Penza, 2013. 16 p.
7. Kolotov A.P. Rasshirenie areala vozdeleyvaniya l'na maslichnogo v Ural'skom Federal'nom Okruge. *Maslichnye Kul'tury. Nauchno-tehnicheskii byulleten' VNIIMK* 1(150) 2012. pp. 96-99.
8. Bezgodov A.V. Podbor sortov, norm vyseva i srokov seva yarovogo rapsa i surepitsy dlya vozdeleyvaniya na semena v usloviyah Srednego Urala: extended abstract of Cand. Sci. (Agriculture) Dissertation. Ekaterinburg, 1995. 20 p.

Ponomarev Anatoly Borisovich, Cand. Sci. (Agriculture), leading researcher of the Agriculture and Feed Production Department, Ural Scientific Research Institute of Agriculture.
E-mail: ponomarev502@mail.ru.

Postnikov Pavel Afanasyevich, Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Agriculture and Feed Production Department, Ural Scientific Research Institute of Agriculture.
E-mail: Postnikov.ural@mail.ru.

STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCE

Studying of the bio-produce drying in a rotary pulse fluidized bed. Drying kinetics

T. G. Dzhurkov

The article deals with the bio-drying process to obtain products by the solid-phase fermentation method for using in plant protection. The aim of the study is to investigate the drying of granular masses with a rotary pulsed fluidized bed. The granular mass as the result of solid-state fermentation has a high moisture content and can not be fluidized with an ordinary fluidized bed. 8 Boverin samples and 3 Trichodermin samples are dried in a laboratory dryer with a rotary pulse fluidized bed in the Heat and Mass

Transfer laboratory „TST“ LTD. The drying curve of one of the samples is presented as an example. For some of the experiments the drying rate in the first period and the drying rate multiplied by the drying time are found, with the parameters influencing the drying coefficient being established. The experimental data are processed by means of an original approach, and equations for the drying kinetics are derived.

Keywords: drying, solid-state fermentation, fluidized bed.

References

1. Bykov V.A. [i dr.] Mikrobiologicheskoe proizvodstvo biologicheskikh aktivnykh veshhestv i preparatov. Moscow, 1987. 143 p.
2. Dzhurkov T., Elenkov V., Tringova V.. Sushka Boverina v sushilki rotatsionno-impul'snym kip-yashhem sloe. *Nauchnye trudy VIHVP*. Plovdiv, Vol. XXXVIII, Book II, 1991.
3. Elenkov V.R. Sushenie i sushil'naya tehnika. Sofia, 1988. 256 p.
4. Lykov A.V. Teoriya sushki. Moscow, 1968.
5. Minchev M., Kiryakov I., Nenov N. Rukovodstvo laboratornyh rabot po sushilnoi tehnike. Plovdiv: Akademichnoe izdatel'stvo UHT, 2007.
6. Svistunov A.I. Klassifikatsiya sposobov fermentatsii i fermenterov. *Vestnik NGIEI* 10(29) (2013): 109-114.
7. Smirnov K.A., Alashkevich Yu.D., Reshetova N.S. Osobennosti tverdogfaznoi fermentatsii. *Himiya rastitel'nogo syr'ya* 3 (2009): 161-164.
8. Kumhar K.C., Babu A., Bordoloi M., Ali A. Evaluation of culture media for biomass production of *Trichoderma viride* (KBN 24) and their production economics. *American Journal of Agriculture and Forestry* 2(6) (2014): 317-320.
9. Latifian M., Rad B., Amani M., Rahkhodaei E. Mass production of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) by using agricultural products based on liquid- solid diphasic method for date palm pest control. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 5(19) (2013): 2337-2341.
10. Simon S. Agro-based Waste Products as a Substrate for Mass Production of *Trichoderma* spp. *Journal of Agricultural Science* Vol. 3, No. 4 (2011).

Dzhurkov Todor Georgiev, Dr. Sci., Associate Professor, University of food technologies, Plovdiv, Bulgaria.

E-mail: todordj@plov.omega.bg.

Analysing the implementation of the state support programs for the livestock sector (according to the materials of Chelyabinsk region)

N. L. Naumova, V. V. Chaplinsky

Agricultural production in Chelyabinsk region in the last decade of the XX century is characterized by crisis events caused by long-term underestimating of its role in the country's economy, weak state support of agricultural producers and great failures in forming the productive-economic relations. However, the effective using of means of the state support and creating of the investment climate make it possible to realize successful projects in the Agro-Industrial Complex. The aim of our research is to study the development of the Agro-Industrial Complex of Chelyabinsk region in 1990-2012 when state projects were implemented. The objects of research are the statistical data of the territorial body of the Federal State Statistics Service and the Ministry of Agriculture of Chelyabinsk region. As a result, the development of agriculture of the South-Ural region is found to be obviously divided into two periods: before and after implementing of the priority national project "Development of the Agro-Industrial Complex". Over the years of implementing of the national project with the state support the output of the Agricultural Sector increases up to more than 30%. Because of this today Chelyabinsk region provide itself with its own production of basic foodstuffs due to constructed and reconstructed livestock buildings. But the main problem remains the decayed material and technical base preventing the industry from intensive development aiming at maximizing production at the lowest possible labour

and material costs. The system of villagers' state support has also been modernized. Today, it is challenging, i.e. the budget subsidies are given when on the condition of stable activities and supplies into the regional food fund and on the market.

Keywords: livestock farming, agriculture, investment, agro-industrial complex, state support programs, agricultural producers.

References

1. Social'no-ekonomicheskaya obstanovka v gorode Chelyabinske i Chelyabinskoi oblasti: Sbornik sociologicheskikh issledovaniy. Pravitel'stvo Chelyabinskoi oblasti, Institut ekonomiki URO RAN (Chelyabinskii filial); avtor-sostavitel' M.A.Gurevich: NTC NIIOGR, 2013. 230 p.
2. Innovatsionnaya deyatel'nost' vertikal'no-integrirrovannykh formirovaniy APK. Moscow: FGNU "Rosinformagroteh", 2010. 268 p.
3. Pischevye proizvodstva Chelyabinskoi oblasti: statistich. Sbornik. Territorial'nyi organ Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki po Chelyabinskoi oblasti. Chelyabinsk, 2013. 65 p.
4. Sistemy vedeniya agropromyshlennogo proizvodstva (voprosy teorii i praktiki). Moscow: Agri-Press, 1999. 332 p.
5. Funktsionirovanie innovatsionnoi sistemy v sel'skom hozyaistve Rossiiskoi Federatsii i predlozheniya po ee sovershenstvovaniyu. Moscow: FGNU «Rosinformagroteh», 2010. 214 p.
6. Prodovol'stvennaya bezopasnost' Rossii i veduschih stran mira. Moscow: FGNU "Rosinformagroteh", 2010. 314 p.
7. Sushkov S.Yu. Strategiya razvitiya Chelyabinskoy oblasti v sfere agropromyshlennogo kompleksa. *Agro-Industrial Complex of Russia 72-2* (2015): 9-12.

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.

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.

VETERINARY SCIENCES

Some action peculiarities of food additives on animals in the laboratory rat model system

G. N. Goloborodko, M. A. Derkho, T. I. Sereda

The article is devoted to assessing the effect of food additives (monosodium glutamate, sodium glurinate) on changes of body weight and internal organs when they are chronic components in rats' diet. The use of monosodium glutamate and sodium glurinate in a daily dose of 750 mg/kg within 1 month is found to cause an increase in body weight up to 42.61-46.60% due to added visceral fat. Food additives are not found to influence significantly the heart mass, but cause an increase in weight of the pancreatic gland 2.42-2.36 times as compared with the original data. Monosodium glutamate has a similar effect on kidneys and spleen, increasing their weight, respectively, up to 27.27 and 26.03%, and sodium glurinate causes the weight gain of kidneys up to 9.61-12.50%. The use of food additives is found to reduce the rats' liver weight up to 17.66-19.24% revealing hepatotoxicity. Sodium glurinate in addition to its hepatotoxicity has splenotoxicity, decreasing the spleen mass up to 21.84%. Sodium glurinate is found to have a more «glutamic effect» on the rats' organisms than sodium glutamate.

Keywords: monosodium glutamate, sodium glurinate, rats, body weight, weight of internal organs.

References

1. Alferov D.V., Zheglova M.G., Dvoynih N.D. Vliyanie glutamata natriya na funktsional'nyu aktivnost' pischevaritel'noi sistemy krysa. *Molodezhnaya nauka i sovremennost': mater. 75-i yubileinoi itogovoi Vseros. nauch. konf. stud. i molodyh uchenykh*. Kursk: KGMU (2010): 3-6.
2. Derho M.A., Sereda T.I., Goloborod'ko G.N. Vliyanie glutamata natriya na sostoyanie pecheni v organizme krysa. *Aktual'nye problemy sovremennoi nauki: sb. statei mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* Ufa: Aeterna (2015): 37-40.
3. Derho M.A., Sereda T.I., Goloborod'ko G.N. Otsenka biosinteticheskoi aktivnosti gepatotsitov na fone vliyaniya glutamata natriya. *Sovremennye kontseptsii nauchnykh issledovaniy: sb. statei X mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* Moscow: Evraziiskii sojuz uchenykh Part 2 (2015): 105-107.
4. Derho M.A., Sereda T.I., Goloborod'ko G.N. Vliyanie glutamata natriya na belkovyi obmen v organizme krysa. *Zakonomernosti i tendentsii razvitiya nauki: sb. statei mezhd. nauch.-prakt. konf.* Ufa: RIO MCII OMEGA SAJNS (2015): 6-8.
5. Derho M.A., Sereda T.I., Goloborod'ko G.N. Vliyanie glutamata natriya na massu tela i vnutrennih organov krysa. *Fundamental'nye problemy nauki: sb. statei mezhd. nauch.-prakt. konf.* Ufa: RIO MCII OMEGA SAJNS (2015): 14-17.
6. Kravchenko V.D. Vliyanie glutamata natriya na ispol'zovanie pitatel'nykh veschestv, energii ratsionov i myasnuyu produktivnost' bychkov gerefordskoi porody: extended abstract of Cand. Sci. (Agriculture) Dissertation. Orenburg: OGAU, 2000. 25 p.
7. Martinkevich E.V., Lukashenko T.M. Vozmozhnost' primeneniya soevogo moloka dlya korrektsii narushenii mikrobiotsenoza tolstogo kishechnika krysa, vyzvannykh upotrebleniem glutamata natriya. *Mediko-biologicheskie problemy zhiznedeyatel'nosti* 2(12) (2014): 34-38.
8. Nechaev A. P. [i dr.] Pischevaya himiya. Saint Petersburg: Giord, 2004. 51 p.
9. Raevskii K.S., Georgiev V.P. Mediatornyie aminokisloty. Neurofarmakologicheskie i neurohimicheskie aspekty. Moscow: Meditsina, 1986. 239 p.
10. Strel'tsova I.A., Maksimov S.M., Samsonova N.A., Arhipova A.V. Glutamat natriya: usilitel' vkusa i istochnik zavisimosti cheloveka. *Nauka molodyh: sb. nauch. tr. molodyh uchenykh*. Arzamas: AGPI, 5 (2012): 107-118.
11. Upotreblenie glutamata vedet k ozhireniyu. Web. 14 Jan. 2015 <<http://doctorvic.ru/thenews/med-news/upotreblenie-glutamata-vedet-k-ozhireniyu>>.
12. Falaleeva T.M., Samonina G.E., Beregovaya T.V. Vliyanie gliptrolinov na strukturno-funktsional'noe sostoyanie slizistoi obolochki zheludka i massu tela krysa v usloviyakh dlitel'nogo vvedeniya glutamata natriya. *Fizika zhivogo* Vol. 18, №1 (2010): 154-159.
13. Bray G.A. Syndromes of hypothalamic obesity in man. *Pediatr Ann* 13 (1984): 525-536.
14. Brian S.M. Glutamate as a Neurotransmitter in the Brain: Review of Physiology and Pathology. *Journal of Nutrition* 130 (2000): 1007-1015.
15. Farombi E.O., Onyema O.O. Monosodium glutamate-induced oxidative damage and genotoxicity in the rat: modulatory role of vitamin C, vitamin E and quercetin. *Hum Exp Toxicol.* 25(5) (2006): 251-259.
16. Meldrum B. Amino acids as dietary excitotoxins: a contribution to understanding neurodegenerative disorders. *Brain Res. Rev.* 18 (1993): 293-314.
17. Shi Z. [et al.] Monosodium glutamate is not associated with obesity or a greater prevalence of weight gain over 5 years: findings from the Jiangsu Nutrition Study of Chinese adults. *Br. J. Nutr.* 104 (2010): 457-463.
18. Olney J., Fuxe K., Roberts P., Schwarcz R.. Excitotoxins. London: Macmillan Press (1983): 82-96.
19. Olney J.W. Glutamate-induced neuronal necrosis in the infant mouse hypothalamus: an electron microscopic study. *J. Neuropathol. Exp. Neurol.* 30 (1971): 75-90.
20. Watkins I.C., Jane D.E. The glytamate story. *Br. J. Pharmacol.* 147 №1 (2006): 100-108.

Goloborodko Galina Nikolayevna, undergraduate, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: derkho2010@yandex.ru.

Derkho Marina Arkadyevna, Dr. Sci. (Biology), Professor, Head of the Chair of Organic, Biological and Physical-Colloidal Chemistry, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: derkho2010@yandex.ru.

Sereda Tatiana Ivanovna, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor of the Chair of Organic, Biological and Physical-Colloidal Chemistry, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: derkho2010@yandex.ru.

The effect of silver nanoparticles on the cadmium toxicity in the bodies of laying hens

M. A. Derkho, E. A. Tkachenko

The paper deals with the antitoxic properties of silver nanoparticles for laying hens due to the experimental subacute cadmium-sulphate exotoxicosis. The object of studying is 22-week-old hens of the cross "Lohmann White". Cadmium sulfate ($\text{CdSO}_4 \times 8\text{H}_2\text{O}$) being given in grain boluses with a dose of $1/10 \text{LD}_{50}$ (52.5 mg/kg) within 15 days, the cadmium-initiated toxicosis is found cause a decrease in the body weight of hens and in the absolute and relative liver weight along with ceased egg laying. The value of these indicators declines the least (the live weight – 4.02%, the absolute liver weight – 15.29%, the relative liver weight – 11.47%) in the group of hens, in which oral introduction of cadmium sulphate is combined with silver nanoparticles added into water with a daily dose 7.0 mg/kg to prevent cadmium from depositing in liver cells. This is proved to be true with the impurity index ($496,56 \pm 35,84$ nominal units) which is 1.94 times lower as compared with hens experienced the cadmium toxicosis without introduction of silver nanoparticles.

Keywords: hens, cadmium, toxicosis, liver.

References

1. Tkachenko E.A. [i dr.] Adaptatsionnye izmeneniya aktivnosti fermentov v organizme myshei pri oksidativnom stresse. *Vestnik Veterinarii* 65 (2013): 65-69.
2. Vasil'tsova I.V. Vliyanie detoksikantov rastitel'nogo proishozhdeniya na akkumulyatsiyu antropogennykh zagryaznitelei (svinca i kadmiya) v organizme krysa: extended abstract of Cand. Sci. (Biology) Dissertation. Krasnoyarsk : Krasnoyarskii GAU, 2011. 24ps.
3. Vahramova O.G., Ovcharenko E.V., Verotochenko M.N. Ekologicheskie aspekty vliyaniya razlichnykh form hitozana na organizm kur-nesushek. *Izvestiya TSKhA* 3 (2008): 118-124.
4. Gaevaya E.V. Ekologo-toksikologicheskaya otsenka sel'skohozyaistvennoi produktsii yuga Tyumenskoi oblasti: extended abstract of Cand. Sci. (Biology) Dissertation. Tyumen: TGSKhA, 2012. 19 ps.
5. Danilova N.I. Toksikologicheskaya otsenka i eksperimental'noe obosnovanie primeneniya polifermennykh preparatov v ptitsevodstve i svinovodstve: extended abstract of Cand. Sci. (Biology) Dissertation. Kazan, 2009. 32 p.
6. Derkho M.A., Sereda T.I., Ryb'yanova Zh.S. Pryamoe i oposredovannoe deistvie kadmiya na metabolicheskie funktsii pecheni myshei. *Inter-medikal* 3 (2014): 53-58.
7. Zhaksalykova A.K. Strukturnaya organizatsiya pecheni i ee regionarnykh limfaticeskikh uzlov pri kadmiovoi intoksikatsii i korrektsii enterosorbentom (anatomo-eksperimental'noe issledovanie): extended abstract of Cand. Sci. (Medicine) Dissertation. Alma-Ata, 2010. 45 p.
8. Bitarova Zh.R. [i dr.] Izmeneniya makro- i mikrogemodinamiki v nefrone i perifericheskoi sosudistoï sisteme v usloviyakh oksidativnogo stressa pri kadmiovoi intoksikatsii. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossiiskoi akademii nauk* 12 №1(7) (2010): 1718-1921.
9. Kleptsyna E.S., Afonina I.A. Vliyanie razlichnykh doz kadmiya na biohimicheskie i gematologicheskie parametry krovi kur-nesushek. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* 4 (2014): n. pag. Web. 7 July 2015 <<http://www.science-education.ru>>.
10. Koval' Yu.I. Vliyanie soedinenii s antioksidantnymi svoystvami na akkumulyatsiyu svintsa i kadmiya v organakh i tkanyakh tsyplyat broilerov: extended abstract of Cand. Sci. (Biology) Dissertation. Novosibirsk, 2011. 17 p.
11. Lisunova L.I., Tokarev V.S., Kormilitsina Yu.V. Vliyanie kal'tsiya na snizhenie akkumulyatsii kadmiya v organizme perepelov. *Sibirskii Vestnik Sel'skohozyaistvennoi Nauki* 9 (2008): 119-120.
12. Malov A.M., Sibiryakov V.K., Ivanenko A.A. Nakoplenie kadmiya v nekotorykh organakh i tkanyakh krysa. *Klinicheskaya Toksikologiya* 14 (2013): 228-240.

13. Novikov V.A., Gizatullin R.R., Tremasov M.Ya. Korrigiruyushee deistvie natriya sul'fida pri immunodefitsite, modelirovannom kadmiya hloridom. *Vestnik Veterinarii* 1 (2004): 54-57.
14. Nosenko D.L., Bokova T.I. Vliyanie rastitel'nyh polisaharidov na snizhenie svintsya i kadmiya v organah i tkanyah laboratornykh zhivotnykh. *Sib. Vestnik Sel'skohozyaistvennoi Nauki* 4 (2007): 55+.
15. Papunidi E.K. Veterinarno-sanitarnaya otsenka myasa zhivotnykh pri sochetannoi intoksikatsii tyazhelymi metallami i primeneniya tseolitov. *Veterinarnyi Vrach* 3 (2008): 8-9.
16. Bilyalov E.K. [i dr.] Produktivnost' kur-nesushek pri intoksikatsii organizma sol'yu kadmiya. *Doklady natsional'noi akademii nauk Respubliki Kazahstan* 5 (2011): 50-54.
17. Sereda T.I., Derho M.A. Vliyanie reproduktivnogo perioda na bezopasnost' kurinogo yaitsa. *Agrarian Bulletin of the Urals* 3 (2010): 65-67.
18. Sobol'kina O.A. Korreksiya immunnogo statusa kur v tehnogennoi zone Yuzhnogo Urala. *Uchenye Zapiski KGAVM im. N.E.Baumana* 185 (2006): 273-276.
19. Sotskii P.A., Derho M.A. Vliyanie kumulyatsii tyazhelykh metallov v organizme bychkov na nekotorye funktsii pecheni. *Veterinarnyi Vrach* 1 (2008): 13-16.
20. Tkachenko E.A., Derho M.A. Vliyanie kadmiya na belkovyi spektr krovi organizma myshei. *Agro-Industrial Complex of Russia* 72-2 (2015): 167-170.
21. Tkachenko E.A., Derho M.A. Vliyanie α -tokoferola i nanochastits serebra na mor-fologicheskii sostav krovi myshei pri eksperimental'noi kadmievoi intoksikatsii. *Izvestiya OGAU* 1(51) (2015): 84-87.
22. Tkachenko E.A., Derho M.A. Vliyanie nanochastits serebra na kletochnyi sostav krovi myshei pri kadmievom toksikoze. *Otechestvennaya nauka v epohu izmenenii: postulaty proshlogo i teorii novogo vremeni: mater. II mezhd. nauch.-prakt. konf. Ekaterinburg* 4, Part 3 (2014): 117-120.
23. Tokarev V., Lisunova L. Nakoplenie kadmiya v organah i tkanyah perepelov i cyplyat-broilerov. *Ptitsevodcheskoe Hozyaistvo. Ptitsefabrika* 9 (2011). Web. 7 July 2015 <<http://www.webpticeprom.ru>>.
24. Tkachenko E.A. [i dr.] Harakteristika pechenochnoi fermentemii v usloviyakh kadmievoi intoksikatsii. *Vestnik NGAU* 1 №30 (2014): 96-99.
25. Patrashkov S.A. [et al.] Content of heavy metals in the hair. *J. De Physique IV: JPXII International Conference on Heavy Metals in the Environment*; editors: C.Boutron, C.Ferrari. Grenoble, 2003. Pp. 1025-1027.

Derkho Marina Arkadyevna, Dr. Sci. (Biology), Professor, Head of the Chair of Organic, Biological and Physical-Colloidal Chemistry, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: derkho2010@yandex.ru.

Tkachenko Elena Andreyevna, assistant of the Chair of Organic, Biological and Physical-Colloidal Chemistry, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: derkho2010@yandex.ru.

ECONOMIC SCIENCES

Determinants of the development of agricultural credit consumer cooperatives

O. D. Rubaeva, D. Yu. Pankratova

The development of agricultural credit consumer cooperatives enhances financial resources to improve the competitiveness of domestic agricultural producers. Agricultural credit consumer cooperatives strengthen the position of the national agricultural sector when supplying the population with food. When giving their shareholders credits and thereby intensifying their activity, cooperatives cause saturating of the national agricultural market with domestic agricultural produce and lower the country's dependence on imported food. An important measure to enhance the functioning of agricultural credit consumer cooperatives is a complex study to reveal the determinants causing them to develop and the relationship between the development of agricultural credit consumer cooperatives with the state support and the socio-economic welfare of the members of consumer cooperatives (agricultural producers). The technique developed by the authors is built on the basis of quantitative assessing of the three groups of determinants of internal and external environment

that influence the development of agricultural credit consumer cooperatives. The first group includes indicators of internal growth. The second one involves indicators of the external socio-economic environment to determine the possibility of members to direct funds in the form of savings and interest payments on loans in agricultural credit consumer cooperatives. The third group includes index numbers reflecting the impact of the state support and its effectiveness in raising tax revenues, i.e. assessments to the budget.

Keywords: consumer cooperation, agricultural cooperative, credit cooperative, minor business forms.

References

1. Panaedova G.I. Formirovanie i razvitie regional'noi sistemy kooperativnogo kreditovaniya. Stavropol', 2009. 167 p.
2. Samsonova I.V., Pavlova M.B. Sotsiologicheskoe issledovanie voprosov regulirovaniya i gosudarstvennoi podderzhki sel'skohozyaistvennoi kreditnoi kooperatsii. *Izvestiya MAAO* (2011): n.pag.
3. Hudyakova E.V. Sovershenstvovanie organizatsionno-ekonomicheskogo mehanizma sel'skoi kreditno kooperatsii. Moscow: Triada, 2003. 192 p.
4. Yanbyh R.G. Razvitie sel'skohozyaistvennoi kreditnoi kooperatsii v Rossii. *Nauchnye trudy VIAPIm. A.A.Nikonova*. Moscow: VIAPIm. A. A. Nikonova 34 (2011): 222 p.
5. Bakanach O.V., Kornev V.M. Regional'nye determinanty razvitiya ipotechnogo potentsiala. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* 4-5 (57-2) (2015): 413-416.
6. Telegina Zh.A. Metodicheskoe obosnovanie prognoza i regulirovaniya kapital'nyh vlozhenii v regional'nom APK. *Ekonomika sel'skohozyaistvennykh i pererabatyvayuschih predpriyatii* 5 (2007): 32-34.
7. Chupina I.P., Beznosov G.A. Prodovol'stvennaya bezopasnost' regiona. *Ekonomika, finansy i menedzhment: tendentsii i perspektivy razvitiya: sb. nauch. trudov po itogam mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* Volgograd (2015): 86-88.
8. Prohorova L.V. Pokazateli povysheniya kachestva zhizni na sele. *Ekonomika sel'skogo hoztaistva Rossii* 12 (2013): 90-94.
9. Chupina I.P. Vliyanie vneshnih i vnutrennih faktorov na razvitie rossiiskoi ekonomiki. *Agrarian Bulletin of the Urals* 3 (2011): 117+.
10. Kibirov A.Ya., Kulov A.R. Rol' i mesto kooperatsii v razvitiu agroprodovol'stvennogo rynka. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom hozyaistve* 1(14) (2013): 46-48.
11. Pankratova D.Yu. Konceptsiya modelirovaniya processa razvitiya sel'skohozyaistvennogo kreditnogo kooperativa. *Bulletin of Chelyabinsk State University. Economy* 43, 5(334) (2014): 36+.
12. Rubaeva O.D., Pankratova D.Yu. Algoritm korrektyrovki napravlenii gosudarstvennoi podderzhki razvitiya sel'skohozyaistvennoi kreditnoi potrebitel'skoi kooperatsii. *Agrarian Bulletin of the Urals* 11 (129) (2014): 90+.
13. Rubaeva O.D., Pankratova D.Yu. Algoritm otsenki potentsiala sozdaniya sel'skohozyaistvennykh kreditnykh potrebitel'skikh kooperativov na territorii munitsipal'nykh obrazovaniy Chelyabinskoi oblasti. *Agrarian Bulletin of the Urals* 02(120) (2014): 92+.
14. Rubaeva O.D., Pankratova D.Yu. Gosudarstvennaya podderzhka razvitiya sel'skohozyaistvennoi kreditnoi potrebitel'skoi kooperatsii. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii* 1(13) (2015): 44-47.
15. Farmer cooperative theory: recent developments United States Department of Agriculture ACS Research Report Number 84. Web. 25 Oct. 2015 <<http://www.rurdev.usda.gov/rbs/pub/rr84.pdf>>.
16. Timothu Besley, Stephen Coate, Glenn Loury The Economics of Rotating Savings and Credit Associations. *The American Economic Review*, Vol. 83, No. 4 (Sep., 1993): 792-810.
17. Timothu Besley, Stephen Coate, Glenn Loury Rotating Savings and Credit Associations, Credit Markets and Efficiency. *The Review of Economic Studies*, Vol. 61, No. 4 (Oct., 1994): 701-719.

Rubaeva Olga Dmitryevna, Dr. Sci. (Economics), Professor, Head of the Chair "Agricultural Production Management", South-Ural State Agrarian University.
E-mail: kosmija@yandex.ru.

Pankratov Daria Yuryevna, senior teacher of the Chair "Agricultural Production Management", South-Ural State Agrarian University.
E-mail: dashai@lst.ru.

Economic evaluation of using of water-methanol injections in diesel engines

A. V. Startsev, O. N. Vagina, S. V. Romanov, D. V. Vagin

The article gives an economic evaluation of the effectiveness of water and water-ethanol injections during the operation of mobile agricultural machine-tractor units, with a sowing unit combined with a tractor MTZ-80/82 and a stubble planter SES-2.1 taken as an example of an agricultural machine-tractor unit. When calculating the cost of ethanol, it is necessary to use a grain equivalent as grain can be regarded as a raw material and a final product. In particular, grain is used as the raw material to produce ethanol, and ethanol, in its turn, is used as a fuel for grain production. As a result of researching the use of machine-tractor units on the basis of tractors MTZ-80/82 with engines D-240 (4Ch 11/12.5) equipped with devices for water and water-ethanol injections, for the agriculture of the Russian Federation is established to be economically profitable. The annual economic effect ranges from 38 000 to 160 000 rubles for one tractor MTZ-80/82 per year.

Keywords: water injection, water-ethanol injection, grain equivalent, economic evaluation, annual economic effect, payback period of additional capital investments, top limit of new machinery prices.

References

1. Gorbov V.M., Mitenkova V.S. Problemy primeneniya al'ternativnyh topliv v sudovyh energeticheskikh ustanovkakh. *Sektsiya – Tehnicheskie nauki, podseksiya – Energetika*. Nacional'nyi universitet korablestroeniya, Nikolaev, Ukraina. Web. 23 Oct. 2015 <http://www.rusnauka.com/9_EISN_2007/Tecnic/21287.doc.htm>.
2. GOST R 53056-2008. Tehnika sel'skohozyaistvennaya. Metody ekonomicheskoi otsenki.
3. Altuhov A.I. Zernovye istochniki al'ternativnogo topliva. *Vestnik OrelGAU* 2 (2007): 4-9.
4. Oficial'nyi sait Nauchno-Proizvodstvennoi Kompanii "Etanol-Kom". Web. 23 Oct. 2015 <<http://www.spirtzavod.com/contacts.html>>.
5. Sravnenie stoimosti proizvodstva etilovogo spirta /toplivnogo etanola v SShA i Germanii. Oliver Henniges, Institute of Farm Management, University of Hohenheim, Stuttgart/Germany. Contact: henniges@uni-hohenheim.de Prof. Dr. Drs. h.c. Jurgen Zeddies, Institute of Farm Management, University of Hohenheim, Stuttgart/Germany. Contact: i410b@uni-hohenheim.de.
6. Rossiiskii rynek zernovyh v yanvare-marte 2014 goda. Web. 23 Oct. 2015 <<http://ab-centre.ru/articles/rossiyskiy-rynok-zerna-v-2014-godu-situaciya-v-yanvare-marte>>.
7. Storozhev I.I. Uluchshenie ekologicheskikh pokazatelei dizel'nyh dvigatelei retsirkulyatsiei otrabotavshih gazov s dobavleniem vody. "Agrarnaya politika na sovremennom etape": sb. nauch.-prakt. konf. Tyumen': TyumGSKhA (2007): 228-233.
8. Startsev A.V., Storozhev I.I. Effektivnost' ispol'zovaniya mashinno-traktornyh agregatov s dvigatelyami, rabotayuschimi na mnogokomponentnom toplive. Soobschenie 1. Energeticheskaya otsenka. *Nauka i proizvodstvo: sb. nauch. trud.* Chelyabinsk: ChRO RAEN (2009): 18-23.
9. Spravochnik ekonomista sel'skohozyaistvennoi organizatsii. Moscow: Rosinformagroteh, 2012. 464 p.
10. Startsev A.V., Bogdanov A.V., Popova S.Yu. Otsenka ekonomicheskoi effektivnosti ot vnedreniya novogo oborudovaniya s uchetom izmenenii uslovii truda. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* 8 (2006): 42-44.
11. Startsev A.V. [i dr.] Sbornik zadach po kursu "Organizatsiya informatsionno-konsul'tatsionnoi sluzhby v APK". Chelyabinsk: ChGAU, 2007. 132 p.
12. Vagina O.N. Ekonomicheskii mehanizm vosstanovleniya tehnikeskogo potentsiala v sel'skom hozyaistve: extended abstract of Cand. Sci. (Economics) Dissertation. Chelyabinsk, 2000.
13. Vagin D.V. Obzor topliv DVS. Mater. LII mezhdunar. nauch.-tehn. konf. "Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu". Chelyabinsk: ChGAA, Part V (2013): 53-59.
14. Vozmozhnosti spirtovyh topliv. Analiticheskii portal himicheskoi promyshlennosti: Novye himicheskie tehnologii. Web. 23 Oct. 2015 <http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id=4054>.
15. Garkushina S.V. Otsenka effektivnosti ispol'zovaniya al'ternativnyh vidov motornogo topliva na transporte v regione. *Vestnik VolGU* Ser. 3 1(12) (2008): 138-141.

16. Startsev A.V., Vagin D.V. Primenenie al'ternativnyh i mnogokomponentnyh topliv v dvigatelyah vnutrennego sgoraniya. *Vestnik ChGAA* 68 (2014): 84-87.

Startsev Andrey Vasilyevich, Dr. Sci. (Economics), Professor, Head of the Chair Agribusiness, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: sav.63.10.04@mail.ru.

Vagina Olga Nikolayevna, Cand. Sci. (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Chair Agribusiness, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: nikon_65@mail.ru.

Romanov Sergey Vyacheslavovich, applicant, State Agrarian University of North Ural.
E-mail: kex@rambler.ru.

Vagin Dmitry Vladimirovich, post graduate student, South-Ural State Agrarian University.
E-mail: meloman-174@mail.ru.

Правила предоставления рукописей статей в научно-практический журнал «АПК России»

Представленная в электронном и (желательно) печатном вариантах статья должна соответствовать профилю и научному уровню журнала. Материалы, представленные аспирантами, магистрантами, должны быть заверены научным руководителем.

Объем текста статьи не должен превышать 20 стр. для доктора наук, для остальных авторов объем статьи составляет от 8 до 15 стр. Все данные должны иметь сноски на источник их получения. Ответственность за использование данных, не предназначенных для открытых публикаций, несут, в соответствии с законодательством Российской Федерации, авторы статей.

Статья должна содержать метатекст: аннотацию, ключевые слова, сведения об авторах (фамилия, имя, отчество авторов полностью; место работы, занимаемая должность; ученая степень, звание; адрес для переписки, e-mail и телефоны для связи), список литературы.

Метатекст (название статьи, аннотация, ключевые слова, ФИО авторов полностью, сведения об авторах, список литературы) должен быть представлен на русском и английском языках.

Рекомендуемый объем аннотации – 200–250 слов, не более 2000 символов. Не следует начинать аннотацию с повторения названия статьи! В аннотации необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (желательно с приведением количественных данных), четко сформулировать выводы. В аннотации не допускается разбивка на абзацы и использование вводных слов и выражений, элементы сложного форматирования (индексы, символы и т.п.).

Статья должна отражать следующие разделы:

1. Актуальность темы.
2. Цель исследований.
3. Материалы и методы.
4. Результаты исследований.
5. Выводы.
6. Рекомендации.
7. Список литературы (ГОСТ Р 7.0.5–2008)

Статья должна содержать элементы научной новизны и практическую ценность. Новизна может быть не общенаучной, а отраслевой. Статья не должна иметь фактических ошибок, выводы и заключения не должны противоречить известным законам природы и общенаучным истинам.

Материалы подписываются автором (авторами). Автор (авторы) заполняют анкету при представлении в редакцию рукописи статьи.

Невыполнение указанных выше требований в полном объеме является поводом для отказа в приеме материала.

Статьи, соответствующие указанным требованиям, регистрируются.

Решение о публикации статьи принимается по результатам рецензирования и обсуждения на редколлегии.

Информацию о прохождении статьи авторы могут уточнить по тел. редакции: +7 (351) 266-65-39, а также по электронной почте: medvedevasa@list.ru.

Представляя свои материалы для опубликования автор тем самым дает согласие на размещение на безвозмездной основе электронной версии своей статьи, опубликованной в журнале «АПК России», на сайте и в научной библиотеке вуза и на сайте электронной научной библиотеки e-library в открытом доступе в полнотекстовой версии.

Все статьи рецензируются, отклоненные статьи авторам не возвращаются, о причинах отклонения автор уведомляется на основании заключения рецензента.

Гонорар за публикации не предусматривается.

Автор обязан приобрести номер журнала, в котором опубликованы представленные им к печати материалы, в редакции или оформить подписку на издание.

Правила оформления статьи

Указать тематическую рубрику (код УДК) в верхнем левом углу статьи.

Наименование статьи должно отражать ее содержание и состоять не более чем из 12 слов. Сокращения в наименовании статьи не допускаются.

ФИО авторов полностью, место работы, занимаемая должность; ученая степень, звание, телефон и e-mail (каждого автора).

Аннотация на русском языке.

Ключевые слова на русском языке.

Все поля – 2 см. Шрифт текста – TimesNewRoman. Размер шрифта – 14 пт, интервал – 1,5.

Буквы латинского алфавита – курсивного начертания, буквы греческого и русского алфавитов, индексы и показатели степени, математические символы \lim , \lg , const , \cos , \sin , \max , \min и др. – прямого начертания.

Набор формул в стандартных редакторах формул MathType либо Equation, шрифт Times New Roman. Нумеровать только те формулы, на которые есть ссылки в тексте. Номер формулы ставить с правой стороны в конце формулы с выравниванием по правой границе страницы. Обозначения в формулах: прямо – русские буквы, греческие символы, функции, цифры; курсив – латинские буквы.

Таблицы и рисунки помещать за первой ссылкой на них в тексте после окончания абзаца. Графики и диаграммы должны быть активны и сохранены в отдельной папке с обозначением каждого рисунка, согласно тексту статьи. Рисунки выполнять, используя программные продукты, и представлять в виде отдельного файла: в растровом формате Tiff, JPG, BMP (300 dpi); в векторных форматах CDR, EPS, wmf; рисунки Word – в формате DOC.

Фотографии выполнять с разрешением не менее 600 dpi.

Обозначения, термины и иллюстративный материал привести в соответствие с действующими государственными стандартами.

Список литературы должен быть оформлен в соответствии с последовательностью ссылок в тексте согласно ГОСТ 7.0.5-2008.

Все аббревиатуры необходимо расшифровать.

Метатекст (название статьи, аннотация, ключевые слова, ФИО авторов полностью, сведения об авторах) на английском языке; список литературы – транслитерация.

*С уважением,
редакция журнала*

Анкета автора*
представленной в редакцию рукописи статьи:

(название статьи)

ФИО (полностью)	
Ученая степень	
Ученое звание	
Должность	
Место работы, учебы (полное наименование организации)	
Адрес места работы, учебы (с указанием индекса)	
Контактный телефон (с указанием кода города)	
Адрес электронной почты	
SPIN-КОД автора в базе РИНЦ (на сайте http://elibrary.ru)	
Адрес, на который следует выслать авторский экземпляр журнала (с указанием индекса)	
Иные сведения	

Подписывая данную анкету, я, _____,
(Фамилия Имя Отчество)

выражаю согласие на то, что представление рукописи статьи в адрес редакции журнала «АПК России» является конклюдентным действием, направленным на передачу редакции исключительных прав на произведение: права на воспроизведение и права на распространение, а также на размещение статьи в электронной версии журнала в открытом доступе в сети Интернет и в наукометрических электронных базах данных.

Также предоставляю редакции свои персональные данные (фамилия, имя, отчество; сведения об образовании; сведения о месте работы и занимаемой должности) без ограничения срока для их хранения и обработки в различных базах данных и информационных системах, включения в аналитические и статистические отчетности, создания обоснованных взаимосвязей объектов произведений науки, литературы и искусства с персональными данными и т.п. Редакция имеет право передать указанные данные для обработки и хранения третьим лицам.

«__» _____ 20__ г.

Подпись

Фамилия И.О.

* – В случае подготовки статьи в соавторстве сведения предоставляются каждым из авторов.

Вниманию читателей!
Подписку на журнал можно оформить в почтовых
отделениях ФГУП «Почта России».

Издание включено в 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 02.12.2015.
Формат 60×84/8. Гарнитура Times.
Усл. печ. л. 28,4. Тираж 300 экз.
Заказ № 168.

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

Свободная цена

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 02.12.2015.
Format 60×84/8. Times script.
Conventional printed sheet 28,4.
Circulation 300 copies.
Order № 168.

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

Free-market price