

ISSN 2587-8824



# АПК России

Научный журнал

Основан в 1993 году

Том 25  
№ 5

Челябинск  
2018





ISSN 2587-8824



# Agro-Industrial Complex of Russia

Scientific Journal

Published since 1993

Volume 25  
Issue 5

Chelyabinsk  
2018



**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  
№ ФС 77-65320 от 12.04.2016  
(РОСКОНАДЗОР, г. Москва)

The journal is included  
in the Russian Science Citation Index:  
<http://www.elibrary.ru>  
Certificate of registration SMI PI  
№ FS 77-65320 of 12.04.2016  
(ROSKOMNADZOR, city of Moscow)

**Главный редактор**

доктор сельскохозяйственных наук, доцент,  
ректор Южно-Уральского государственного аграрного  
университета

**Литовченко Виктор Григорьевич**

**Заместитель главного редактора**

доктор биологических наук, доцент,  
**Мифтахутдинов Алевтин Викторович**

**Редакционная коллегия**

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

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

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

**Editor-in-Chief**

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
Rector of South-Ural State Agrarian University  
**Litovchenko Victor Grigoryevich**

**Deputy Editor-in-Chief**

Doctor of Biological Sciences, Associate Professor  
**Miftakhutdinov Alevtin Viktorovich**

**Editorial board**

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

## СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENT

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

### AGRICULTURAL SCIENCES

- Зыбалов В. С.**  
Роль промежуточных посевов, поликультур  
и сидератов в повышении плодородия почв  
Южного Урала.....579
- Панфилов А. Э., Казакова Н. И.**  
Продуктивность кукурузы в лесостепи  
Зауралья как функция скороспелости  
гибридов.....586

- Zybalov V. S.**  
The role of intermediate crops, polycrops  
and green manure to increasing of soil fertility  
of the Southern Urals.....579
- Panfilov A. E., Kazakova N. I.**  
Corn productivity in the forest-steppe  
of the Trans-Urals as a function of early  
maturity of hybrids.....586

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### TECHNICAL SCIENCES

- Гриценко А. В., Глемба К. В.,  
Салимоненко Г. Н., Назаров М. В.,  
Шефер Л. А.**  
Исследование взаимосвязи частоты  
вращения коленчатого вала бензиновых  
ДВС с техническим состоянием форсунок,  
катализатора и свечей системы зажигания...592
- Гутров М. А.**  
Анализ методов и средств  
для экспериментального исследования  
величины силы разрушения связи зерна  
с колосом.....600
- Козлов А. Н., Акымбеков А. Ж.,  
Нурдан У. Н.**  
Комплектование сосковой резины  
доильных аппаратов по разбросу  
случайных величин.....611
- Козлов А. Н., Шатруков В. И.,  
Плескачев П. А.**  
Расчет фильтра тонкой очистки молока  
в программе APM WinMACHine Studio.....616
- Лопухов А. В., Файзуллоев Н. Л.,  
Союстов А. А., Грашина Д. В.,  
Гриценко А. В., Глемба К. В.**  
Моделирование и расчет параметров  
нагружения элементов пассивной  
безопасности болида в проекте  
«Формула студент».....622
- Мальцева О. И., Машрабов Н.**  
Совершенствование моделей  
формирования объема запасов.....631
- Пятаев М. В., Зырянов А. П.,  
Огнев И. И., Антонова К. В.**  
Результаты экспериментальных  
исследований по оценке равномерности  
распределения семян распределителем  
пневматической сеялки.....635

- Gritsenko A. V., Glemba K. V.,  
Salimonenko G. N., Nazarov M. V.,  
Shefer L. A.**  
A study of the relationship of a crankshaft  
speed of the petrol engine with the technical  
condition of the injectors, catalytic agent  
and spark plugs of the ignition system.....592
- Gutrov M. A.**  
Analysis of methods and means  
for experimental study of the fracture force  
of grain-ear coupling.....600
- Kozlov A. N., Akimbekov A. J.,  
Nurdan U. N.**  
Acquisition of the teat rubber of milking  
machines on the spread of random variables...611
- Kozlov A. N., Shatrukov V. I.,  
Pleskachev P. A.**  
Calculation of the fine filter of milk  
in the program APM WinMACHine Studio.....616
- Lopukhov A. V., Fayzulloev N. L.,  
Soyustov A. A., Grashina D. V.,  
Gritsenko A. V., Glemba K. V.**  
Modeling and calculation of loading parameters  
of elements of passive safety of the race car  
in the project «Formula student».....622
- Maltseva O. I., Mashrabov N.**  
Refine models of the formation of the amount  
of reserves.....631
- Pyataev M. V., Zyryanov A. P.,  
Ognev I. I., Antonova K. V.**  
The results of experimental studies to assess  
the uniformity of seed distribution  
by pneumatic seeder distributor.....635

**Руднев В. В., Карпенко А. Г.,  
Гриценко А. В., Глемба К. В.,  
Салимоненко Г. Н., Назаров М. В.,  
Лопухов А. В.**  
Пневматические гибридные силовые  
установки с использованием теплоты  
системы охлаждения и отработавших  
газов ДВС.....640

**Rudnev V. V., Karpenko A. G.,  
Gritsenko A. V., Glemba K. V.,  
Salimonenko G. N., Nazarov M. V.,  
Lopukhov A. V.**  
Pneumatic hybrid power plants using the heat  
of the cooling system and exhaust gases  
of the internal combustion engine.....640

#### **ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ**

**Безин А. Н., Мифтахутдинов А. В.,  
Гумеров Т. Б.**  
Иммунобиохимический статус  
при болезнях копыт  
высокопродуктивных коров.....647  
**Мухамедьярова З. П.**  
Токсичность Набиката.....653

#### **VETERINARY SCIENCES**

**Bezin A. N., Miftahutdinov A. V.,  
Gumerov T. B.**  
Immunobiochemical status in diseases  
of hooves of highly productive cows.....647  
**Mukhamedyarova Z. P.**  
Toxicity of Nabikat.....653

УДК 631.874+631.48(470/.58)

**РОЛЬ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПОСЕВОВ, ПОЛИКУЛЬТУР И СИДЕРАТОВ  
В ПОВЫШЕНИИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ЮЖНОГО УРАЛА****В. С. Зыбалов**

Современное состояние агроэкосистем и их главного элемента – почв – не соответствует устойчивому развитию сельского хозяйства Южного Урала. На значительной территории протекают процессы эрозии почв, деградации их физического комплекса, формируется дисбаланс элементов минерального питания и органического вещества. Почвы на значительной площади загрязнены промышленными отходами, радионуклидами, нарушено экологическое равновесие в агроэкосистемах. Это привело к высокой зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от погодных условий. Отсюда высокая энергозатратность и низкая конкурентоспособность нашего сельского хозяйства в условиях рыночной экономики. Химикотехногенная интенсификация, на которую была сделана основная ставка по развитию сельского хозяйства России, в прошлом веке не оправдалась. В результате неадаптивного подхода к использованию агроресурсов, высокой нагрузки на окружающую среду произошел разлад человека и природы. Экономические механизмы в сельском хозяйстве Южного Урала не будут работать до тех пор, пока почвы не будут приведены в экологическое состояние. В статье рассматривается современное состояние почвенного плодородия Челябинской области, обсуждается возможность управления плодородием почв с широким использованием промежуточных культур, поликультур и сидератов, предложенных на основных принципах агроэкологии: адаптивного подхода, экологического императива и сестайнинга (самовосстановления плодородия почв). Приводятся экспериментальные данные автора по влиянию промежуточных посевов, поликультур и сидератов на основные показатели почв, способности снижения антропогенной энергии и более устойчивому развитию сельского хозяйства Южного Урала.

*Ключевые слова:* деградация почв, плодородие почв, поликультуры, промежуточные культуры, сидераты.

В процессе эволюции человеческого общества Земля является важным, ничем не заменимым средством производства, однако площадь земельных ресурсов весьма ограничена. По данным ФАО, лишь 11% всех земельных ресурсов в мире занимает пашня, более 33% малопродуктивные и непригодные земли,  $\frac{3}{4}$  всех почв мира недостаточно обеспечены теплом и влагой [1, 3].

Почва – основной источник получения продуктов питания для человека (88%), среда произрастания растений и обитания животных, база социально-экономического развития любого государства, его национальное достояние и стратегический природный ресурс.

В контексте построения общества устойчивого развития как центральной проблемы, которую предстоит решать ныне живущим поколениям людей, важное место занимает продовольственная безопасность. В настоящее время население планеты Земля достигло 7,6 млрд человек, из них около 17% населения испытывают голод, и в ближайшее время это число может увеличиться вдвое [3]. Причин тому много. Одна из них – безответственное и потребительское отношение людей к природным ресурсам, в том числе почвам. Сущность истощения природных ресурсов в мире связана с деградацией почв, ежегодно в мире

теряется около 7,0 млн, то есть база жизни для 21,0 млн человек [1, 3].

Основные причины деградации почв:

- нерациональная сельскохозяйственная деятельность;
- вырубка лесов;
- высокая пастбищная нагрузка;
- чрезмерная эксплуатация.

Россия обладает самым большим земельным фондом в мире, однако доля обрабатываемых земель не превышает 8%, а в связи с неблагоприятными природно-климатическими условиями дальнейшее увеличение пашни ограничено.

Из 1 млрд 7 млн га в сельском хозяйстве используются 196 млн га, а площадь пашни составляет 128,9 млн га [1]. Причем уникальной особенностью значительной части пахотных почв лесостепной и степной зон России являются черноземы, которые относятся к лучшим почвам мира. Россия по площади пашни находится на третьем месте в мире после США и Индии, а по обеспеченности на душу населения на втором (0,8 га) после Австралии [1, 8].

Однако значительная часть пахотных почв России подвержена деградации, в результате эрозии, вторичного засоления, загрязнения почв токсичными отходами, пестицидами деградация сельскохозяйственных земель составляет 35%.

В настоящее время сельское хозяйство стало одной из причин деградации почвенного покрова. Длительное нерациональное использование земель привело к формированию отрицательных балансов по всем составляющим почвенного плодородия: содержание органического вещества, соотношение интенсивности процессов почвообразования и смыва, содержа-

ние в почвах основных элементов минерального питания. Ухудшились агрофизические свойства почвы. Эти явления характерны для высокоиндустриальной Челябинской области. На ее территории действуют предприятия черной и цветной металлургии, химические и горнодобывающие предприятия, объекты военно-промышленного комплекса. Все это дополнительно оказывает отрицательное влияние на почвы и ее плодородие, область стоит на третьем месте России по выбросам загрязняющих веществ от стационарных источников [4].

Большая часть пахотных почв (63,3%) представлена черноземами, однако их плодородие за последние годы снизилось и продолжает падать, происходит снижение гумуса, закисление, засоление, загрязнение их тяжелыми металлами. Часть территорий Челябинской области загрязнена радионуклидами. За последние годы баланс питательных веществ в почвах Челябинской области отрицательный (табл. 1).

Под урожай 2018 года минеральные удобрения были внесены на 25,6% посевной площади (для сравнения: 1990 году – на 53%). Для поддержания компенсированного баланса гумуса в серых лесных почвах области в среднем пересчете на навоз необходимо вносить не менее 8 тонн на гектар органики, а черноземах выщелоченных, обыкновенных, южных 7,5–8 т/га. Фактически под урожай 2018 года внесено по 0,2 т/га.

Потенциальные возможности почв области позволяют получать в среднем зерновых не менее 20 ц/га. За последние 50 лет средняя урожайность составила всего 13,7 ц/га [7]. Природно-территориальный комплекс Южного Урала с большим разнообразием природно-климатических условий требует дифференцированного

Таблица 1 – Баланс питательных веществ в почвах Челябинской области

Показатель	Годы			
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Внесено NPK, тыс. т д. в.:				
С минеральными удобрениями	4,8	5,1	6,9	11,3
С органическими удобрениями	9,4	15,3	25,8	9,6
Возврат питательных веществ с соломой и растительными остатками	19,6	29,4	32,3	39,6
Всего внесено NPK, тыс. т д. в.	33,5	49,8	65	60,5
Вынос NPK с урожаем с/х культур, тыс. т д. в.	97,3	162,6	178,5	191,8
Баланс питательных веществ:				
– тыс. д. в.	–63,8	–112,8	–113,5	–131,3
– кг/га посевной площади с/х культур	–32,2	–61,5	–61,3	–69,0





подхода к воспроизводству почвенного плодородия, которое должно осуществляться на основе адаптивного подхода, который предусматривает снижение антропогенной нагрузки на каждую единицу производимой продукции.

Важным элементом адаптивного подхода при управлении почвенным плодородием является использование промежуточных посевов, поликультур и сидератов, влияющих на свойства почв и тем самым повышающих их адаптивность. Разработка стратегии и тактики воспроизводства почвенного плодородия на основе адаптивного подхода является важнейшей задачей повышения устойчивого развития сельского хозяйства и обеспечения продовольственной безопасности.

**Цель исследований** – определить роль промежуточных посевов, поликультур и сидератов при управлении воспроизводством почвенного плодородия на основных принципах агроэкологии: адаптивного подхода, экологического императива и сестайнинга почв.

**Объектом исследований** являлись наиболее распространенные пахотные почвы различных агроландшафтов Челябинской области, промежуточные посевы (яровой рапс, редька масличная, различные смеси), поликультуры (горохоовсяные и викоовсянные смеси, кукуруза+рапс, кукуруза+соя), сидераты (донник, горохоовсяная смесь, яровой рапс, эспарцет, многолетняя озимая рожь).

### Экспериментальная часть

Теоретико-методологической базой исследований послужили труды ведущих отечественных и зарубежных ученых в области агроэкологии: А. Т. Болотова, Г. И. Швевса, А. Н. Каштанова, Г. Канта, В. М. Володина, В. И. Кирюшина, А. А. Жученко, Б. М. Миркина. L. R. Brown, D. Tilman и др.

Информационную и экспериментальную базу составили: правовые и нормативные документы РФ, материалы мониторинга почв ФГУ «Центра химизации и сельскохозяйственной радиологии «Челябинский», многолетние экспериментальные данные автора.

Полевые опыты с промежуточными посевами, поликультурами и сидератами проводили в Сосновском, Аргаяшском, Октябрьском, Верхнеуральском, Агаповском и других районах области.

Изучали химический состав почв и растений, поступление органического вещества в почву.

Отбор проб и подготовка их к анализам проводились по стандартной методике согласно ГОСТ 17.4.4.02-84. «Охрана природы. Почвы».

Определяли pH вводной вытяжки по ГОСТ 26423-85. «Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости pH и плотного остатка водной вытяжки» с использованием ионометра «И-130».

Определение подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) и калия ( $K_2O$ ) проводили по ГОСТ 26204-91.

«Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО».

Учет корневых и пожнивных остатков в пахотном слое почвы (по методике Н.З. Станкова, 1957) осуществлялся до 20 см путем отбора монолитов по слоям почвы, через каждые 10 см. Повторность отбора 6-кратная. У водоема органические остатки отмывали водой на почвенных ситах с диаметром ячеек 0,5 мм, высушивали в термостате при температуре +80 °С. Перерасчет на гектар делался с учетом объемной массы почвы экспериментальной площадки.

### Результаты и обсуждения

Наибольшая площадь (64%) земель сельскохозяйственного назначения Челябинской области приходится на почвы черноземного типа. Серые лесные почвы занимают 9,8%, солонцы – 9,6%, болотные – 3,1%, солоды – 2,7%, солончаки – 1,2% и пойменные почвы – 1%.

Черноземы – наиболее плодородные почвы. Имея высокую буферную способность, они обладают повышенной возможностью противостоять отрицательным антропогенным нагрузкам, нарушающим установившуюся относительную сбалансированность процессов функционирования почвы как открытой динамической системы.

Однако, как показывает анализ и результаты мониторинга земель, пахотные почвы значительно уступают по своим агроэкологическим свойствам целинным аналогам (табл. 2) [4].

Пахотные земли области потеряли гумуса за время их сельскохозяйственного использования по отношению к целине в среднем 21,7 т/га. За последние 100 лет содержание гумуса в почвах Челябинской области уменьшилось почти в два раза. Причина – высокая антропогенная нагрузка на почвы, недостаточное поступление органического вещества, нарушение агротехнологий.

Признавая почвы в качестве главной составляющей устойчивого развития сельскохозяйственного производства, т.е. Sustainable [3],

мы должны рассматривать почвы таким образом, чтобы в них максимально были замкнуты циклы веществ: сформирован бездефицитный баланс гумуса и элементов минерального питания, не происходило загрязнение и разрушение почвы, не проявлялись эрозионные процессы. Отток веществ с урожаем компенсировался поступлением в почву за счет биологических факторов. Однако биологическое управление плодородием почв ограничено рядом природных факторов, так как определяется прежде всего функциональными параметрами (работы, живых организмов). В соответствии с экологическим «законом» Б. Коммонера, «Природа знает лучше». Невозможно до бесконечности поднимать верхний предел фотосинтеза или степень аллокации продукции фотосинтеза в товарные фракции первичного биологического продукта (зерно, клубни и т.д.). Достижения пределов по этим параметрам формирования первичного биологического продукта L.R. Brown считает одной из причин снижения роста мировых сборов зерна [6]. Различные типы почв в зависимости от зональных особенностей имеют ограниченность по накоплению органического вещества, его гумификации, биологической активности, азотофиксирующей способности. Биологическое управление плодородием почв может управляться как генотипом растений, так и созданием условий до увеличения фиксации солнечной энергии и уменьшения антропогенной энергии, то есть адаптивного под-

хода. Насыщенность севооборотов бобовыми, промежуточными посевами, поликультурами и сидератами положительно влияет на накопления органического вещества, ассоциативную биологическую азотофиксацию, оказывает благоприятное воздействие на агрохимические и агрофизические показатели почвенного плодородия [4].

Промежуточные культуры, которые возделывают на поле до или после основной культуры, утилизируют недоиспользованные агроресурсы и поэтому служат важнейшей составляющей биологического управления почвенного плодородия. Посевы промежуточных культур дают возможность значительно повысить коэффициент использования пашни (отношения площади посевов к площади пашни), который в нечерноземной зоне составляет 1,1–1,3, а в южных районах России – более 1,5, на Южном Урале – 1,3 [7]. При этом промежуточные культуры не только повышают эффективность использования климатических ресурсов и обеспечивают дополнительную продукцию фотосинтеза, но и выступают эффективным биологическим посредником при управлении плодородием почв, особенно это проявляется при возделывании промежуточных культур как сидератов [9]. Установлено, что использование ярового рапса в качестве промежуточной культуры на Южном Урале обеспечивает значительное дополнительное поступление органического вещества в почву, что способствует повышению ее плодородия (табл. 3).

Таблица 2 – Содержание гумуса в слое 0–20 см пахотных и целинных почв по различным агрозонам Челябинской области

Агрозоны	Преобладающие почвы	Содержание гумуса, %	
		Пашня	Целина
Горно-лесная	Горные серые лесные, горные черноземы	5,66	7,19
Северная лесостепь	Черноземы выщелоченные, серые лесные	6,11	7,06
Южная лесостепь	Черноземы выщелоченные, черноземы обыкновенные, солонцы	6,59	8,03
Степная	Черноземы: обыкновенные, карбонатные, южные, солонцы	4,59	6,49

Таблица 3 – Количество органической биомассы растительных остатков, поступающих в почву с использованием поукосных посевов ярового рапса (ц/га) (2008–2014 гг.)

Вариант посева	Корни	Стерня	Всего
Озимая рожь	13,0	17,0	30,0
Озимая рожь + яровой рапс	35,4	43,0	78,0
Горохоовсяная смесь + яровой рапс	35,0	34,0	69,0
Викоовсяная смесь + яровой рапс	39,0	37,0	76,0



Кроме того, яровой рапс как промежуточная культура – эффективный предшественник, растения которого обладают мощной, глубоко проникающей в почву корневой системой, что позволяет использовать его в качестве разуплотнителя почвы, благоприятно влияющего на агрофизическое состояние последней (табл. 4).

Это позволяет минимизировать обработку почвы и добиться оптимальной плотности сложения, создания ценной структуры при значительной экономии антропогенной энергии.

Большое влияние при управлении плодородием почв оказывают поликультуры. Этому вопросу в литературе посвящено много научных трудов. Преимуществом поликультур является возможность сформировать сообщество растений, дифференцированное по экологическим нишам – по способу питания, ритму цветения, расположению корневой системы. Судя по большинству работ, опубликованных за последние годы, значительное внимание уделяется совместному возделыванию злаковых и бобовых культур [6].

Опытами установлено, что ранние загущенные посевы зернобобовых смесей силь-

но затевают и угнетают сорные растения, они в 1,5 раза больше накапливают органической массы, чем одновидовые посевы, поэтому под зернобобовыми смесями и другими поликультурами сохраняется хорошее строение почвы, она меньше уплотняется и лучше сохраняет влагу, устойчива к эрозионным процессам [3, 6]. В качестве дополнительного аргумента в пользу поликультур как биологического управления плодородием почв может служить сравнительная характеристика (адаптивность энергетической эффективности различных поликультур и чистых посевов) (табл. 5).

Существенное влияние на создание положительного баланса гумуса в почве могут оказать сидераты (зеленые удобрения). Проведенные исследования показали, что в условиях южной лесостепи области культуры из группы однолетних бобово-злаковых смесей и многолетних трав (донник, эспарцет, многолетняя озимая рожь) оказывают влияние на накопление органического вещества и аккумуляцию питательных веществ в почвах [9]. Влияние на накопление биомассы и удобрительная ценность сидеральных культур (в среднем за четыре года) приведены в таблице 6.

Таблица 4 – Агрофизические свойства почвы под влиянием посевов поукосного рапса

Вариант посева (обработка почвы)	Плотность сложения почвы, г/см <sup>3</sup>			Доля агрегатов по слоям почвы, %		
	0–10 см	10–20 см	20–30 см	0–10 см	10–20 см	20–30 см
Без рапса (полупаровая)	1,06	1,18	1,16	75,5	75,0	75,6
Рапс на зеленую массу (вспашка)	0,99	1,02	1,10	75,4	75,9	79,3
Рапс на зеленое удобрение (вспашка)	1,08	1,13	1,13	77,3	75,6	76,0
Рапс без уборки (плоскорезная)	0,98	1,16	1,19	79,3	77,2	79,5
Рапс без уборки (без обработки)	1,07	1,12	1,13	81,4	77,2	79,4

Таблица 5 – Сравнительная характеристика энергетической эффективности поликультур и чистых посевов

Варианты посева	Урожайность зеленой массы, ц/га	КЭ
Монокультура		
Кукуруза	187,8	5,07
Овес	138,0	3,28
Горох	88,0	2,78
Вика	135,0	4,28
Поликультура		
Вика+овес	145,1	4,79
Горох+овес	108,6	4,24
Кукуруза+рапс	154,6	5,60
Кукуруза+соя	184,6	6,88
Кукуруза+подсолнечник+горох+овес	231,0	6,57

Таблица 6 – Накопление биомассы и аккумуляирование питательных веществ сидератами

Варианты посева	Накопление биомассы, т/га			Аккумуляировано питательных веществ, кг/га				Эквивалент навозу, т
	зел. масса	корн. остат.	всего	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	всего	
Эспарцет	13,5	3,2	16,7	96	21	42	159	25
Донник	16,5	3,8	20,3	103	36	51	190	35
Мн.озимая рожь	13,6	3,8	17,4	51	14	63	128	18
Горохоовсяная смесь	7,9	2,1	10	50	12	28	90	12
Рапс	11,7	3,1	14,8	53	15	33	101	13

По сумме питательных веществ, аккумуляированных в биомассе, сидеральные культуры располагаются в следующей последовательности: донник желтый – эспарцет – многолетняя озимая рожь – рапс – горохоовсяная смесь. Установлено, что даже при лимитирующем факторе по влаге в южной лесостепной зоне можно выращивать сидеральные культуры и обогащать почву органическим веществом. Так, например, выход продукции с 1 га пашни в различных звеньях севооборота за три года составил, К.ед.: эспарцет – 78,4, в том числе зеленой массы 23,7; донник – 86,6, в том числе зеленой массы 28,4; мн. оз. рожь 74,2, в том числе зеленой массы 24,4; горохоовсяная смесь 62,2, в том числе зеленой массы 14; рапс 70,8, в том числе зеленой массы 20,0. Полученная на опытных участках более высокая урожайность зеленой массы многолетних культур объясняется более мощной корневой системой указанных сидеральных культур. В связи с этим они лучше используют влагу, начиная с ранневесеннего периода, и способны наращивать большую по сравнению с однолетними культурами вегетативную массу.

За четыре года исследований установлено, что наибольшее количество зеленой массы получено на вариантах с многолетними сидеральными культурами (донник, эспарцет, многолетняя озимая рожь), урожайность вегетативной массы однолетних (горохоовсяная смесь и рапс) была ниже на 2,0–5,0 т/га.

В сумме с пожнивно-корневыми остатками в почву поступило свежего органического вещества больше всего на варианте с донником (20,3 т/га) и многолетней озимой рожью (17,4 т/га), меньше – с эспарцетом (16,7 т/га). Опыты показали, что ценность и энергетическая эффективность сидеральных культур зависит от сроков уборки на корм и запашки их на зеленое удобрение.

Наилучший период для заделки культуры на зеленое удобрение – фаза цветения. Кро-

ме того, большое практическое значение при оценке сидеральных культур имеет их возможность использовать как для получения кормовых продуктов, так и для запашки на удобрение. Результаты исследований показали: лучшими свойствами к отрастанию обладает донник желтый и многолетняя озимая рожь. При комплексном использовании сидеральных культур поступление органической массы происходит за счет отавы, пожнивных и корневых остатков, при этом доля второй части в общей массе органического вещества, поступающего в почву, увеличивается. Комплексное использование сидеральных культур повышает продуктивность севооборота. При использовании многолетних трав и однолетних культур на кормовые цели выход кормовых единиц за ротацию севооборота превосходит звено с чистым паром на 17–25%.

Таким образом, проведенными исследованиями установлено:

1. В настоящее время баланс органического вещества и элементов минерального питания в почвах Челябинской области отрицательный.
2. Отсутствие воспроизводства почвенного плодородия не обеспечивает стратегии устойчивого развития сельского хозяйства региона.
3. Использование промежуточных посевов, поликультур и сидератов как биологических посредников позволяет получить не только экологически чистую сельскохозяйственную продукцию, но и обеспечит повышение плодородия почв Южного Урала.

#### Список литературы

1. Медведева О. Е. Проблемы устойчивого земледелия в России. М. : Институт устойчивого развития, 2009. С. 101.
2. Влияние природных и техногенных факторов на гумусное содержание черноземных почв Южного Урала и проблемы регулирования почв и совершенствование систем удобрений



в современном земледелии / Ю. Д. Кушниренко [и др.]. Миасс, 1997. С. 31–43.

3. Миркин Б. М., Хазиев Ф. Х., Хазиахметов Р. М. Экологический императив сельского хозяйства Республики Башкортостан. Уфа : Гилем, 1999. С. 165.

4. Зыбалов В. С., Козаченко А. П. Возможности экологически ориентированного управления воспроизводством почвенного плодородия в Челябинской области // Международный с/х журнал. 2002. № 1. С. 35–40.

5. Зыбалов В. С., Денисов Ю. Н. Агроэкологическая оценка повышения плодородия почв Челябинской области // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2015. Ч. 2. С. 218–228.

6. Brown L. R. The Agricultural Link. How Environmental Deterioration Could Disrupt Economic Progress // Worldwatch paper, 136. August, 1997. 77 pp.

7. Управление плодородием почв Челябинской области : монография / В. С. Зыбалов [и др.]. Челябинск : ЮУрГАУ, 2018. 191с.

8. Денисов Ю. Н. Оценка состояния плодородия почв Челябинской области // Агрохимический вестник. 2015. № 2. С. 2–5.

9. Зыбалов В. С. Влияние сидеральных культур на повышение плодородия черноземов Южного Урала // Материалы Междунар. науч.-практ. конференции. Екатеринбург : УрГАУ, 2018. С. 253–259.

---

**Зыбалов Владимир Степанович**, д-р с.-х. наук, профессор, кафедра «Тракторы, сельскохозяйственные машины и земледелие», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: zybalov74@mail.ru.

\* \* \*



## ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ В ЛЕСОСТЕПИ ЗАУРАЛЬЯ КАК ФУНКЦИЯ СКОРОСПЕЛОСТИ ГИБРИДОВ

А. Э. Панфилов, Н. И. Казакова

Цель исследований – экспериментальное обоснование выбора адаптированных гибридов кукурузы для северной зоны кукурузосеяния через изучение зависимости основных хозяйственно полезных признаков от продолжительности вегетационного периода. В ходе исследований установлена обратная связь урожайности зерна от чисел ФАО, характеризующих скороспелость гибридов, вызванная депрессией массы 1000 зерен сравнительно позднеспелых форм под влиянием дефицита тепла. Расширение диапазона скороспелости в пользу более адаптированных ультраранних форм приводит к ослаблению этой связи с сильной до средней, что позволяет выявить оптимальные границы скороспелости гибридов для зернового направления использования. Связь чисел ФАО с урожайностью сухой массы также зависит от диапазона скороспелости гибридов. Со смещением этого диапазона в направлении от раннеспелых к ультраранним гибридам она трансформируется из обратной в прямую. Качественные параметры урожая (влажность зерна, содержание сухого вещества в зеленой массе, концентрация обменной энергии в сухом веществе) находятся в тесной обратной связи с продолжительностью вегетационного периода независимо от исследуемого интервала скороспелости гибридов. Результаты многолетних исследований позволяют заключить, что приоритетным признаком в селекции кукурузы для северных регионов как для силосного, так и для зернового использования является скороспелость, причем для стабильного производства необходимо углубление работы с группами ФАО 100–120 (скороспелые гибриды) и 130–150 (ультраранние). Лишь на этой генетической основе возможна полноценная реализация в фенотипе прочих хозяйственно полезных признаков (продуктивного потенциала, качественных параметров, способности к быстрой потере влаги зерном и т.п.). В данном направлении селекционные центры Российской Федерации имеют серьезный приоритет перед европейскими и американскими компаниями, что обеспечивает для них наиболее успешную конкуренцию на рынке прежде всего в северной зоне кукурузосеяния.

*Ключевые слова:* Зауралье, кукуруза, гибриды, скороспелость, урожайность, влажность зерна, содержание сухого вещества в зеленой массе, концентрация обменной энергии в сухом веществе.

Гибриды кукурузы для северных регионов России, к которым относится и Зауралье, должны обладать комплексом признаков, обеспечивающих локальную адаптацию культуры к совокупности неблагоприятных факторов. Существенное отличие обширного пояса России, отнесенного В.С. Циковым [1] к третьей зоне кукурузосеяния, заключается в дефиците тепла. Основным источником этого дефицита является короткий период вегетации, тогда как температурный режим летних месяцев зачастую вполне благоприятен для развития и продукционного процесса кукурузы [2].

Вследствие этого главным условием продвижения кукурузы на север стала селекция на скороспелость [3, 4]. По мнению А.И. Супрунова [5], гибриды кукурузы для северных регионов России должны опережать в развитии современные раннеспелые стандарты на 5–7 дней.

Изменчивость кукурузы по продолжительности вегетационного периода имеет весьма широкие границы [6]. Один из источников скороспелости в селекции – местные популяции, возникшие в результате миграции населения центральных районов России, переселенцев с Украины и Северного Кавказа в северо-восточном направлении и известные с конца



XVIII века [7, 8]. Наиболее скороспелыми в мире формами кукурузы являются сибирские сорта [2]. Кроме того, при создании раннеспелых линий эффективны периодический (рекуррентный) отбор на раннее цветение из более позднеспелых гибридов и популяций [9], выделение инцухт-линий из раннеспелых гибридов [10].

В XX столетии в Урало-Сибирском регионе было предпринято как минимум три попытки освоения кукурузы как зерновой культуры: в начале века [11], в конце пятидесятых – начале шестидесятых [12] и в конце восьмидесятых годов [13, 14]. Слабая результативность всех трех попыток обусловлена отсутствием адаптированных гибридов зернового направления, моделей, на базе которых эти гибриды могли быть созданы, и теоретических представлений, которые легли бы в основу таких моделей.

Со скороспелостью гибридов тесно связана не только зерновая, но и силосная продуктивность кукурузы, поскольку биоэнергетическая ценность силоса практически целиком обусловлена содержанием в нем транзитного крахмала, основным источником которого является зерно [15]. Таким образом, выбор адаптированных гибридов кукурузы для северной зоны кукурузосеяния во многом сводится к исследованию зависимости основных хозяйственно полезных признаков от продолжительности вегетационного периода, выраженной, в частности, через числа ФАО.

## Материалы и методы

Материал для исследований получен в ходе многолетнего (1983–2017 годы) экологического испытания различных по скороспелости гибридов кукурузы в северной и южной лесостепных зонах Зауралья на базе Курганского НИИСХ и Южно-Уральского ГАУ. Метод исследований – полевой опыт. Исследования проводили по методике Еусагрия, для проверки статистических гипотез использовали стандартные алгоритмы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов.

## Результаты исследований

Экологическое испытание гибридов позволило выявить отчетливую тенденцию развития селекции кукурузы на скороспелость в течение тридцатилетнего периода (рис. 1). Так, в первый десятилетний этап этого испытания пик частоты распределения гибридов по скороспелости (около 16%) приходился на класс ФАО 180, а более 40% испытываемых образцов входило в группу ФАО 170-190.

На втором этапе заметен сдвиг частоты в сторону уменьшения чисел ФАО: пик (14%) соответствует значению ФАО 150, при этом около 40% гибридов в испытании входит в диапазон ФАО 140–160. Третий этап отражает дальнейшее развитие этой тенденции – распределение частот характеризуется сдвигом максимума в интервал ФАО 120–130.

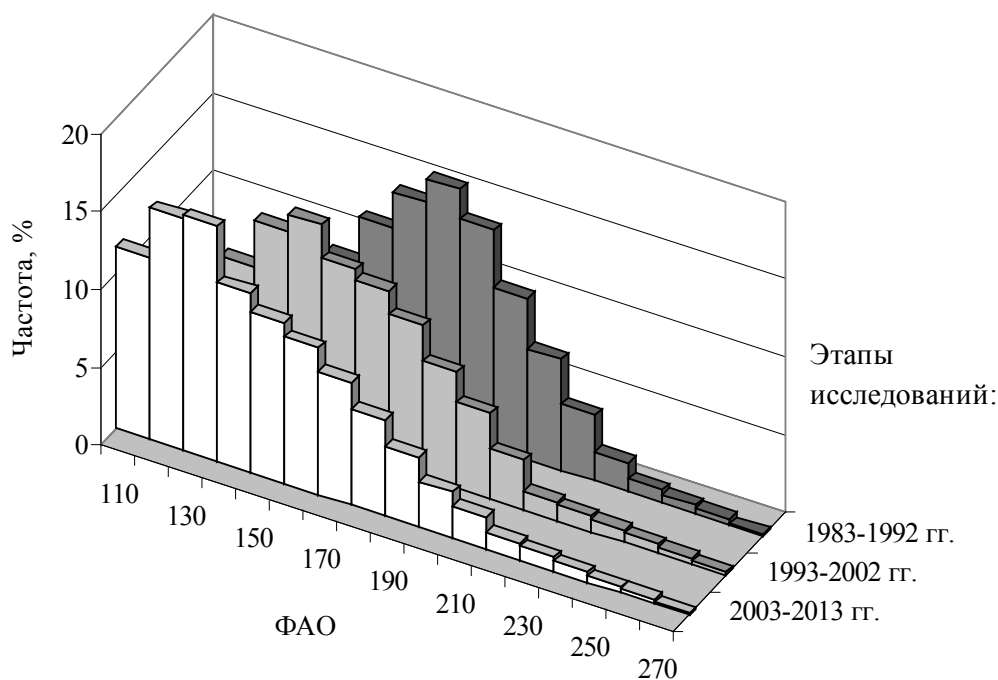


Рис. 1. Гистограммы распределения гибридов кукурузы по скороспелости в экологическом сортоиспытании в различные периоды исследований (КНИИСХ, Институт агроэкологии, 1983–2013 гг.)

Роль скороспелости в селекции кукурузы для севера вытекает из анализа корреляционных связей между этим признаком, с одной стороны, и параметрами продуктивности и качества урожая кукурузы – с другой (табл. 1). Первый этап исследований показал тесную обратную зависимость урожайности зерна от величины чисел ФАО, что вступало в явное противоречие с концепцией роста потенциальной продуктивности с удлинением вегетационного периода и связанного с ним усиления ассимиляционного аппарата.

У кукурузы, в частности, потенциальная продуктивность реализуется через число зерен в початке, которое положительно связано с продолжительностью вегетационного периода в южной зоне кукурузосеяния и рассматривается здесь как главный компонент урожайности [16]. Однако в наших исследованиях этот элемент структуры урожая был связан с зерновой продуктивностью лишь в средней степени. Напротив, установлена тесная зависимость урожайности от массы 1000 зерен, которая в традиционных регионах выращивания кукурузы прослеживается достаточно слабо. Таким образом, выявленное противоречие разрешается тем, что

на фоне дефицита тепла фактическая урожайность определяется не потенциалом гибрида, а степенью его реализации в процессе созревания и налива зерна. Очевидно, что этот процесс к окончанию периода вегетации наиболее полно завершается у наиболее скороспелых форм.

Это позволило предположить, что достижение оптимального уровня скороспелости приведет к ослаблению обнаруженных зависимостей или к изменению их характера. Данное предположение нашло подтверждение на втором и третьем этапах исследований, показавших явную тенденцию к снижению модуля коэффициента корреляции (на третьем этапе характеризующего связь лишь как среднюю). Следовательно, установленная первоначально линейная корреляция между урожайностью и скороспелостью должна рассматриваться лишь как частный случай общей закономерности, которая может быть выражена через квадратичную зависимость с максимумом, совпадающим с оптимальным для региона диапазоном чисел ФАО.

Это положение наиболее полно иллюстрируют результаты последних лет исследований (рис. 2).

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции между числами ФАО и некоторыми хозяйственно полезными признаками гибридов кукурузы (1983–2013 гг.)

Признак	Этапы исследований		
	1984–1992	1993–2002	2003–2013
Урожайность зерна	-0,84	-0,71	-0,57
Урожайность сухой массы	-0,30	-0,07	0,29
Влажность зерна	0,88	0,84	0,83
Содержание СВ в зеленой массе	-0,81	-0,79	-0,87
Концентрация ОЭ в сухом веществе	-0,76	-0,78	-0,82

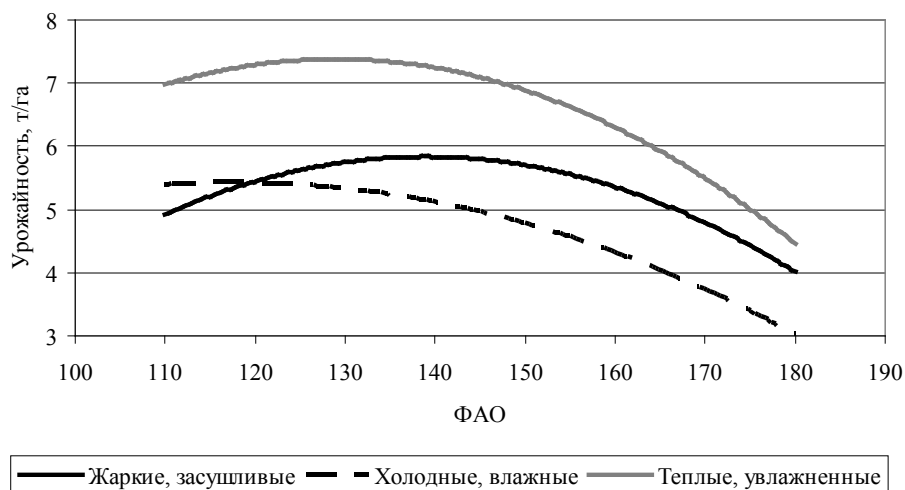


Рис. 2. Зависимость урожайности зерна кукурузы от чисел ФАО гибридов в различных условиях вегетации (2006–2017 годы)





В нормальных условиях вегетации, характеризующихся сбалансированностью ресурсов тепла и влаги, максимальная урожайность достигается в интервале чисел ФАО от 120 до 140 единиц, но в холодные, влажные годы экстремум смещается к 120, а в жаркие, засушливые – к 140 единицам.

Связь чисел ФАО с урожайностью сухой массы также изменялась по этапам в зависимости от охваченного диапазона скороспелости гибридов. На первом этапе она, как и для урожайности зерна, была обратной, но выраженной лишь в средней степени. На втором этапе, с увеличением доли потенциально менее продуктивных ультраранних гибридов, эта связь практически не прослеживается. Наконец, для третьего этапа вновь характерна средняя связь между числами ФАО и урожайностью, но в связи с еще большей долей ультраранних и скороспелых гибридов она трансформируется в прямую.

Уборочная влажность зерна, а также содержание сухого вещества в зеленой массе и концентрация обменной энергии в сухом веществе, определяющие в конечном счете качество силоса, находились в обратной зависимости от числа ФАО в течение всего периода исследований. Таким образом, селекция кукурузы на скороспелость играет определяющую роль в формировании как зерновой, так и силосной продуктивности.

Как показывают исследования последних 12 лет, на протяжении которых среди гибридов наиболее полно представлен диапазон ФАО 110–150, максимальная и стабильная урожайность сухой массы характерна для ультраранних и раннеспелых форм, тогда как зерновая – для скороспелых и ультраранних (табл. 2).

При создании гибридов зернового направления использования для севера в качестве необходимого признака зачастую рассматривается быстрая потеря влаги зерном в период созревания, иногда – как альтернатива селекции

на ультраскороспелость [17, 18, 19]. При этом следует учитывать, что у самоопыленных линий с ярко выраженным признаком ускоренной влагоотдачи, как правило, проявляется пониженная устойчивость к неблагоприятным факторам среды [20, 21]. Кроме того, как показали исследования в условиях Южного Урала [22], в северной зоне кукурузосеяния скорость потери влаги находится в сильной зависимости от погодных условий в период созревания (относительной влажности воздуха и осадков), что может нивелировать проявление генетических особенностей гибридов в фенотипе.

Таким образом, для Уральского региона актуален вопрос о том, в какой мере генетические предпосылки к ускоренной потере влаги зерном могут проявляться в фенотипе на неблагоприятном погодном фоне, типичном для этого региона в период созревания зерна кукурузы. Исследования, направленные на решение этого вопроса, проведены в 2016–2017 годах в Южно-Уральском ГАУ (северная лесостепь Челябинской области) и Всероссийском НИИ кукурузы (степная зона Ставропольского края). Размещение опытов в двух географических точках позволило выявить как потенциальную скорость потери влаги на заведомо благоприятном гидротермическом фоне Северного Кавказа, так и фактическую ее реализацию генотипами в условиях Южного Урала.

Двухфакторный дисперсионный анализ показал достоверность взаимодействия между факторами «климатическая зона» и «гибрид» по критерию Фишера. Следовательно, статистически доказано, что взаимодействие является неаддитивным и различия между гибридами по скорости потери влаги зависят от зоны наблюдений. Так, в Ставропольском крае в 2016 году по скорости потери влаги выделено четыре группы гибридов (таблица 3). К первой группе относится гибрид Биляр 160 – с быстрой потерей влаги; ко второй – Уральский 150,

Таблица 2 – Силосная и зерновая продуктивность гибридов кукурузы различных классов созревания (2006–2017 гг.)

Класс гибридов	ФАО	Урожайность, т/га	
		сухой массы	зерна
Скороспелые	110–120	8,74	5,81
Ультраранние	130–150	10,61	5,98
Раннеспелые	160–180	10,42	5,23
Среднеранние	190–210	9,24	4,24
НСР <sub>05</sub>	–	1,07	0,36

Машук 150 МВ, Кубанский 141 СВ – со средней скоростью влагоотдачи; к третьей Росс 130 МВ и Обский 140 СВ – с умеренной влагоотдачей; к четвертой группе Нур – с медленной потерей влаги. Аналогично распределились гибриды и в 2017 году, за исключением того, что Нур, не образуя отдельной группы, показал среднюю скорость потери влаги.

В условиях лесостепи Челябинской области на неблагоприятном гидротермическом фоне гибриды по скорости влагоотдачи разделились не на четыре, а лишь на две группы. Первая – с высокой скоростью потери влаги – также представлена одним гибридом Биляр 160. Остальные гибриды отличились сравнительно медленной потерей влаги (от 0,21 до 0,24 процентного пункта в сутки). Такое же распределение гибридов по анализируемому признаку выявлено и в 2017 году, несмотря на то, что скорость влагоотдачи была в 2–2,5 раза выше. Следовательно, для большинства гибридов различия в скорости потери влаги в условиях Южного Урала не выявлены.

Это показывает, что генетические различия между гибридами по признаку потери влаги в наибольшей степени проявляются на благоприятном гидротермическом фоне, тогда как неблагоприятные условия (высокая относительная влажность воздуха и пониженная температура) затрудняют проявление этого признака в фенотипе. Поэтому в условиях Зауралья можно с высокой вероятностью ожидать нивелирования гибридов одной группы спелости по влажности зерна, что несколько обесценивает усилия по созданию гибридов, легко отдающих влагу, для северной зоны кукурузосеяния. Исключение могут составлять лишь отдельные генотипы, резко отличающиеся по данному признаку.

Следовательно, уборочная влажность зерна кукурузы обусловлена двумя признаками гибридов: уровнем скороспелости и способностью к быстрой потере влаги в предуборочный период. Роль каждого из этих признаков зависит от условий созревания зерна: на благоприятном гидротермическом фоне влажность зерна в большей степени определяется способностью генотипа гибрида к быстрой влагоотдаче. Напротив, при высокой относительной влажности и низкой температуре воздуха основное значение имеет раннее цветение початка, а генетические различия между гибридами по скорости потери влаги проявляются достаточно слабо.

### Выводы

Результаты многолетних исследований Курганского НИИСХ и Института агроэкологии в условиях лесостепи Зауралья позволяют заключить, что приоритетным признаком в селекции кукурузы для северных регионов как для силосного, так и для зернового использования является скороспелость, причем для стабильного производства необходимо углубление работы с группами ФАО 100–120 (скороспелые гибриды) и 130–150 (ультраранние). Лишь на этой генетической основе возможна полноценная реализация в фенотипе прочих хозяйственно полезных признаков (продуктивного потенциала, качественных параметров, способности к быстрой потере влаги зерном и т.п.). В данном направлении селекционные центры Российской Федерации имеют серьезный приоритет перед европейскими и американскими компаниями, что обеспечивает для них наиболее успешную конкуренцию на рынке прежде всего в северной зоне кукурузосеяния.

Таблица 3 – Скорость потери влаги зерном различных гибридов кукурузы в двух климатических зонах, проц./сутки (2016–2017 гг.)

Гибрид	2016 г.		2017 г.	
	Южный Урал	Северный Кавказ	Южный Урал	Северный Кавказ
Обский 140 СВ	0,21	0,66	0,53	0,67
Кубанский 141СВ	0,22	0,71	0,52	0,74
Росс 130МВ	0,23	0,64	0,53	0,64
Нур	0,23	0,58	0,55	0,73
Машук 150МВ	0,24	0,71	0,58	0,76
Уральский 150	0,24	0,70	0,58	0,68
Биляр 160	0,35	0,81	0,72	0,81
НСР <sub>05</sub> : гибриды	0,04		0,07	
зоны	0,02		0,04	
взаимодействие	0,05		0,09	



### Список литературы

1. Циков В. С., Матюха Л. А. Интенсивная технология возделывания кукурузы. М. : Агропромиздат, 1989. 247 с.
2. Кукуруза в Сибири / Н. И. Кашеваров, В. С. Ильин, Н. Н. Кашеварова, И. В. Ильин. Новосибирск : СО РАСХН, 2004. 400 с.
3. Еремин Д. И., Демин Е. А. Агроэкологическое обоснование выращивания кукурузы на зерно в условиях лесостепной зоны Зауралья // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2016. № 1 (32). С. 6–11.
4. Орлянский Н. А., Орлянская Н. А. Селекция ультрараннеспелых гибридов кукурузы зернового типа // Кукуруза и сорго. 2001. № 5. С. 7.
5. Супрунов А. И. Селекция ультрараннеспелых гибридов кукурузы в Краснодарском крае // Кукуруза и сорго. 2009. № 1. С. 8–11.
6. Орлянский Н. А., Орлянская Н. А., Зубко Д. Г. Эффективность возделывания гибридов кукурузы различных групп спелости в условиях Центрального Черноземья // Кукуруза и сорго. 2008. № 1. С. 20–22.
7. Скалзубов Н. Л. Опыты северной культуры кукурузы // Земледельческая газета. 1915. № 2–3.
8. Шмараев Г. Е. Генофонд и селекция кукурузы. СПб. : ВИР, 1999. 390 с.
9. Супрунов А. И., Чуприна М. А. Периодический отбор в популяциях кукурузы. Краснодар : ООО «Эдви», 2010. 158 с.
10. Мустяца С. И., Мистрец С. И., Шиманский Л. П. Создание линий кукурузы с общей родословной в условиях Молдовы и Беларуси // Кукуруза и сорго. 1998. № 6. С. 9–12.
11. Скалзубов Н. Л. Опыты северной культуры кукурузы // Земледельческая газета. 1915. № 2–3.
12. Кузнецов П. И., Попова А. П. Кукуруза в Зауралье // Сборник научных работ, посвящ. 50-летию опытнической работы в сельском хозяйстве Зауралья. Курган, 1966. Вып. 1. С. 69–87.
13. Сикорский И. А. Научно-производственная система «Кукуруза»: Курганский вариант. М. : Агропромиздат, 1988. 77 с.
14. Панфилов А. Э. Культура кукурузы в Зауралье : монография. Челябинск : ЧГАУ, 2004. 356 с.
15. Еремин Д. И., Демин Е. А. Научно обоснованный подход к системе удобрений – залог получения зерна кукурузы в лесостепной зоне Зауралья (аналитический обзор) // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2016. № 3 (34). С. 7–14.
16. Гурьев Б. П., Гурьева И. А. Селекция кукурузы на скороспелость. М. : Агропромиздат, 1988. 173 с.
17. Игнатъев А. С. Оценка нового исходного материала при создании среднеранних и среднеспелых гибридов кукурузы с интенсивным высушиванием зерна : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. зерноград, 2011. 22 с.
18. Орлянский Н. А. Проблемы и перспективы возделывания и селекции зерновой кукурузы в Центральном Черноземье // Селекция, семеноводство, технология возделывания кукурузы. Пятигорск, 2009. С. 23–27.
19. Хорошилов С. А., Воронин А. Н., Журба Г. М. Выделение генотипов для создания гибридов кукурузы с пониженной влажностью зерна к уборке // Селекция, семеноводство, технология возделывания кукурузы. Пятигорск, 2009. С. 111–117.
20. Орлянский Н. А. Проблемы и перспективы возделывания и селекции зерновой кукурузы в Центральном Черноземье // Кукуруза и сорго. 2007. № 6. С. 2–3.
21. Орлянский Н. А. Селекция кукурузы на пониженную уборочную влажность зерна для Центрально-Черноземной зоны // Кукуруза и сорго. 2004. № 3. С. 10–13.
22. Иванова Е. С., Замятин А. Д. Особенности влагоотдачи при созревании зерна кукурузы в условиях Зауралья // АПК России. 2016. Т. 23. № 3. С. 659–663.

**Панфилов Алексей Эдуардович**, д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник, Институт агроэкологии – филиал ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: al\_panfilov@mail.ru.

**Казакова Наталья Ивановна**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры экологии, агрохимии и защиты растений, Институт агроэкологии – филиал ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: kni1711@yandex.ru.

\* \* \*

УДК 621.431.001.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ  
КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА БЕНЗИНОВЫХ ДВС С ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ  
ФОРСУНОК, КАТАЛИЗАТОРА И СВЕЧЕЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ****А. В. Гриценко, К. В. Глемба, Г. Н. Салимоненко, М. В. Назаров, Л. А. Шефер**

Изменение технического состояния в эксплуатации таких систем, как система питания, система зажигания, цилиндропоршневая группа, система впуска и выпуска, приводит к ухудшению процесса сгорания, росту токсичных компонентов и, как следствие, к ускорению выработки ресурса катализатора. Наименее надежными системами современных автомобилей являются: система зажигания, система питания и система выпуска отработавших газов. Суммарный процент отказов данных систем составляет 20–70% в зависимости от модели автомобилей. Соответственно отказ катализатора приведет к несоответствию экологического класса автомобиля, последующая замена которого не меняет ситуации. Для устранения первопричин отказа катализатора потребуется замена некоторых элементов систем. В связи с этим актуальна разработка способов контроля динамики изменения токсичных компонентов CO, CH, CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> в выхлопных газах в процессе эксплуатации. Для проведения экспериментальных исследований был разработан прибор догрузатель ДВС. Экспериментальные исследования проводились на базе ДВС автомобиля ВАЗ 21083. Кроме того, на экспериментальной установке предусмотрены специальные приспособления для осуществления пробоотбора отработавших газов. При проведении статистической обработки данных установлена высокая степень связи сопротивления катализатора, пропускной способности форсунки с частотой вращения коленчатого вала ДВС (достоверность составила 0,88). Установлена существенная связь величины сопротивления катализатора с частотой вращения коленчатого вала ДВС (достоверность составила 0,839). Так, при сопротивлении катализатора 34 мм в среднем частота вращения коленчатого вала ДВС составляет 3000 мин<sup>-1</sup>, тогда как при сопротивлении 10 мм (увеличении в несколько раз) составляет уже меньше 1800 мин<sup>-1</sup>. Проведенный комплекс исследований показал высокую эффективность контроля технического состояния ЦПГ, системы топливоподдачи, системы зажигания и др. систем путем контроля параметров токсичности выхлопных газов. При высокой селективности воздействия нагрузки на отдельные цилиндры и при ее существенной вариации можно предупредить отказ катализатора, в том числе и за счет адаптивности исполнительных элементов под изменение технического состояния отдельных узлов.

*Ключевые слова:* диагностирование, двигатель, каталитический нейтрализатор, частота вращения, токсичность, отработавшие газы.

В настоящее время без исключения во всех странах мира разрабатываются и успешно претворяются в жизнь мероприятия по снижению загрязнения атмосферы выбросами автотракторных двигателей, включающие в себя [1, 2, 3]:

– внедрение государственных и отраслевых стандартов, регламентирующих допустимые уровни выбросов вредных веществ автотракторными двигателями [4, 5, 6];

– изыскание новых видов топлив и приращок к ним, позволяющих заменить жидкие топлива нефтяного происхождения, повысить топливную экономичность двигателей и значительно снизить их токсичность [7, 8, 9];

– разработку и производство антитоксичных устройств, способствующих снижению токсичности существующих типов двигателей, создание двигателей с малотоксичным рабочим процессом [10, 11, 12, 13];

– серийный выпуск средств контроля токсичности отработавших газов [15, 16, 17, 18].

Одним из основных средств, обеспечивающих эффективное снижение выбросов вредных веществ, является физико-химическая обработка отработавших газов (ОГ) [19, 20, 21]. Системы нейтрализации ОГ, применяемые как дополнительное оборудование, позволяют без значительных изменений в конструкции двига-





теля снизить выбросы вредных веществ [22, 23, 24, 25].

В системе выпуска двигателей происходят реакции окисления оксида углерода и углеводородов ОГ с избыточным кислородом [26, 27, 28]. Эти процессы при относительно невысоких для реакций в газовой среде температурах (300...800 °С) проходят с малой скоростью [29, 30, 31]. Для ускорения протекающих реакций используют катализаторы. Механизм действия катализатора сложен [32, 33, 34]. В основе окислительных процессов, протекающих на катализаторах, лежат процессы диссоциативной адсорбции кислорода и продуктов неполного сгорания, вследствие чего скорость их химического взаимодействия резко возрастает [35, 36, 37].

В зависимости от способности активизировать те или иные реакции катализаторы условно делят на: 1. Окислительные – преимущественно протекают реакции окисления углеводородов и окиси углерода [38, 39, 40]; 2. Восстановительные – для восстановления окиси азота [41, 42]; 3. Трехкомпонентные – применяемые для нейтрализации всех основных токсичных компонентов [43, 44].

В большинстве случаев один и тот же катализатор в зависимости от состава газового потока, в первую очередь от содержания кислорода, может быть и окислительным, и восстановительным [36, 39].

В данной работе рассматривается методика отключения цилиндров для возможности индивидуального газоанализа отдельных цилиндров ДВС [18, 19, 21, 22, 32, 36].

**Цель работы.** Разработать метод диагностирования ДВС по анализу частоты вращения коленчатого вала ДВС на тестовых режимах.

**Гипотеза исследований.** Изменение технического состояния систем ДВС приводит к увеличению токсичности отработавших газов. При работе одновременно всех цилиндров ДВС невозможно осуществить диагностирование каждого цилиндра. Применение метода тестового нагружения путем полного или частичного отключения цилиндров ДВС позволяет определить вклад в общую токсичность каждого из цилиндров.

**Объект исследований.** Процесс изменения скоростных характеристик при тестовом нагружении цилиндров ДВС.

**Предмет исследований.** Взаимосвязь между степенью отключения цилиндров и циклов с частотой вращения коленчатого вала ДВС при имитации различных неисправностей.

### Методика исследований

Экспериментальные исследования проводились на базе ДВС автомобиля ВАЗ 21083, который имеет следующие характеристики: рабочий объем – 1499 см<sup>3</sup>; количество цилиндров – 4; количество клапанов – 8; диаметр цилиндра – 82 мм; ход поршня – 71 мм; мощность – 76 л.с. (56 кВт) при 5600 мин<sup>-1</sup>; крутящий момент – 115 Н·м при 3800 мин<sup>-1</sup>; степень сжатия – 9,9; система питания – распределенный впрыск.

На рисунке 1 представлена экспериментальная установка, которая состоит из стенда с полнокомплектным выпускным трактом (рис. 1 а) и приборного щитка (рис. 1 б).

Кроме того, на выхлопном коллекторе для индивидуального забора выхлопных газов были предусмотрены индивидуальные трубки со змеевиками (рис. 2 а).

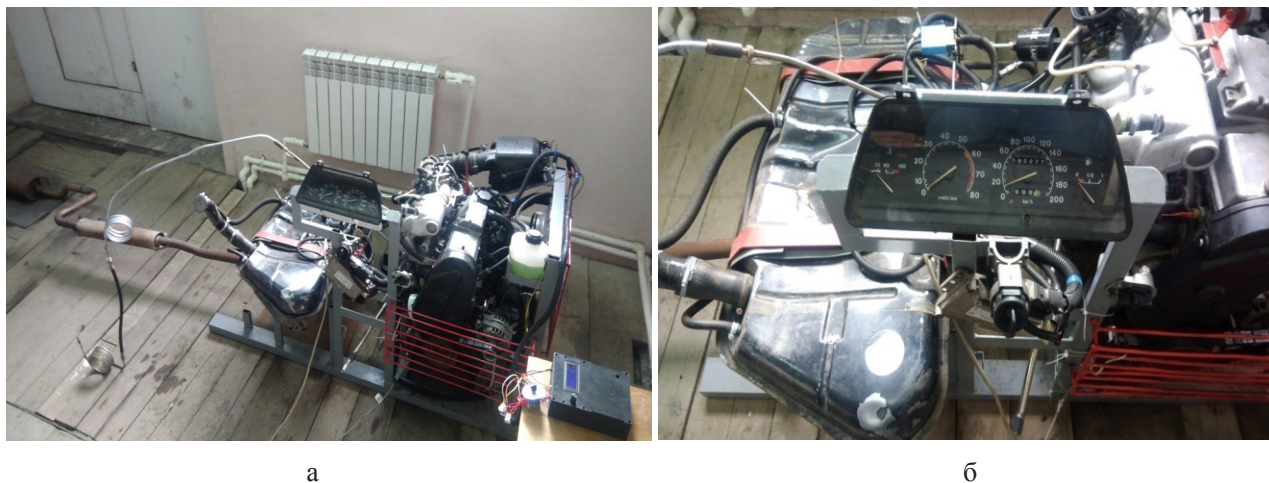


Рис. 1. Экспериментальная установка: а – общий вид стенда с полнокомплектным выпускным трактом; б – приборный щиток

Индивидуальные трубки раскалялись до температуры 700 °С и выше (рис. 2 а), поэтому их длина была дополнена змеевиками, которые погружались в воду для охлаждения [22, 23, 24].

Кроме того, для точного обеспечения положения дроссельной заслонки был предусмотрен фиксатор дроссельной заслонки (рис. 2 б).

Перед проведением экспериментальных исследований оценку технического состояния цилиндропоршневой группы осуществляли пневмотестером К-69М. После проведения необходимых замеров были получены следующие результаты контроля износа цилиндров, представленные в таблице 1.

В процессе подготовки к проведению экспериментальных исследований был проведен анализ по оценке статистики отказов систем ДВС. В результате было установлено, что первые три места занимают: система зажигания, система питания и система выпуска. Таким образом, эти три системы и были выбраны для имитации неисправных состояний. Так, для имитации неисправностей выпускного тракта был подготовлен комплект шайб (создания сопротивления на выпуске) (рис. 3 а).

Комплект шайб устанавливается в наконечник выхлопной трубы (рис. 3 б). Кроме того, подобраны: комплект форсунок с разной степенью износа в пределах +6...-6%; комплект



Рис. 2. Приспособления для проведения экспериментальных исследований: а – индивидуальные трубки со змеевиками; б – фиксатор дроссельной заслонки

Таблица 1 – Результаты контроля износа цилиндров

Номер цилиндра	1	2	3	4
У1 начало такта сжатия	2%	1%	1%	1%
У2 конец такта сжатия	2%	6,5%	5%	7%
У2-У1	0%	5,5%	4%	6%



Рис. 3. Приспособления для имитации неисправностей: а – комплект шайб для создания сопротивления на выпуске; б – наконечник выхлопной трубы



свечей зажигания с шагом зазора от 0,3 мм до 1,7 мм. Для проведения экспериментального исследования был разработан и изготовлен прибор догрузатель ДВС (рис. 4).

Прибор догрузатель ДВС позволяет в широких пределах изменять нагрузку на любой цилиндр двигателя при рабочих частотах вращения, производить диагностирование составных частей по критерию работоспособности, а также повышать информативность методов, реализуемых иными средствами диагностирования [31, 32, 33, 34]. Прибор позволяет осуществлять полное отключение цилиндров, частичное отключение цилиндров, осуществлять корректировку времени впрыска [35].

Прибор состоит из дисплея, на котором отображаются основные параметры работы топливных форсунок, многофункциональной кнопки управления, которой задают режимы работы топливных форсунок, и др. элементов [33, 34, 36, 37].

Методика использования догрузателя заключалась в поочередном отключении 3 форсунок. Двигатель оставался в работе на одном цилиндре, после чего дроссельная заслонка устанавливалась в положение 20%. Далее догрузателем корректировалось время впрыска (максимально обеднялась смесь) и записывалось установившееся значение частоты вращения коленчатого вала ДВС. Одновременно с этим подсоединялся зонд газоанализатора и осуществлялась запись параметров токсичности двигателя CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> и CH [36].



Рис. 4. Прибор догрузатель ДВС

Для контроля частоты вращения коленчатого вала ДВС и угла положения дроссельной заслонки использовался прибор МТ-10 [44].

Результаты экспериментальных исследований. В соответствии с запланированной методикой были проведены экспериментальные исследования, в которых варьировали тремя параметрами при постоянном открытии дроссельной заслонки 20%: 1. Сечение в выпускном тракте – R, мм; 2. Пропускная способность электромагнитной форсунки – F, %; 3. Зазор в свече зажигания – Z, мм. В качестве выходных параметров фиксировались значения следующих параметров при 27 возможных комбинационных вариантах: 1. Частота вращения коленчатого вала ДВС – n, мин<sup>-1</sup>; 2. Концентрация углеводородов в ОГ – CH, млн<sup>-1</sup>; 3. Концентрация кислорода – O<sub>2</sub>, %. Данные экспериментальных исследований были сведены в таблицу 2.

*Взаимосвязь сопротивления катализатора, пропускной способности форсунки с частотой вращения коленчатого вала ДВС при 20%-й степени открытия дроссельной заслонки.*

При исследовании данной части работы в прикладной программе для обработки статистических данных SigmaPlot 11 была исследована взаимосвязь сопротивления катализатора, пропускной способности форсунки с частотой вращения коленчатого вала ДВС при 20%-й степени открытия дроссельной заслонки, для чего экспериментальные данные таблицы 1 были экспортированы в рабочую таблицу программы SigmaPlot 11. При предварительном анализе экспериментальных данных установлена нелинейная связь сопротивления катализатора, пропускной способности форсунки с частотой вращения коленчатого вала ДВС. В связи с чем при обработке экспериментальных данных использовался аппарат вычисления нелинейной регрессии, основной целью которого являлось вычисление уравнения регрессии, имеющего вид:

$$n(R, F) = y_0 + a \cdot x + b \cdot y + c \cdot x^2 + d \cdot y^2, \quad (1)$$

где n – частота вращения коленчатого вала ДВС, мин<sup>-1</sup>;

Таблица 2 – Экспериментальные данные

№ п/п	R, мм	F, %	Z, мм	n, мин <sup>-1</sup>	CH, млн <sup>-1</sup>	O <sub>2</sub> , %
1	10	94	0,3	1560	30	3,5
–	–	–	–	–	–	–
27	34	106	1,1	2880	130	0,3

$R$  – сопротивление катализатора, мм;  
 $F$  – пропускная способность электромагнитной форсунки, %;  
 $y_0$  – начальное значение параметра;  
 $a, b, c, d$  – коэффициенты;  
 $x$  и  $y$  – значения изменяемых факторов эксперимента.

При обработке данных получено уравнение, описывающее взаимосвязь сопротивления катализатора, пропускной способности форсунки с частотой вращения коленчатого вала ДВС при 20%-й степени открытия дроссельной заслонки, которое имеет вид:

$$n(R, F) = 18524,9999 + 237,3765 \cdot R - 401,6969 \cdot F - 4,267 \cdot R^2 + 2,1451 \cdot F^2. \quad (2)$$

При статистической обработке данных по уравнению (2) достоверность составила 0,88, что говорит о высокой степени связи сопротивления катализатора, пропускной способности форсунки с частотой вращения коленчатого вала ДВС. Однако следует указать, что третий фактор – зазор в свече зажигания – имеет незначительный вес. Так, 0,12 достоверности пришлось на его влияние.

Представим экспериментальную взаимосвязь сопротивления катализатора, пропускной способности форсунки с частотой вращения коленчатого вала ДВС при 20%-й степени открытия дроссельной заслонки в виде трехмерного графика и проведем ее анализ (рис. 5).

Как видно из рисунка 5, большим значениям пропускной способности форсунки соответствуют большие значения частоты вращения ко-

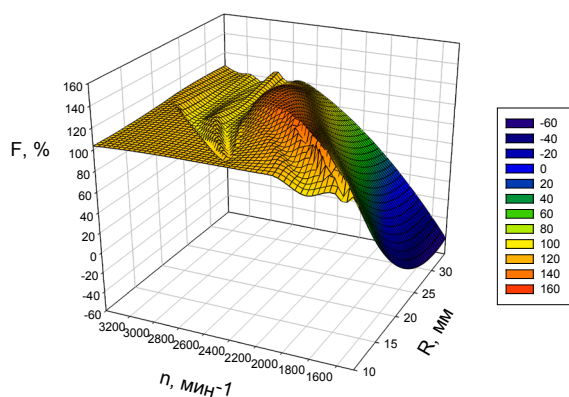


Рис. 5. Экспериментальная взаимосвязь сопротивления катализатора  $R$ , мм пропускной способности форсунки  $F$ , % с частотой вращения коленчатого вала ДВС  $n$ , мин<sup>-1</sup> при 20%-й степени открытия дроссельной заслонки

ленчатого вала ДВС. По факту рост пропускной способности форсунки приводит к увеличению впрыскиваемой порции топлива, что отражается в виде роста частоты вращения коленчатого вала ДВС. Однако одновременно с этим рост сопротивления катализатора снижает частоту вращения коленчатого вала ДВС.

Взаимосвязь пропускной способности форсунки, зазора свечи зажигания с частотой вращения коленчатого вала ДВС при 20%-й степени открытия дроссельной заслонки.

Статистическая обработка показывает на несущественную корреляцию (достоверность при обработке данных составила всего 0,05%) пропускной способности форсунки, зазора свечи зажигания с частотой вращения коленчатого вала ДВС при 20%-й степени открытия дроссельной заслонки (рис. 6).

Объясняется это существенным влиянием сопротивления катализатора на обобщенный результат, что видно на рисунке 6, где меньшие частоты вращения коленчатого вала ДВС (до 2500 мин<sup>-1</sup>) соответствуют большим сопротивлениям катализатора, а большие частоты вращения коленчатого вала ДВС (выше 3000 мин<sup>-1</sup>) соответствуют меньшим сопротивлениям катализатора.

Взаимосвязь сопротивления катализатора, зазора свечи зажигания с частотой вращения коленчатого вала ДВС при 20%-й степени открытия дроссельной заслонки.

Уравнение, описывающее взаимосвязь сопротивления катализатора, зазора свечи зажигания с частотой вращения коленчатого вала ДВС при 20%-й степени открытия дроссельной заслонки имеет вид:

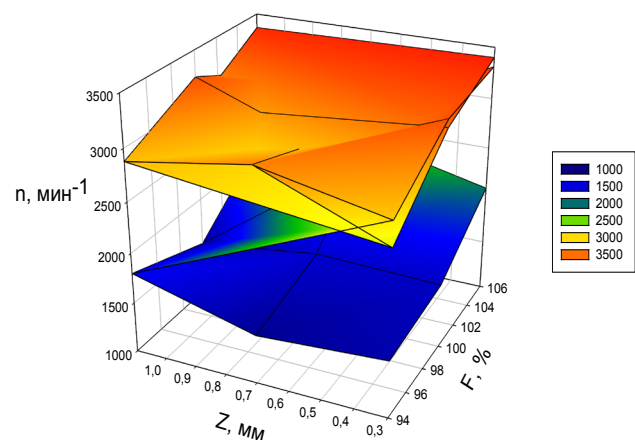


Рис. 6. Зависимость пропускной способности форсунки  $F$ , % зазора свечи зажигания  $Z$ , мм с частотой вращения коленчатого вала ДВС  $n$ , мин<sup>-1</sup> при 20%-й степени открытия дроссельной заслонки





$$n(R, Z) = 102,7353 + 237,3765 \cdot R - 850,6947 \cdot Z - 4,267 \cdot R^2 + 586,8057 \cdot Z^2, \quad (3)$$

где  $Z$  – зазор в свече зажигания, мм.

При статистической обработке данных по уравнению (3) достоверность составила 0,839, что говорит о высокой степени связи сопротивления катализатора, зазора свечи зажигания с частотой вращения коленчатого вала ДВС. Однако следует учесть некоторый вес влияния зазора свечи зажигания, что в среднем приводит к снижению достоверности на 0,161.

Обработанные данные представим в виде трехмерной модели взаимосвязи сопротивления катализатора, зазора свечи зажигания с частотой вращения коленчатого вала ДВС при 20%-й степени открытия дроссельной заслонки (рис. 7).

Из рисунка 7 видна существенная связь величины сопротивления катализатора с частотой вращения коленчатого вала ДВС. Так, при сопротивлении катализатора 34 мм в среднем частота вращения коленчатого вала ДВС составляет 3000 мин<sup>-1</sup>, тогда как при сопротивлении 10 мм (увеличении в несколько раз) составляет уже меньше 1800 мин<sup>-1</sup>. Данный результат очень важен для динамического контроля технического состояния ДВС. Так, достаточно снять несколько режимных точек частоты вращения коленчатого вала ДВС при одинаковом положении дроссельной заслонки, чтобы определить техническое состояние катализатора.

### Выводы

Наименее надежными системами современных автомобилей являются: система зажигания,

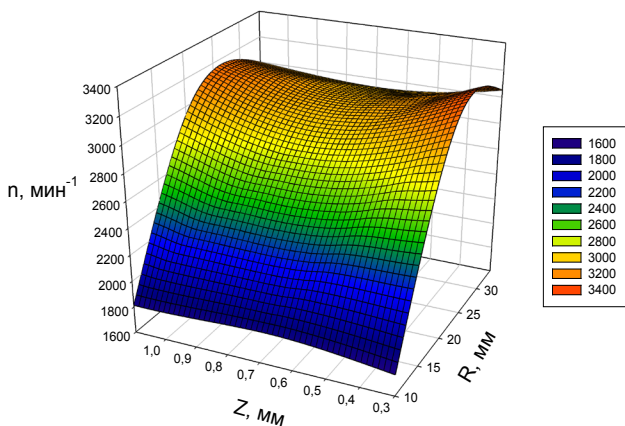


Рис. 7. Взаимосвязь сопротивления катализатора  $R$ , мм, зазора свечи зажигания  $Z$ , мм с частотой вращения коленчатого вала ДВС  $n$ , мин<sup>-1</sup> при 20%-й степени открытия дроссельной заслонки

система питания и система выпуска отработавших газов. Суммарный процент отказов данных систем составляет 20–70% в зависимости от модели автомобилей. Для проведения экспериментальных исследований был разработан прибор догрузатель ДВС. Экспериментальные исследования проводились на базе ДВС автомобиля ВАЗ 21083. Кроме того, на экспериментальной установке предусмотрены специальные приспособления для осуществления пробоотбора отработавших газов. При статистической обработке данных по уравнению (2) достоверность составила 0,88, что говорит о высокой степени связи сопротивления катализатора, пропускной способности форсунки с частотой вращения коленчатого вала ДВС. Установлена существенная связь величины сопротивления катализатора с частотой вращения коленчатого вала ДВС (достоверность составила 0,839). Так, при сопротивлении катализатора 34 мм в среднем частота вращения коленчатого вала ДВС составляет 3000 мин<sup>-1</sup>, тогда как при сопротивлении 10 мм (увеличении в несколько раз) составляет уже меньше 1800 мин<sup>-1</sup>.

### Список литературы

1. Старцев А. В., Чепуров Д. В. Снижение токсичности отработанных газов ДВС // Вестник ЧГАУ. 1994. Т. 8.
2. Старцев А. В., Романов С. В. Повышение топливной экономичности сельскохозяйственных агрегатов на базе тракторов МТЗ-80/82 путем применения водной инжекции // Агропродовольственная политика России. 2015. № 1 (37). С. 16–19.
3. Экономическая оценка эффективности использования водной и водоспиртовой инжекции в дизельных двигателях / А. В. Старцев, О. Н. Вагина, С. В. Романов, Д. В. Вагин // АПК России. 2015. Т. 74. С. 183–191.
4. Зырянов А. П., Шепелёв В. Д. Оценка эксплуатационных показателей грузового транспорта в Российской Федерации // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. 2014. № 1. С. 292–297.
5. Регулирование дизеля методом отключения-включения цилиндров или циклов / Н. Н. Патрахальцев, С. В. Страшнов, Б. А. Корнев, И. С. Мельник // Двигателестроение. 2011. № 3. С. 7–12.
6. Химченко А. В., Мишин Д. Г., Бузов А. В. Снижение неравномерности крутящего момента двигателя с отключением цилиндров на режимах частичного нагружения // Двигатели внутреннего сгорания. 2013. № 1. С. 46–51.

7. Отключение цилиндров как способ улучшения топливной экономичности бензиновых двигателей / В. А. Марков, С. Н. Девянин, Э. А. Савастенко, А. А. Савастенко // Автомобильная промышленность. 2014. № 1. С. 5–8.
8. Журавлев С. С., Зубарев К. В. Апробация способа управления мощности ДВС отключением цилиндров // Техника и технологии строительства. 2015. № 3 (3). С. 14–20.
9. Иванов Р. В. Диагностирование ДВС по параметру мощности механических потерь : автореф. дис. канд. техн. наук. Волгоград, 2010. 40 с.
10. Leone, T. and Pozar, M., Fuel Economy Benefit of Cylinder Deactivation - Sensitivity to Vehicle Application and Operating Constraints, SAE Technical Paper 2001-01-3591, 2001.
11. Douglas, K., Milovanovic, N., Turner, J., and Blundell, D., Fuel Economy Improvement Using Combined CAI and Cylinder Deactivation (CDA) - An Initial Study, SAE Technical Paper 2005-01-0110, 2005.
12. Abas, M., Zainal Abidin, S., Rajoo, S., Martinez-Botas, R. et al., Evaluation Between Engine Stop/Start and Cylinder Deactivation Technologies Under Southeast Asia Urban Driving Condition, SAE Technical Paper 2017-01-0986, 2017.
13. Abas, M. and Martinez-Botas, R., Engine Operational Benefits with Cylinder Deactivation in Malaysian Urban Driving Conditions, SAE Technical Paper 2015-01-0983, 2015.
14. Vinodh, B., "Technology for Cylinder Deactivation," SAE Technical Paper 2005-01-0077, 2005.
15. Senapati, U., McDevitt, I., and Hankinson, A., "Vehicle Refinement Challenges for a Large Displacement Engine with Cylinder Deactivation Capability," SAE Technical Paper 2011-01-1678, 2011.
16. Flierl, R., Lauer, F., Breuer, M., and Hannibal, W., Cylinder Deactivation with Mechanically Fully Variable Valve Train, SAE Int. J. Engines 5(2):207-215, 2012.
17. Ageev E., Altukhov A., Scherbakov A., Novikov A. Informativeness increasing of internal combustion engines diagnosis due to technical endoscope. Journal of Engineering and Applied Sciences (2017), 12 (4), 1028-1030.
18. Bemman, Y., Frei, T., Jones, C., and Keck, M., Passive Exhaust System With Cylinder Deactivation, SAE Technical Paper 2005-01-2351, 2005.
19. Bech, A., Shayler, P., and McGhee, M., The Effects of Cylinder Deactivation on the Thermal Behaviour and Performance of a Three Cylinder Spark Ignition Engine, SAE Int. J. Engines 9(4):1999-2009.
20. Muhamad Said, M., Abdul Aziz, A., Abdul Latiff, Z., Mahmoudzadeh Andwari, A. et al., Investigation of Cylinder Deactivation (CDA) Strategies on Part Load Conditions, SAE Technical Paper 2014-01-2549, 2014.
21. Mohammadpour, M., Rahmani, R., and Rahnejat, H., The Effect of Cylinder De-Activation on Thermo-Friction Characteristics of the Connecting Rod Bearing in the New European Drive Cycle (NEDC), SAE Technical Paper 2014-01-2089, 2014.
22. Gritsenko A., Kukov S., Glemba K. Theoretical Underpinning of Diagnosing the Cylinder Group During Motoring. Procedia Engineering, vol. 150, 2016, pp. 1182-1187.
23. Gritsenko A., Plaksin A., Glemba K. Experimental Studies of Cylinder Group State During Motoring. Procedia Engineering, vol. 150, 2016, pp. 1188-1191.
24. Бакайкин Д. Д., Куков С. С., Гриценко А. В. Техническое обслуживание элементов системы топливоподдачи бензинового двигателя с электронной системой управления // АПК России. 2006. Т. 47. С. 10–13.
25. Вертей М. Л. Обоснование способа разгона двигателя с принудительным впрыском топлива и электрическим управлением топливоподачей при проведении тестового диагностирования // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (124). С. 112–116.
26. Ременцов А. Н., Зенченко В. А., Нгуен Минь Тиен. Альтернативный подход к оценке технического состояния электронных систем управления двигателем // Вестник МАДИ (ГТУ). 2010. № 4 (23). С. 27–30.
27. Ременцов А. Н., Зенченко В. А., Нгуен Минь Тиен. Алгоритм контроля технического состояния электронных систем управления двигателем легковых автомобилей // Журнал АТП. 2011. № 8. С. 43–46.
28. Eriksson L., Nielsen L. Ionization current interpretation for ignition control in internal combustion engines. Control Engineering Practice. 1997. Т. 5. № 8. С. 1107-1113.
29. Scattolini R., Siviero C., Mazzucco M., Ricci S., Poggio L., Rossi C. Modeling and identification of an electromechanical internal combustion engine throttle body. Control Engineering Practice. 1997. Т. 5. № 9. С. 1253-1259.
30. Snedkov B.A., Udalov L.V., Ovodova O.N., Gorokhov Yu.V., Snedkov A.B. Pulse-packet electron injector for the study of rarefied media. Instruments and Experimental Techniques. 1990. Т. 33. № 1 pt 1. С. 25-28.
31. Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем топливоподдачи и смазки двигателей внутреннего сгорания / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, К. И. Лу-



комский, В. В. Волынкин // Аграрный вестник Урала. 2014. № 7 (125). С. 53–58.

32. Гриценко А. В., Куков С. С., Бакайкин Д. Д. Теоретическое исследование работы электромагнитной форсунки и ее влияние на процесс топливоподачи // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В. П. Горячкина. 2012. № 3 (54). С. 40–41.

33. Гриценко А. В., Куков С. С., Бакайкин Д. Д. Результаты экспериментальных исследований пропускной способности электромагнитных форсунок бензиновых двигателей внутреннего сгорания // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В. П. Горячкина. 2012. № 5 (56). С. 40–42.

34. Гриценко А. В., Цыганов К. А. Диагностирование электрических бензонасосов автомобилей // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2013. № 4. С. 22–23.

35. Гриценко А. В. Метод диагностирования систем ДВС по тестовому контролю правильности функционирования систем // Экономика и производство : сб. науч. трудов / под ред. В. В. Ерофеева. Челябинск : ЧРО РАЕН, 2012. С. 113–121.

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

37. Гриценко А. В., Глемба К. В., Куков С. С. Методические приемы повышения точности

диагностирования подшипников коленчатого вала // АПК России. 2010. Т. 57. С. 51–56.

38. Дмитриевский А. В., Шатров Е. В. Топливная экономичность бензиновых двигателей. М. : Машиностроение, 1985. 208 с.

39. Ерохов В. И. Системы впрыска бензиновых двигателей. Конструкция, расчет, диагностика : учебник для вузов. М. : Горячая линия-Телеком, 2011. 553 с.

40. Кульчицкий А. Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей : учеб. пособ. для высш. шк. 2-е изд., испр. и доп. М. : Академ. проект, 2004. 400 с.

41. Иванов А. С., Лянденбургский В. В., Рыбакова Л. А. Программа технического обслуживания и текущего ремонта на основе встроенного диагностирования // Научное обозрение. 2015. № 7. С. 133–138.

42. Развитие технических средств диагностирования тракторных ДВС по параметрам рабочих процессов / О. Ф. Савченко, В. В. Альт, С. Н. Ольшевский, И. П. Добролюбов // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 118. С. 106–112.

43. Экспертная система контроля технического состояния автомобилей / А. Д. Шумилин [и др.] // Научное обозрение. 2016. № 4. С. 85–89.

44. Руководства: Компьютерный комплекс МОТОР-ТЕСТЕР МТ10КМ с программным обеспечением МТ-10 и блоком автомобильной диагностики АМД-4АКМ. Самара: ООО «НПП «НТС», 2012. 62 с.

---

**Гриценко Александр Владимирович**, д-р техн. наук, доцент, доцент кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»; профессор кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.  
E-mail: alexgrits13@mail.ru.

**Глемба Константин Вячеславович**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»; доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.  
E-mail: glemba77@mail.ru.

**Салимоненко Григорий Николаевич**, аспирант кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».  
E-mail: Salimonenkog@mail.ru.

**Назаров Максим Валерьевич**, аспирант кафедры «Автомобильный транспорт» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».  
E-mail: hmnemo@gmail.com.

**Шефер Леопольд Анатольевич**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Летательные аппараты», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».  
E-mail: sheferla@susu.ru.

\* \* \*

УДК 631.354

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЛИЧИНЫ СИЛЫ РАЗРУШЕНИЯ СВЯЗИ ЗЕРНА С КОЛОСОМ**

**М. А. Гутров**

Ключевым параметром, влияющим на все технологические параметры зерноуборочной техники, является сила связи зерна с колосом. Совершенствование методов расчета уборочных процессов предъявляет более высокие требования к экспериментальной информации о силе связи зерна с колосом. В этой связи в статье приведены описания конструкций экспериментальных установок, предназначенных для практической реализации различных методов. Выполнен сравнительный анализ существующих методов и технических средств для исследования силы связи зерна и колоса, рассмотрены их достоинства и недостатки. Дана оценка корректности получаемых экспериментальных сведений и возможности их использования в современных методах расчета технологических процессов.

*Ключевые слова:* зерно, разрушение, прочность связи с колосом, экспериментальные установки, методы исследования.

На разных фазах роста и созревания растения злаковой колосовой культуры механические связи зерна с колосом обеспечивают различные функции жизнеобеспечения: снабжение семени питательными веществами, защита от внешних воздействий и т.д. Термин, установившийся в сельскохозяйственной литературе и характеризующий прочность механических связей зерна и колоса, называется обмолачиваемостью. С точки зрения технологии уборки обмолачиваемость растений является крайне важным параметром. Обмолачиваемость – качественный показатель выделения зерна из колоса, влияющий на уровень механических воз-

действий рабочих органов уборочных машин на сельскохозяйственное растение. Обмолот зерна в молотилке комбайна должен сопровождаться таким механическим воздействием на растение, которого достаточно для разрушения связи зерна и колоса. При контакте растения с другими рабочими органами комбайна и жатки (делитель стеблестоя, планка мотовила, сегмент режущего аппарата, транспортеры, битер и т.д.) механические связи зерна с колосом не должны разрушаться, так как это приводит к потерям зерна [1–3]. Следовательно, воздействие различных рабочих органов уборочных машин на растение должно строго нормироваться на





основе цели воздействия и предельной прочности механических связей зерна с колосом убираемого растения. Нормирование механического воздействия на растение возможно только на основе количественных показателей прочности механических связей, для чего необходимо провести такие экспериментальные исследования, которые будут адекватны реальному технологическому взаимодействию рабочих органов и растения.

Исследование предельной прочности механических связей зерна и колоса не является принципиально новой задачей. Наиболее актуальной она стала в 20–30-х годах прошлого века [4], когда быстрыми темпами начал расти общий уровень механизации процессов уборки зерна. Впоследствии [5] такого рода исследования не утратили своей значимости, и, безусловно, они сохраняют свою важность в настоящее время. На этот факт указывают работы, направленные на создание экспериментальных установок для исследования вымолота зерна из колоса [6, 7]. Сведения о разрушении связей зерна и колоса используются в математических описаниях взаимодействия растений с рабочими органами жаток [15–19], а также для расчета и технологических настроек уборочных машин [21, 22].

В зависимости от того, какой параметр определяется при проведении эксперимента, методики исследования разрушения связи зерна с колосом можно разделить на две группы. Первая группа методик основана на использовании установок для ударного нагружения колоса. В результате ударного взаимодействия колоса и экспериментальной установки разрушаются механические связи зерна с колосом. Удар – механический процесс, заключающийся в контактном, быстропротекающем взаимодействии твердых тел. Удар может сопровождаться необратимыми изменениями в телах, которые связаны с действием больших значений ускорений и инерционных нагрузок. Расчет динамических контактных напряжений и деформаций, возникающих в телах при ударе, – сложная задача механики твердого деформируемого тела [13, 14]. Однако некоторые относительно простые расчеты теории удара используются в инженерной практике и приводятся в учебной литературе [12]. Например, в курсе сопротивления материалов расчет поперечного удара о балку проводят на основе элементарной теории Кокса и ее видоизменений. При этом пользуются энергетическим методом, который базируется на законе сохранения энергии. Согласно этому

закону, удар двух тел приводит к уменьшению запаса их кинетической энергии на величину потенциальной энергии деформации соударяющихся тел. Закон сохранения энергии используют и для расчета энергии, необходимой для разрушения механических связей зерна и колоса. В этой связи первую группу методик можно условно назвать энергетической.

Устройства для практической реализации энергетического метода исследования разрушения механических связей зерна и колоса обычно представляют собой различного вида маятниковые копры (рис. 1). Выделение зерна из колоса происходит в результате ударного взаимодействия колоса с маятником экспериментальной установки. Методика проведения эксперимента состоит в выполнении определенной последовательности действий. На основании экспериментальной установки жестко закрепляется колос. Маятник копра отклоняется от положения равновесия на заданный угол, после чего отпускается. Двигаясь навстречу колосу, маятник накапливает кинетическую энергию. При ударе колос проходит между зубцами U-образной вилки, закрепленной на конце маятника. Линейный

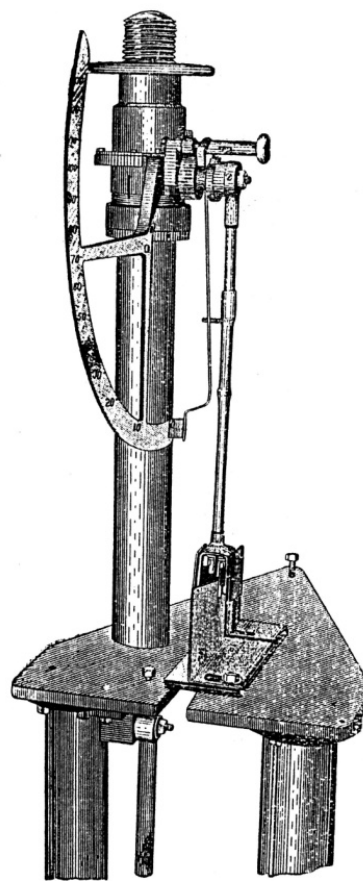


Рис. 1. Общий вид устройства (маятникового копра) для изучения вымолота зерна из колоса [8]

размер между зубцами вилки подбирается с учетом ширины колоса. Удар сопровождается разрушением механических связей зерна и колоса посредством сил трения зубцов вилки маятника о колос. В процессе удара часть кинетической энергии маятника расходуется на вымолот зерна. Далее, после удара, маятник продолжает движение, отклоняясь на некоторый угол. Углы отклонения маятника до и после удара по колосу позволяют вычислить ту часть кинетической энергии маятника, которая была преобразована в потенциальную энергию деформации соударяющихся тел. При этом полагают, что маятник является абсолютно твердым, недеформируемым телом. Такое упрощение означает, что та часть кинетической энергии маятника, которую он теряет при ударе о колос, преобразуется в потенциальную энергию деформации колоса и расходуется на деформирование и разрушение его связей с зерном.

Недостаток этого способа исследования заключается в том, что он не позволяет в чистом виде оценить то количество энергии, которое идет непосредственно на разрушение связей зерна и колоса. Фактически кинетическая энергия маятника расходуется не только на разрушение связей зерна с колосом, но и на деформирование самого колоса, деформирование маятника и др. Следовательно, реальные значения величины энергии следует ожидать меньшими относительно экспериментальных значений. На этот факт указывают все литературные источники [4, 5, 8], в которых упоминается данный метод. Одновременно с этим указанный недостаток является и достоинством: такой способ нагружения колоса наиболее близок к реальному взаимодействию убираемых растений и рабочих органов современных уборочных машин. К примеру, в момент вхождения мотовила в хлебную массу планка мотовила имеет отличную от нуля абсолютную скорость и двигается от вершины растения к его основанию, т.е. в начальный момент времени контакта планка скользит по колосу. Следовательно, испытания на маятниковом копре совпадают с характером контактного взаимодействия колоса и планки мотовила на ее начальном участке рабочей траектории. Если известна величина контактной силы между колосом и планкой мотовила, а также закон движения точки приложения силы по колосу, то можно вычислить работу контактной силы. Величину контактной силы и изменение координаты точки ее приложения на растении можно вычислить, если воспользоваться мате-

матической моделью растения [15, 16]. В этом случае сопоставление расчетного значения величины работы с экспериментальными данными об энергии выделения зерна на маятниковом копре дает возможность рассчитать потери свободным зерном за мотовилом.

К энергетической группе методик М.Н. Летошнев относит исследования, проводимые путем ударного нагружения колоса при его падении с заданной высоты (рис. 2). При ударе возникают значительные ускорения и силы инерции, действие которых разрушает механические связи между колосом и зерном, приводя к его отделению от колоса. Экспериментально определить ускорения, действующие в процессе удара на отдельное зерно, достаточно сложно. Поэтому, как и в случае с маятниковым копром, для оценки разрушения связей используют энергетический подход, который заключается в расчете предельной величины энергии. Методика проведения эксперимента подробно описана в учебном пособии [5]. Далее приведена цитата текста с сохранением всех обозначений: «Метод динамического воздействия заключается в ударе, получающемся при сбрасывании с разной высоты  $h$  в шахте металлического стаканчика с закрепленным в нем колосом. Энергия движения зерна при ударе расходуется на вырывание зерна из колоса, эта энергия  $\frac{mv^2}{2}$

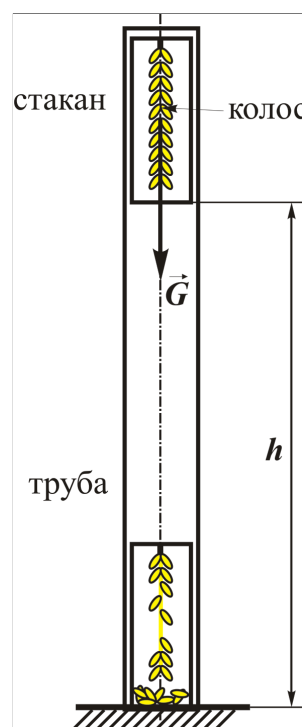


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для изучения вымолота зерна из колоса [5]



определяется работой  $L = Gh$ ». В приведенных формулах  $m$  – масса одного зерна,  $v$  – скорость зерна,  $G$  – вес зерна.

Согласно приведенному в первых строках цитаты описанию методики, разрушение механических связей зерна и колоса есть результат удара металлического стакана с закрепленным внутри колосом об основание. Это означает, что падая с заданной высоты  $h$  (рис. 2), стакан с колосом к моменту удара приобретает кинетическую энергию  $T = \frac{m_0 v^2}{2}$ , где  $m_0$  – масса стакана и колоса,  $v$  – скорость стакана в момент столкновения с препятствием. Следуя закону сохранения энергии, если столкновение стакана и колоса с основанием является неупругим (после первого удара тела не совершают серии повторных столкновений), кинетическая энергия полностью переходит в потенциальную энергию деформации основания и стакана с колосом. Если принять допущение о том, что основание и стакан являются абсолютно жесткими и недеформируемыми, вся кинетическая энергия  $T$  движения стакана с колосом направлена на деформирование колоса, в результате чего разрушатся его связи зерном. Таким образом, в наших рассуждениях были приняты две гипотезы: об абсолютно неупругом ударе стакана об основание, а также гипотеза о том, что стакан и основание являются недеформируемыми телами. В некотором смысле принятые допущения являются взаимоисключающими: трудно представить абсолютно жесткие тела, результатом столкновения которых является неупругий удар. На практике это означает, что всегда будет присутствовать отскок стакана после удара, после чего последуют вторичные столкновения. Следовательно, при ударе кинетическая энергия движения стакана перейдет не только в потенциальную энергию деформаций колоса, а будет также израсходована на деформирование стакана и основания. Определить ту часть энергии, которая идет на деформирование металлического стакана и основания, возможно только путем решения соответствующей задачи теории удара.

Частичным выходом из этой ситуации может служить определение кинетической энергии отдельного зерна, а не стакана с колосом. К моменту удара зерно двигалось как единое целое с колосом и стаканом, при этом оно имело абсолютную скорость  $v$ . Таким образом, зная массу отдельного зерна  $m$ , можно вычислить его кинетическую энергию  $T_3$  перед ударом.

Если после столкновения с препятствием зерно выделилось, т.е. все механические связи между зерном и колосом были разрушены, можно предположить, что вся кинетическая энергия отдельного зерна была преобразована в потенциальную энергию деформирования и разрушения его связей с колосом. Однако даже в этом случае при упругом характере соударения стакана с колосом о препятствие последует серия повторных столкновений с меньшей кинетикой удара. С позиции механики оценка вклада серии повторных ударов в разрушение механических связей зерна и колоса является достаточно сложной задачей.

Методика, основанная на использовании стакана и направляющей трубы, подразумевает определение скорости колоса на момент столкновения стакана с препятствием. Экспериментальный путь определения скорости колоса перед ударом требует применения дополнительного оборудования, а теоретический расчет должен учитывать физические явления, возникающие при движении стакана внутри трубы (сопротивление воздуха движению стакана внутри трубы, наличие нестационарных связей между стаканом и трубой и др.) и влияющие на величину рассчитываемой скорости.

Приведенные в учебном пособии [5] формулы для расчета энергии разрушения связи зерна и колоса отличаются от вышеизложенных соображений. Летошнев М.Н. предлагает рассчитывать энергию выделения зерна из колоса как произведение величины силы веса отдельного зерна  $G$  на пути его падения – высоте  $h$ , которая определяет первоначальное положение стакана с колосом. Такое произведение представляет собой работу консервативной силы в потенциальном поле. На практике это означает, что, по мнению автора, зерно выделяется из колоса не в процессе столкновения стакана с основанием, а при движении колоса и стакана внутри направляющей трубы. Следовательно, к моменту удара стакана о препятствие связи зерна с колосом уже будут разрушены. Безусловно, адекватность такого подхода к расчету энергии разрушения связи зерна и колоса нужно проверять экспериментально. Вполне вероятно, что существует корреляция между величиной потенциальной энергии силы веса зерна, находящегося на определенной высоте, и значением энергии, достаточной для разрушения связей зерна и колоса. Однако физические явления, которые будут приводить к выделению зерна из колоса при его свободном падении вместе

с металлическим стаканом, не ясны. Вообще, в приведенной цитате текста методики [5] содержится противоречие. Говоря об энергии разрушения связей зерна и колоса, автор сначала говорит об энергии движения (суть – кинетической энергии) как основной причине разрушения связей, а затем приводит формулу для расчета потенциальной энергии. Таким образом, с нашей точки зрения, существующая методика проведения эксперимента с использованием металлического стакана является не до конца проработанной и требует уточнения. Совершенствование методики должно быть направлено на устранение или более полный учет тех дополнительных механических явлений, которые сопровождают использование такого рода оборудование.

Кроме рассмотренных методик и экспериментальных установок существует метод, основанный на экспериментальном определении величины силы инерции, действующей на отдельные зерна в колосе. Суть метода заключается в том, чтобы на колос,двигающийся по известной траектории, действовало ускорение, величину и направление которого можно измерить экспериментально или достаточно просто вычислить с известной погрешностью.

Практическая реализация метода связана с использованием различных методик и устройств для центрифугирования колоса [4, 7, 9]. Как правило, установки для центрифугирования имеют электродвигатель, приводящий в движение ротор, на котором закреплен исследуемый объект – колос злаковой культуры. Для измерения частоты вращения ротора используются тахометры в различном исполнении. На рисунке 3 приведена фотография центрифуги, созданная в середине 30-х годов

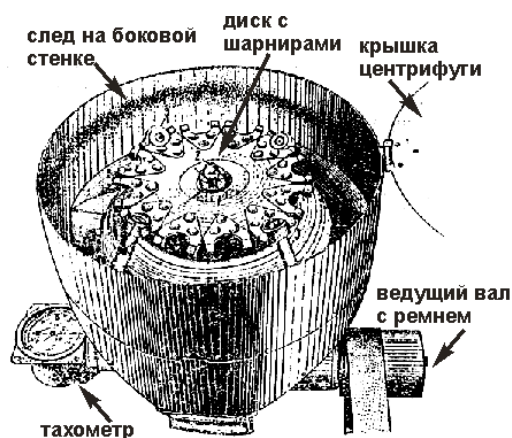


Рис. 3. Общий вид центрифуги для исследования силы разрушения связей зерна с колосом [4]

прошлого века в лаборатории ВИСХОМ [4]. Конструкция центрифуги представляет собой стальной диск, имеющий 12 шарнирных узлов крепления, с помощью которых на диске в радиальном направлении устанавливались 12 стаканчиков (рис. 4).

Внутри стаканов имелись зажимы для фиксации колосьев. Шарниры обеспечивали возможность поворота стаканчиков в вертикальной плоскости. Стальной диск был закреплен на ведомом валу редуктора, от которого также приводился в движение вал механического тахометра. Привод ведущего вала редуктора осуществлялся через плоскоремennую передачу. Что служило энергетическим средством, приводящим во вращательное движение ведущий вал – неизвестно.

Методика проведения эксперимента относительно проста. Цитата: «...от отобранных стеблей отрезались колосья, которые... распределались по классам своей длины, после чего поступали на центрифугирование. Опыт начинался с 1000 оборотов диска в минуту, после чего из всех стаканчиков отбиралось, сосчитывалось и взвешивалось выделенное из колосков зерно, колосья вставлялись обратно и подвергались центрифугированию на 2000 оборотах, потом на 3000 оборотах и т.д. Центрифугирование велось до полного вымолота. Основная масса зерна выделяется из колоса в пределах от 2000 до 5000 оборотов. К 5000–6000 оборотам выделение зерна прекращается, колос становится пустым... центробежные силы подсчитывались по среднему радиусу для каждого колоса (радиус диска центрифуги плюс половина длины колоса) и среднему весу одного зерна...»

Приведенная методика имеет недостатки. Они заключаются в том, что величина действу-



Рис. 4. Стаканчики с закрепленными внутри колосьями [4]





ющего на зерно ускорения рассчитывается по среднему радиусу вращения, а не по радиусу вращения отдельного зерна в колосе. Расчет силы разрушения связи между зерном и колосом также проводится по среднему весу группы оторвавшихся зерен, что тоже является недостатком. При проведении эксперимента шаг приращения частоты вращения центрифуги выбран достаточно большой (1000 об/мин). Четкого обоснования этой величины нет. Вероятно, величина шага приращения частоты вращения связана с ценой деления шкалы тахометра либо со стремлением сократить объем проведения эксперимента. Упомянутые факты приводят к значительному осреднению экспериментальных результатов и являются недостатками измерительной системы центрифуги.

Кроме этого, согласно методике проведения эксперимента, после отделения от колоса зерно остается в стаканчике и изымается оттуда для взвешивания. Однако приведенная фотография (рис. 4) свидетельствует о наличии выреза в стенке стаканчика. Качество фотографий не позволяет установить тот факт, имелись ли у стаканчиков заглушки со стороны, противоположной креплению колоса. При этом на фотографии центрифуги (рис. 3) достаточно четко виден след на внутренней стороне корпуса, свидетельствующий о том, что зерно, после отрыва от колоса, не оставалось в стаканчиках. Вероятно, под действием сил инерции, после отрыва от колоса, зерно через вырезы в стаканчиках двигалось в направлении стенки центрифуги. Затем, после серии ударов о стенку, под действием собственного веса зерно накапливалось на дне корпуса центрифуги. Если наши выводы верны, то методика проведения эксперимента требует уточнения.

Вращение диска центрифуги на частотах свыше 1000 об/мин сопровождается значительным аэродинамическим сопротивлением. На частоте 6000 об/мин максимальная скорость обтекания металлического стаканчика воздухом будет составлять 120 м/с. В этом случае стаканчики выполняют защитную функцию, предохраняя закрепленные внутри колоски от разрушения набегающим потоком воздуха. Наличие боковых вырезов в стаканчиках, отсутствие торцевых заглушек не позволяет говорить о чистоте эксперимента в том смысле, что связь отдельного зерна с колосом может быть разрушена в результате совместного действия инерционных сил и сил аэродинамического сопротивления. Учет аэродинамического воздействия

на колос в методике проведения эксперимента [4] отсутствует.

Приведенное в тексте [4] описание конструкции центрифуги не проясняет, с какой целью крепление стаканчиков с диском (рис. 3) было сделано шарнирным. На рисунке видно, что в состоянии покоя стаканчики занимают такое положение, при котором их осевая линия не совпадает с радиальным направлением диска. Увеличение угловой скорости вращения диска будет сопровождаться изменением положения стаканчиков: под действием сил инерции они будут стремиться занять положение, близкое к радиальному направлению. Следовательно, радиус вращения зерна с колосом будет зависеть от частоты вращения вала центрифуги. Отсутствие в экспериментальной установке измерительного контроля над углом положения стаканчиков вносит дополнительную погрешность в определение радиуса вращения зерна и колоса.

Кроме этого, такая конструктивная особенность негативно сказывается на уровне высокочастотной вибрации центрифуги, которая является следствием неуравновешенности вращающихся масс диска со стаканами. Изменение координаты центра масс, которое происходит при изменении положения стаканчиков, делает затруднительным проведение статической и динамической балансировки диска совместно со стаканчиками. Вероятно, по этой причине отсутствует информация о величине виброускорений конструктивных элементов центрифуги в ходе проведения эксперимента [4]. Из экспериментальных данных [4] следует, что в процессе эксперимента частота вращения диска достигала  $6000 \text{ мин}^{-1}$ . В тексте нет сведений о том, какой источник энергии использовался в качестве привода центрифуги. Если использовался двигатель внутреннего сгорания (это предположение объяснимо с учетом года и условий проведения экспериментов), то не ясно, как в эксперименте учитывались переходные режимы работы двигателя (разгон, остановка, неравномерность частоты вращения в установленном режиме и др.).

Несовершенство конструкции центрифуги, методики проведения эксперимента и отсутствие средств технического контроля над радиусом вращения каждого зерна, моментом времени отрыва зерна от колоса, вибрационными колебаниями центрифуги требуют уточнения экспериментальных сведений, приведенных в книге [4].

В более поздних трудах ВИСХОМ [20] для исследования силы связи зерна со створкой

гороха была использована серийно выпускавшаяся центрифуга ЦЭ-3 (рис. 5). Центрифуга имеет прямой электропривод посредством двигателя переменного тока КО-400 мощностью 350 Вт. Это обеспечивает максимальную частоту вращения ротора до 6000 об/мин. Для изменения частоты вращения в конструкции центрифуги предусмотрен лабораторный автотрансформатор ЛАТР-1. Ротор имеет четыре шарнирно закрепленных металлических стаканчика, в которых размещаются колбы с объектом исследования. Стаканчики имеют цилиндрическую форму диаметром 18 мм и длиной 90 мм. Радиус вращения центра стаканчика составляет 100 мм. Для максимальной частоты вращения обтекание металлического стаканчика воздухом будет осуществляться со скоростью 34...90 м/с.

Для проведения экспериментальных исследований в металлические стаканчики-держатели центрифуги ЦЭ-3 помещают резиновую пробку, в разрез которой вставляется исследуемая часть растения. Перед работой центрифуга тарировалась стробоскопом для всего диапазона частот вращения ротора. Методика проведения эксперимента [20] существенно ничем не отличается от методики, приведенной в трудах ВИСХОМ [4], и обладает аналогичными недостатками.

Следует отметить, что центрифуга ЦЭ-3 при проведении экспериментов [20] была использована не по назначению. Согласно техническому описанию конструкции лабораторной центрифуги, она предназначена для фракционного анализа жидких смесей. В штатном исполнении центрифуги шарнирное закрепление

металлических стаканчиков обусловлено размещением в них колб с жидкостью. Шарнирное закрепление позволяет вставить колбу в стакан, не разбирая ротор центрифуги и не теряя содержимое колбы. Для проведения экспериментов по определению силы разрушения связи зерна с растением необходимость в шарнирном закреплении стаканчиков отсутствует. Кроме этого, на разделение жидкости в колбе существенно не влияет ее положение во время вращения. Однако в нашем случае если колба с растением в процессе эксперимента займет положение, отличное от радиального, это приведет к дополнительным погрешностям при измерении радиуса вращения отдельного зерна. Радиус вращения каждого зерна – важный параметр, погрешность измерения которого влияет на погрешность экспериментального определения силы связи зерна с растением [10]. При фракционном анализе объем жидкости в каждой колбе строго нормирован по весу, что позволяет избежать значительных вибраций лабораторной установки. Таким образом, при исследовании силы разрушения связи зерна с растением необходимо, чтобы части растений с зерном были одинаковой массы. Это условие трудно выполнить из-за вариаций веса реальных биологических объектов.

Способ закрепления стаканчиков на роторе, а также их конструкция имеют различное функциональное назначение при штатной эксплуатации центрифуги и при ее использовании с целью разрушения механических связей зерна с растением. В последнем случае, как было сказано ранее, металлические стаканчики несут дополнительную защитную функцию от набегающего потока воздуха. Однако этому факту авторы [4, 20] не придавали значение. Схожесть конструкций центрифуг [4] и [20] дает возможность сделать вывод о том, что центрифуга [4] также является серийной и предназначенной для фракционного анализа жидкостей.

Тем не менее, конструкции центрифуг для исследования сил разрушения связей между зерном и растением центрифуги продолжают усложняться и технически совершенствоваться. На рисунке 6 приведена схема современной конструкции центрифуги (патент РФ №2176932), которая разработана совместно ОрелГАУ и РАСХН [6, 7]. В статье [7] в качестве основного недостатка существующих методик центрифугирования указывается тот факт, что нагрузка на исследуемый объект прикладывается ступенчато: после выделения зерна из колоса необходимо

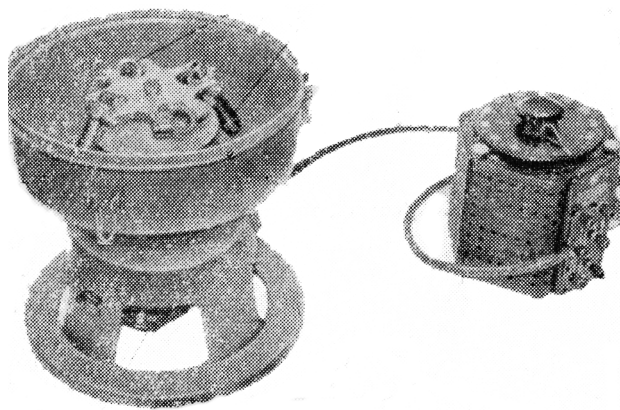


Рис. 5. Общий вид центрифуги ЦЭ-3 для исследования силы разрушения связей зерна с растением [20]

останавливать экспериментальную установку для того, чтобы изъять и взвесить отделившееся зерно, а затем снова запускать центрифугу для вымолота следующей группы зерен.

Повторно-переменный характер приложения нагрузки на зерно, колос и механические связи между ними, по мнению авторов, существенно влияет на величину предельной силы разрушения связей. С целью устранения указанных недостатков существующих экспериментальных установок была создана центрифуга особой конструкции. На основе использования новой центрифуги разработан и запатентован новый способ определения предельной силы разрушения связей зерна с колосом. Методика проведения эксперимента на данной центрифуге заключается в наборе следующих действий: «плодоэлемент фиксируют на роторе центрифуги и подвергают силовому воздействию путем вращения с заданным постоянным ускорением до окончательного отрыва всех семян. Вымолоченные семена попадают в накопитель, порядок их расположения соответствует очередности отрыва. Вымолот семян контролируют визуально, что позволяет фиксировать частоту вращения ротора при отрыве каждого семени. После остановки ротора массу семян замеряют в соответствии с очередностью их отрыва и определяют усилие вымолота... визуальное наблюдение за ходом эксперимента возможно вследствие автоматизации синфазности частоты вспышек импульсной лампы строботахометра».

В процессе проведения эксперимента зерно отделяется от колоса и совершает движение по сложной пространственной траектории, при

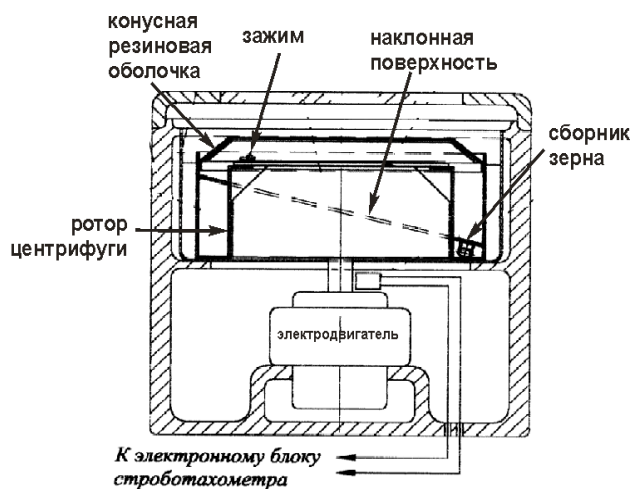


Рис. 6. Схема устройства центрифуги для исследования силы разрушения связей зерна с колосом [6]

этом происходят столкновения зерна с деталями и элементами центрифуги (рис. 7). Первоначально зерно движется как свободное тело в подвижной воздушной среде в направлении отражателя – конусной резиновой оболочки и ударяется о нее. После столкновения зерно под действием силы тяжести движется вниз, до контакта с наклонной плоскостью. Совершив удар по наклонной плоскости, зерно движется по ней в направлении особого устройства – накопителя зерна, который позволяет собирать зерно в порядке его отрыва от колоса. Из накопителя зерно извлекается с целью получения экспериментальных данных о весе зерна и порядке его отрыва от колоса.

В качестве преимущества предлагаемой экспериментальной установки и новой методики определения силы разрушения связи зерна с растением авторы указывают на непрерывность проведения эксперимента и возможность визуального контроля за объектом исследования. Наблюдение за объектом исследования ведется с помощью стробоскопа, настроенного на определенную частоту, учитывающую угловую скорость вращения ротора. С точки зрения авторов, такая конструктивная особенность центрифуги, а также методика проведения эксперимента обеспечивают строгое соответствие порядка расположения зерен в накопителе и очередности их отрыва от колоса. Однако установить такую взаимосвязь затруднительно в силу различных причин.

Стробоскоп, прибор, который позволяет видеть движущийся объект неподвижным. Конструкция стробоскопа содержит импульсный

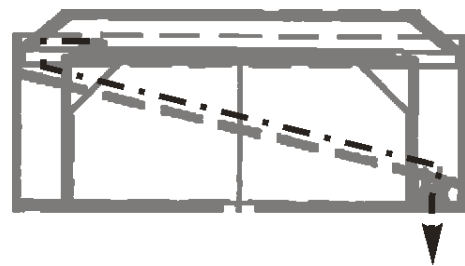


Рис. 7. Упрощенная траектория движения зерна внутри экспериментальной установки [6] показана штрихпунктирной линией



источник света с регулируемой частотой вспышек. Физические основы использования стробоскопического эффекта заключаются в том, что подбирая частоту вспышек, человеческий глаз видит отдельные положения подвижного тела как статичную картину. Стробоскопы нашли свое применение при исследовании различных периодических процессов. В нашем случае визуальное наблюдение за ходом эксперимента с помощью стробоскопа дает возможность видеть одно из множества положений колоса в процессе его вращения вместе с ротором. Следовательно, все процессы, которые происходят с колосом и зерном, в пределах одного или нескольких поворотов ротора являются недоступными для проведения исследования и измерений. В этом смысле используемое в центрифуге стробоскопическое наблюдение не позволяет осуществлять непрерывный контроль над ходом эксперимента.

Очевиден тот факт, что после разрушения механических связей колоса и зерна последнее совершает движение от ротора до накопителя зерна по сложной траектории (рис. 6). Параметры движения зерен могут существенно отличаться друг от друга, что влияет на порядок расположения зерна в накопителе. Необходимо помнить о том, что первоначально зерно вращается вместе с колосом и ротором. При вращении ротора с колосом абсолютные координаты точки отрыва зерна от колоса, по сути, есть случайные величины. Следовательно, при отрыве от колоса каждое зерно имеет различные начальные условия движения: координата точки начала движения (точки отрыва от колоса), скорость, направление движения зерна. Следовательно, рассчитать или прогнозировать конечное положение зерна достаточно сложно. Иначе говоря, в ходе эксперимента будет иметь место случайное перемешивание зерна в приемнике в сравнении с порядком отрыва зерна. Перемешивание будет происходить даже в случае проведения испытаний для одного колоса при последовательном отрыве двух зерен.

Порядок расположения зерна в накопителе будет также зависеть от параметров, определяющих движение зерна по наклонной плоскости (коэффициент трения зерна о материал поверхности, колебания поверхности, вызываемые вибрацией экспериментальной установки). Кроме этого, на положение зерна в накопителе будет влиять характер удара зерна об элементы центрифуги (упругий или неупругий) и многие другие факторы. В предлагаемой конструкции

центрифуги контролировать процесс перемешивания достаточно сложно, особенно на начальном этапе отрыва зерна от растения, когда абсолютные скорости движения зерна значительны по величине. По сути, установление взаимосвязи между моментом отрыва зерна и его положением в накопителе для рассматриваемой конструкции центрифуги является вероятностной задачей. Учитывая случайность процесса отрыва зерна от колоса, а также дискретность визуального контроля над ходом эксперимента, можно утверждать, что авторы не учитывают возможность перемешивания зерна на пути его движения от колоса, закрепленного на роторе, до накопителя.

Описание конструкции центрифуги [7] не проясняет, каким образом авторы решили проблему влияния аэродинамического сопротивления воздуха на вращающийся вместе с ротором объект исследования. Методика проведения эксперимента предполагает, что выделившееся под нагрузкой зерно должно иметь возможность двигаться как свободное тело, следовательно, сам объект исследования (колос) не должен быть защищен какой-либо механической конструкцией, предохраняющей его от дополнительной аэродинамической нагрузки. В этом случае из текста статьи [7] не ясно, как авторы учитывают совместное действие на колос силы инерции, возникающей при вращательном движении, и силы аэродинамического сопротивления на объект исследования. При высоких частотах вращения ротора центрифуги сила аэродинамического сопротивления может оказывать преобладающее влияние на процесс разрушения связей зерна с колосом.

Схемы экспериментальной установки и ее описание не поясняют, как авторы оценивают влияние высокочастотных колебаний ротора центрифуги на расчетную величину ускорения, возникающую при вращательном движении ротора. Сведения о балансировке центрифуги в статье [7] не приводятся. Виброколебания ротора центрифуги вносят погрешность в результат экспериментальных исследований. Величина погрешности зависит от частоты вращения ротора и конструктивных особенностей центрифуги [11].

Разработанный авторами [7] способ определения силы разрушения связи семян с растением, а также конструкция центрифуги предназначена, по всей видимости, для зернобобовых культур. На это указывают приведенные в тексте экспериментальные данные о силе разрушения связи



семян гороха с растением. Однако методика проведения эксперимента для зерновых колосовых и зернобобовых культур не дифференцируется, т.е. с точки зрения авторов, является универсальной. В целом из методики проведения эксперимента и описания центрифуги [7] следует, что предлагаемая конструкция имеет недостатки, аналогичные экспериментальной установке, созданной в 30–50-х годах прошлого века и описанной в трудах ВИСХОМ [4, 20]. Однако, вполне возможно, что стремясь сохранить «ноу-хау», авторы до конца не раскрывают суть методики проведения эксперимента и не полностью описывают конструктивные особенности центрифуги и измерительной системы.

Кроме перечисленных недостатков, все экспериментальные центрифуги [4, 7, 20] позволяют создавать нагрузку на колос и зерно только в одном направлении, что не всегда соответствует направлению инерционных сил в реальном технологическом процессе. При проведении эксперимента на колос, вращающийся вместе с ротором центрифуги, действует ускорение, направленное по радиусу вращения ротора, т.е. вдоль оси колоса. Величину осеостремительного ускорения в этом случае легко вычислить из соотношений теоретической механики. Однако в процессе технологического взаимодействия растения с рабочими органами зерноуборочных машин на колос могут действовать ускорения, переменные не только по величине, но и по направлению. Следовательно, направление действия силы инерции, которая приводит к разрушению связей зерна с колосом, тоже может быть различным. Экспериментальной информации о том, как влияет направление силы инерции на разрушение связей зерна с колосом, в учебной и специальной литературе не найдено.

Для систематизации информации составим общий список недостатков, присущих традиционным методикам центрифугирования, которые влияют на погрешность экспериментального определения силы разрушения связи отдельного зерна и колоса:

- 1) расчет предельной силы разрушения по средним значениям веса зерна, радиуса вращения колоса;
- 2) проведение испытаний в открытой воздушной среде;
- 3) высокочастотные колебания ротора центрифуги;
- 4) наличие переходных процессов разгона, остановки, неравномерности вращения ротора центрифуги.

Все перечисленные недостатки необходимо учитывать при создании новых центрифуг [9]. В заключение необходимо отметить, что состояние методов исследования сил разрушения связей зерна с колосом не в полной мере отвечает требованиям современных расчетов и математических моделей [15–19], описывающих технологический процесс контактного взаимодействия сельскохозяйственных растений и рабочих органов зерноуборочных машин.

### Список литературы

1. Зерноуборочные комбайны двухфазного обмолота : учеб. пособие / Л. Н. Логинов [и др.]. М. : ИАКЦ, 1999. 336 с.
2. Иванцов В. И., Солошенко О. И. Валковые жатки. М. : Машиностроение, 1984. 200 с., ил.
3. Корнев Г. В., Тарасенко А. П. Прогрессивные способы уборки и борьба с потерями урожая. М. : Колос, 1977. 173 с.
4. Физико-механические свойства с.-х. растений как основания для проектирования с.-х. машин // Труды лаборатории технологических процессов ВИСХОМ / Всесоюзный научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения. М., 1939.
5. Летошнев М. Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование и испытание. М. ; Л. : Государственное издательство с.х. литературы, 1955.
6. Родимцев С. А., Дринча В. М. Способ определения усилий вымолота семян центрифугированием // Зерновое хозяйство. 2004. № 8.
7. Дринча В. М., Родимцев С. А. Устройство для определения усилий вымолота семян центрифугированием // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2005. № 6.
8. Соколов А. Ф. Физико-механические свойства колосовых культур // Теория, расчет, производство с.х. машин. 1940. Т. 5.
9. Гутров М. А. Экспериментальная установка и методика исследования силы разрушения связи зерна с колосом // Проблемы механики современных машин : матер. IV Междунар. конференции. Улан-Удэ : Изд-во Восточно-Сибирского государственного технологического университета, 2009. Т. 1. С. 121–124.
10. Гутров М. А. Оценка погрешности при исследовании силы разрушения связи зерна с колосом методом центрифугирования // Наука и производство : сб. науч. трудов / под ред. В. В. Ерофеева. Челябинск : ЧРО РАЕН, 2009. С. 119–133.

11. Гутров М. А. Оценка влияния виброколебаний ротора центрифуги на результат экспериментальных измерений силы разрушения связи зерна и колоса // Наука и производство : сб. науч. трудов / под ред. В. В. Ерофеева. Челябинск : ЧРО РАЕН, 2009. С. 106–118.
12. Писаренко Г. С. Сопротивление материалов. 5-е изд., перераб. и доп. К. : Вища шк., Головное изд-во, 1986. 775 с.
13. Кильчевский Н. А. Динамическое контактное сжатие твердых тел. Удар. К. : Наукова думка, 1976. 312 с.
14. Кильчевский Н. А. Теория соударения твердых тел. К. : Наукова думка, 1969. 245 с.
15. Гутров М. А. Модель динамического контактного деформирования растений при взаимодействии с мотovilом // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2006. № 3.
16. Гутров М. А. Моделирование и расчет динамического контактного взаимодействия стебля пшеницы с планкой мотвила // Проблемы механики современных машин : матер. IV Междунар. конференции. Улан-Удэ : Изд-во Восточно-Сибирского государственного технологического университета, 2009. Т. 1. С. 116–120.
17. Жилкин В. А., Гутров М. А. Определение усилий подвода группы стеблей к режущему аппарату жаток зерноуборочных машин // Вестник Челябинского государственного агроинженерного университета. 1998. Т. 26.
18. Гутров М. А. Модель статического деформирования злаковых растений при взаимодействии с мотovilом жаток // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2005. № 10.
19. Гутров М. А. Исследование совместного движения растения злаковой культуры и сегмента режущего аппарата зерноуборочной жатки // Вестник Челябинского государственного агроинженерного университета. 2009. Т. 54. С. 133–146.
20. Физико-механические свойства почвы и растений // Сборник трудов ВИСХОМ / под ред. А. П. Ковгана. М. : Изд-во Центрального института научно-технической информации по автоматизации и машиностроению, 1963. 148 с.
21. Колганов К. Г. Исследование процесса выделения зерна при двухфазном обмолоте // Труды Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства / под ред. С. П. Лебедева. Челябинск, 1955. Вып. V. С. 6–35.
22. Терсков Г. Д. О выборе скорости движения комбайнов // Труды Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства / под ред. С. П. Лебедева. Челябинск, 1955. Вып. V. С. 40–47.

---

**Гутров Михаил Александрович**, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Прикладная механика», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: gma74@mail.ru.

\* \* \*

УДК 637.116

## КОМПЛЕКТОВАНИЕ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПО РАЗБРОСУ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

**А. Н. Козлов, А. Ж. Акымбеков, У. Н. Нурдан**

Дан анализ комплектования сосковой резиной доильных аппаратов по разбросу случайных величин выборки от средней величины перемещений сосковой резины в одном доильном аппарате, двух доильных аппаратов и по всей партии доильных аппаратов с анализом плотности и точности разброса случайных величин выборки в процессе эксплуатации. Выявили, что комплектование сосковой резины по изменениям вероятности, плотности и точности разброса случайных величин выборки от средней величины перемещения сосковой резины марки DL000U возможно с учетом замера в каждом отдельном аппарате. Точность и достоверность оценки жесткости сосковой резины доильного аппарата в динамике по длительности фаз пульсации достигается за счет применения в исследованиях разработанного устройства. В нем корпус искусственного соска выполнен из недеформированного материала в форме натурального соска с нагревательным элементом внутри, и под его усеченной частью установлен электрический контактный датчик в виде подвижных изолированных полусфер, соответствующих по форме и размерам кончику соска.

*Ключевые слова:* сосковая резина, доильный аппарат, случайная величина разброса, плотность, точность.

Работоспособность машин и оборудования животноводческих предприятий оказывает значительное влияние на физиологическое состояние животных, что снижает количество и улучшает качество получаемой продукции. Технологическое оборудование доильных систем имеет количество отказов от 6...25% в год [1]. Количество отклонений от технических условий за период с 2006-го по 2012 годы составило в среднем 2,1 на одну машину, а наработка на отказ 17,1% [2].

Поэтому машинное доение сельскохозяйственных животных не обеспечивает полноту выдаивания и раздоя в течение лактации и низ-

кий уровень заболеваемости вымени животных маститом [3].

Общеизвестные результаты, достигнутые в этом направлении, по моделированию и оптимизации одного из важнейших элементов доильного аппарата сосковой резины [4–9]. Классификация показателей диагностирования сосковой резины (рис. 1) указывает на широкий диапазон ее влияния на физиологический механизм молокоотдачи животными и техническое состояние установки.

Однако оценивание параметров и характеристик оборудования велось по ограниченной информации, полученной в результате лабораторных и кратковременных исследований.

Кроме того, особенности функционирования доильного оборудования таковы, что сами их характеристики и объекты их воздействия (животные) изменчивы во времени. Это вызывает сложность в определении допусков и допускаемых значений потерь качества работы узлов и элементов доильного оборудования (сосковая резина, пульсатор, вакуумный регулятор, насос и т.д.).

**Цель исследования** – обосновать способ комплектования сосковой резиной доильных аппаратов по разбросу случайных величин выборки от средней величины перемещений.

**Материалы и методы**

Произведен численный и графический анализ одномерных законов распределения с вычислением основных числовых характеристик распределения.

Важным вопросом является анализ изменений в процессе эксплуатации перемещений сосковой резины доильных аппаратов и возможность их перекомпоновки в допустимых пределах [10, 11].

Комплектование сосковой резиной доильных аппаратов оценивали по разбросу случайных величин выборки от средней величины пе-

ремещений сосковой резины в одном доильном аппарате (первый способ диагностики), двух доильных аппаратов (второй способ диагностики) и по всей партии доильных аппаратов (третий способ диагностики) с анализом плотности и точности разброса случайных величин выборки.

Для определения перемещения сосковой резины разработали устройство [12]. В нем корпус искусственного соска выполнен из недеформированного материала в форме натурального соска с нагревательным элементом внутри. В то же время под его усеченной частью установлен электрический контактный датчик в виде подвижных изолированных полусфер, соответствующих по форме и размерам кончику соска.

Необходимость представления искусственного соска вымени в виде несжимаемого материала объясняется экспериментальными расчетами коэффициента поперечной деформации и переменного модуля упругости натурального соска вымени [13]. Они позволили обосновать величину контактного давления между сосковой резиной и соском вымени [14]. Определенное контактное давление при разрежении в вакуумной магистрали доильной установки 50...80 кПа показало, что сосковая резина не



Рис. 1. Способы диагностирования сосковой резины доильных аппаратов



способна сжать сосок вымени и она смыкается под кончиком соска. Таким образом, истинная зона смыкания сосковой резины находится в зоне кончика соска вымени.

Необходимость нагрева сосковой резины объясняется тем, что она относится к полимерным материалам с резко выраженной способностью к высокоэластичной деформации при сравнительно низких напряжениях. При изменяющемся во времени значении деформации эта зависимость проявляется в постоянном спаде напряжения, так называемой релаксацией напряжения. Сосковая резина работает при постоянном напряжении, но ее деформация возрастает по времени до некоторого равновесного значения. То есть сосковая резина обладает так называемой ползучестью. Она зависит в большой степени от температуры, при которой происходит деформация. С увеличением температуры напряжение деформации уменьшается, а ее скорость увеличивается.

Поэтому жесткость сосковой резины необходимо определять в температурном диапазоне 35...40 °С, согласно полученным авторами экспериментальным данным [15].

На рисунке 2 схематично изображено устройство для определения жесткости соско-

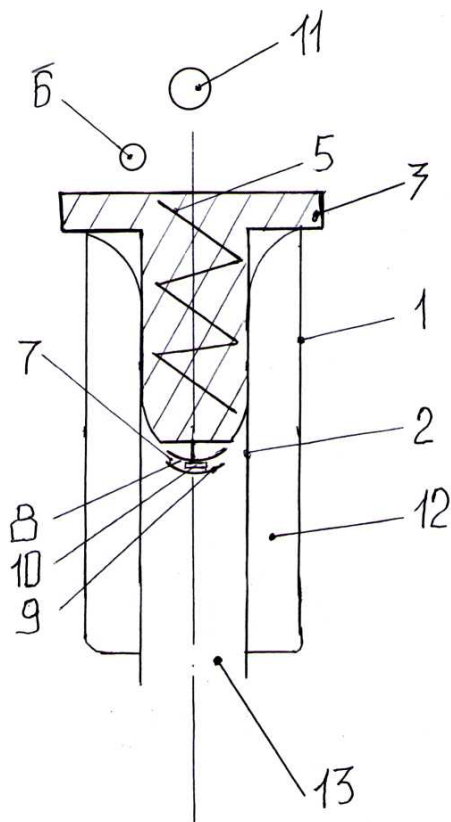


Рис. 2. Устройство для определения жесткости сосковой резины доильного аппарата

вой резины доильного аппарата. Устройство содержит гильзу 1, внутрь которой вставлена сосковая резина 2, и в нее помещается искусственный сосок 3. Его недеформируемый корпус 4 плотно располагается в сосковой резине 2 и имеет внутри электрический нагреватель 5, соединенный с терморегулятором 6. В усеченной части искусственного соска 3 по вертикальной оси гильзы 1 расположен электрический контактный датчик 7, состоящий из неподвижного 8 и подвижного 9 гибких контактов в виде полусфер и разделенных по вертикальной оси в центре изолятором 10. Неподвижный 8 и подвижный 9 контакты связаны с измерительным прибором 11 и расположены в нижней части сосковой резины в ее подсосковой камере 12, в которой в рабочем режиме доильного аппарата создается постоянное разрежение.

Перед началом диагностирования сосковой резины электрический нагреватель 5 искусственного соска 3 подключают к источнику питания и нагревают до температуры 35...40 °С, которая поддерживается в дальнейшем с помощью терморегулятора 6. Это обеспечивает наименьшее возрастание деформации сосковой резины при постоянных усилиях за счет разности разрежения в доильном стакане.

Устройство работает следующим образом. Перед подключением доильного аппарата к вакуумной установке внутрь сосковой резины 2 вставляется искусственный сосок 3 с гибким электрическим контактным датчиком 7. При включении вакуумного насоса пульсатор доильного аппарата обеспечивает подачу переменного разрежения в доильном стакане, в результате чего сосковая резина 2 теряет устойчивость и смыкается только под усеченной частью недеформируемого корпуса 4, не теряя цилиндрической формы в его недеформируемой части. Сосковая резина периодически, согласно заданной частоте пульсации и соотношению тактов, смыкается и размыкается. При смыкании сосковой резины подвижный гибкий полусферический контакт 9 перемещается и в плоскости сжатия смыкается с поверхностью неподвижного полусферического контакта 8. Электрическая цепь замыкается, и ее продолжительность фиксируется измерительным прибором 11.

### Результаты и обсуждения

Для выявления возможности комплектования доильных аппаратов сосковой резиной, в соответствии с рекомендуемым диапазоном отклонений, проанализируем количественные

характеристики закона распределения случайной величины выборки по величине перемещений сосковой резины в рекомендуемом диапазоне.

Данные рисунка 3 показывают, что вероятность разброса случайных величин выборки от средней величины перемещений сосковой резины в течение всего срока эксплуатации (с 1 по 12 месяцы) по трем предложенным выше способам диагностики низкие и находятся в диапазоне 0,2...0,4. Из всех трех критериев диагностики по первому критерию (оценки по од-

ному аппарату) вероятность наибольшая и составляет 0,4...0,3. Наиболее низкая вероятность по третьему критерию (оценка по всей партии) и составляет 0,2...0,35.

Показатели вероятности по всем трем рассматриваемым диагностикам снижаются в течение эксплуатации.

Анализ плотности разброса случайных величин выборки от средней величины перемещения сосковой резины по трем критериям диагностики (рис. 4) показывает, что ее значение увеличивается в течение эксплуатации.

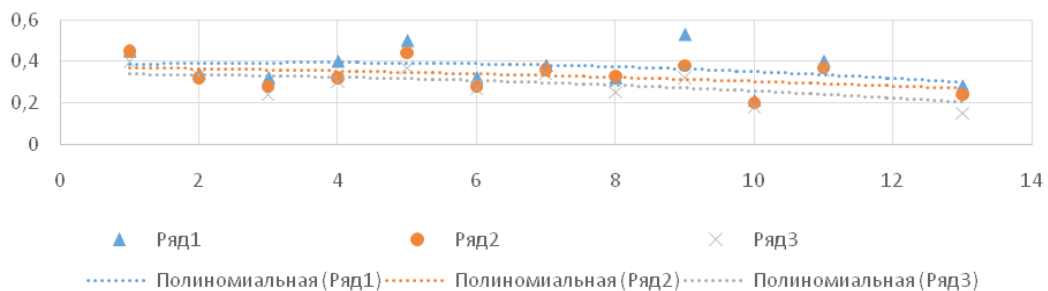


Рис. 3. Изменение вероятности разброса случайных величин выборки от средней величины перемещения сосковой резины марки DL000U в одном доильном аппарате (ряд 1), двух доильных аппаратах (ряд 2) и во всей партии доильных аппаратов (ряд 3)

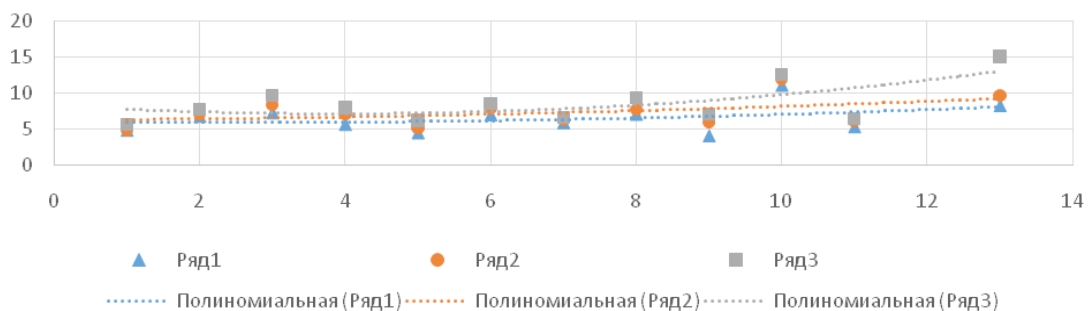


Рис. 4. Изменение плотности разброса случайных величин выборки от средней величины перемещения сосковой резины марки DL000U в одном доильном аппарате (ряд 1), двух доильных аппаратах (ряд 2) и во всей партии доильных аппаратов (ряд 3)

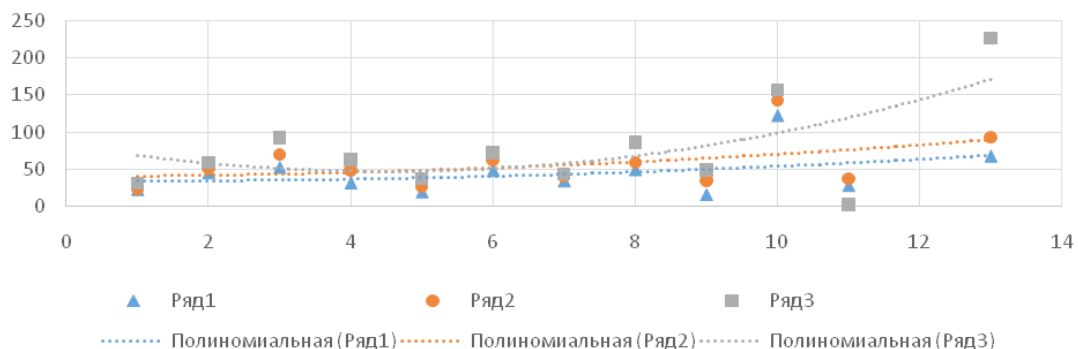


Рис. 5. Изменение точности разброса случайных величин выборки от средней величины перемещения сосковой резины марки DL000U в одном доильном аппарате (ряд 1), двух доильных аппаратах (ряд 2) и во всей партии доильных аппаратов (ряд 3)



Наименьшая плотность разброса случайных величин выборки в течение эксплуатации выявлена по первому критерию диагностики (одному аппарату).

Анализ точности разброса случайных величин выборки от средней величины перемещения сосковой резины по трем критериям диагностики (рис. 5) показывает, что ее значение увеличивается в течение эксплуатации.

Наибольшая точность разброса случайных величин выборки в течение эксплуатации выявлена по первому критерию диагностики (одному аппарату).

### Вывод

Комплектование сосковой резины доильных аппаратов возможно только по вероятности, плотности и точности разброса в каждом доильном аппарате.

### Список литературы

1. Елисеев А. Г. Технический сервис технологического оборудования в скотоводстве // Техника и оборудование для села. 2014. № 2. С. 38–41.
2. Мишуров Н. П., Хлепотько М. Н. Анализ качества техники для животноводства // Техника и оборудование для села. 2014. № 10. С. 21–23.
3. Соловьев С. А., Карташов Л. П. Исполнительные механизмы системы «Человек-машина-животное». Екатеринбург, 2001. 178 с.
4. Козлов А. Н. Повышение работоспособности доильной установки // Вестник ЧГАА. 2013. Т. 66. С. 42–47.
5. Козлов А. Н. Исследование мембранных пульсаторов доильных аппаратов // АПК России. 2017. Т. 24. № 3. С. 661–666.
6. Козлов А. Н., Шатруков В. И. Диагностирование сосковой резины доильных аппаратов // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Технические науки – агропромышленному комплексу России». Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2017. С. 152–157.
7. Козлов А. Н., Золотых С. В. Оценка адаптивности различных типов доильных установок // АПК России. 2017. Т. 24. № 1. С. 77–83.
8. Козлов А. Н., Барпыбаев Б. Ш. Анализ числовых характеристик бинормального распределения перемещений сосковой резины доильных аппаратов // АПК России. 2017. Т. 24. № 2. С. 426–430.
9. Козлов А.Н., Тимирбаева А.И. Исследование сосковой резины доильных аппаратов в динамическом режиме // Вестник КрасГАУ. 2014. Т. 1. С. 136–140.
10. Обоснование продолжительности эксплуатации сосковой резины доильных аппаратов / А. Н. Козлов, С. А. Соловьев, А. И. Тимирбаева, А. К. Ольховацкий // Труды ГОСНИТИ. М. : ГОСНИТИ, 2013. Т. 113. С. 26–32.
11. Пат. 178891 Рос. Федерация. Устройство для определения жесткости сосковой резины. № 2017116241 ; заявл. 10.05.2017; опубл. 23.04.2018.
12. Козлов А. Н. Определение коэффициента поперечной деформации и переменного модуля упругости соска вымени коровы // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1986. № 4. С. 55–56.
13. Козлов А. Н. Определение контактного давления между сосковой резиной доильного аппарата и соском вымени коровы // Актуальные вопросы механизации животноводческих ферм : сб. науч. тр. ВО ВАСХНИЛ. Алма-Ата: Изд-во НПО «Целинсельхозмеханизация». 1986. С. 54–57.
14. Деформация сосковой резины доильных аппаратов при различных температурах ее нагрева / А. Н. Козлов [и др.] // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2012. Т. 62. С. 54–57.

---

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

**Акымбеков Азамат Жаныбекович**, бакалавр, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.  
E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

**Нурдан Уулу Нуркелди**, бакалавр, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.  
E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

\* \* \*

## РАСЧЕТ ФИЛЬТРА ТОНКОЙ ОЧИСТКИ МОЛОКА В ПРОГРАММЕ АРМ WINMACHINE STUDIO

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

Механические фильтры, используемые на молочных фермах, а также пористые фильтры, изготовленные методом аэродинамической экструзии из пищевого полипропилена, снижают микробиологический показатель КМАФАиМ и повышают степень очистки молока. Однако в целом они не повышают значительно эффективность очистки молока. В известных конструкциях фильтров молоко поступает под прямым углом к фильтрующему элементу, что создает ударный эффект, и примеси молока сосредотачиваются в виде круга. В предложенной конструкции корпуса фильтра входной патрубков выполнен в виде раструба, что позволяет входящей массы сырого молока равномерно и плавно распределяться по поверхности фильтрующего элемента. Кольцевые углубления в днище и крышке корпуса образуют зоны крепления фильтрующего элемента, в которых нет давления сырого молока, что исключает прохождение молока через зоны крепления. Методика экспериментальных исследований основана на расчете корпуса фильтра тонкой очистки молока в программе АРМ WinMACHINE Studio. Представлены расчеты напряженно-деформированного состояния трехмерных смешанной конструкции корпуса фильтра. Максимальное эквивалентное напряжение по критерию Мизеса возникает в трубке и составляет 44,95 мПа. Наибольшие деформации находятся в резьбовом соединении крышки с корпусом фильтра и составляют от 0,00218 до 0,00252 м. Максимальные суммарные перемещения находятся в области раструба и составляют от 0,00429 до 0,00458 м. При изготовлении корпуса фильтра коэффициент запаса прочности по текучести должен составлять от 4,3 до 5,42.

*Ключевые слова:* корпус фильтра, эквивалентное напряжение по критерию Мизеса, деформация, суммарные перемещения, коэффициент запаса прочности по текучести.

В молочном животноводстве заболеваемость вымени коров субклинической и клинической формами мастита остается определяющей из всех заболеваний. До 40% коров переболевают маститом [1, 2], что приводит к экономическим потерям до 16 600, а в России – 4760...12 920 рублей/год на одно животное [1]. Эффективность лечебно-профилактических мероприятий изменяется в широких пределах 17...92% [1], что вызвано многообразием факторов, влияющих на данное заболевание, и в целом не ведет к повышению качества получаемого молока. Фильтрация молока механическими фильтрами при первичной обработке в процессе машинного доения

позволяет очистить молоко от сгустков крови, соматических клеток и бактерий [3, 4, 5] и повысить качество молока по микробиологическим показателям. В существующих конструкциях фильтров тонкой очистки молока [6, 7, 8, 9, 10] входной патрубков расположен перпендикулярно боковой стенке корпуса фильтра. Струя поступающего молока ударяется в стенку фильтрующего элемента и только после этого распределяется по его поверхности. Это приводит к размыванию имеющихся сгустков в молоке и снижает его качество очистки.

В предлагаемой конструкции фильтра молока имеется цилиндрический корпус 1 с двумя



торцовыми крышками 4 и 6 и входной цилиндрической патрубком 2 (рис. 1). Он выполнен в виде сжатого в вертикальной плоскости раструба, площадь сечения которого соответствует площади сечения кольцевого зазора между корпусом 1 и фильтром 3. Выход молока из корпуса осуществляется через патрубок 5.

Достоверное повышение качества очистки молока обеспечивается тем, что через поперечные сечения раструба и зазора между стенкой корпуса и фильтром проходит поток несжимаемой жидкости с условием сохранения массы, т.е. произведение плотности жидкой смеси, ее поперечного сечения и средней скорости всегда остается величиной постоянной. Наличие раструба на входном цилиндрическом патрубке также исключает образование вторичных потоков и сохраняет линейную зависимость между скоростью фильтрации и градиентом давления. Однако такое распределение потока молока в корпусе фильтра создает неизвестное напряженно-деформированное состояние, влияющее на прочностные свойства его элементов.

**Цель работы.** Произвести расчет напряженно-деформированного состояния трехмерной смешанной конструкции корпуса фильтра тонкой очистки молока с входным патрубком в виде раструба, применяя конечно-элементный анализ по модулю APM Structure3D.

## Методика экспериментальных исследований

Инструментально-экспертная CAD/CAE/PDM система APM WinMachine представляет собой энциклопедию по машиностроению, включающую инструменты и программы для автоматизированного расчета и проектирования деталей машин, механизмов, элементов конструкций и узлов. Кроме этого, она имеет современные графические средства, встроенные базы данных, необходимую информационную базу знаний, разветвленную систему подсказок и фундаментальный электронный учебник по основам проектирования машин.

APM WinMachine имеет набор инструментальных средств расчета и анализа. Эти средства, а также проектируемые детали, в зависимости от назначения разделены на подсистемы (модули), которые могут функционировать как в составе системы, так и самостоятельно. Система содержит открытые для пользователя реализованные в ней расчетные алгоритмы.

Каждый модуль предоставляет пользователю интегрированную среду, которая в общем случае включает в себя: специализированный графический редактор, встроенные базы данных, полный цикл вычислений и разнообразные средства представления результатов расчета.

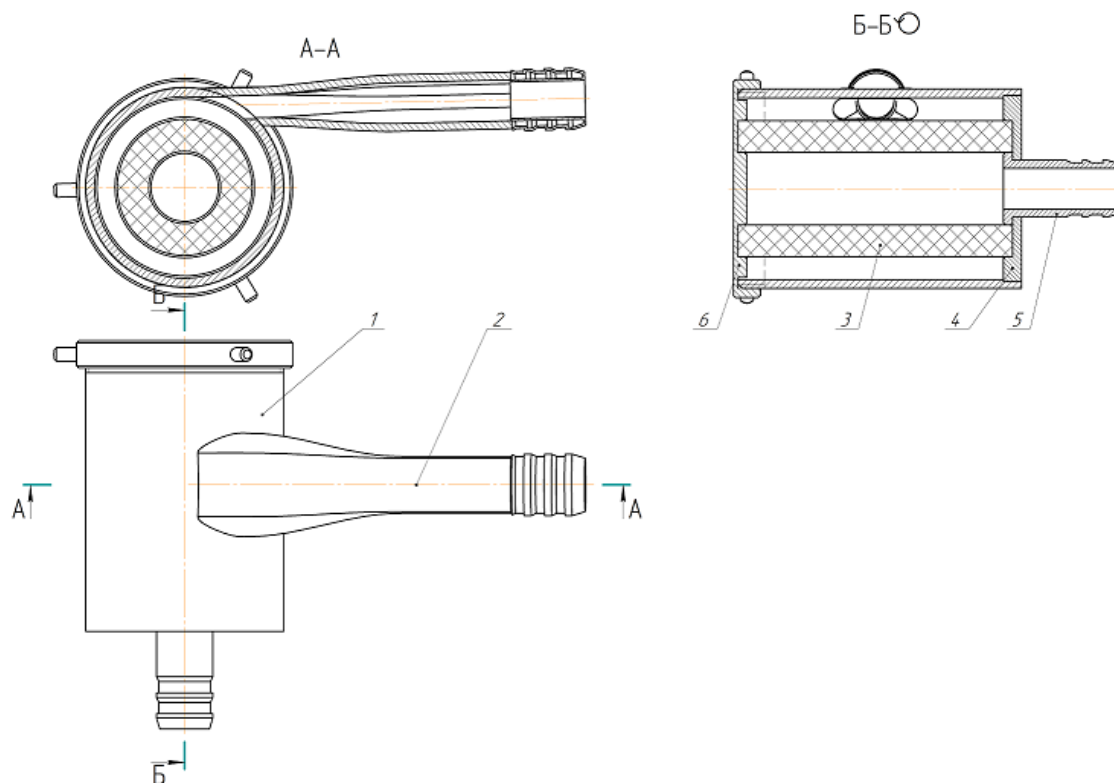


Рис. 1. Фильтр тонкой очистки молока



### Результаты исследований

Для прочностного анализа произведем расчет в АРМ WinMachine Studio. Установим закрепления на патрубки и зададим расчетное давление в корпусе, равное 1 атм (рис. 2, табл. 1 и 2).

Задаем материал всей конструкции (табл. 3). Корпус фильтра выполнен из конструкционной криогенной стали 12Х18Н10Т.

Разбиваем конструкцию корпуса на конечные элементы (рис. 3, табл. 4).

Производим расчет конструкции. Находим эквивалентные напряжения по критерию Мизеса (рис. 4). Максимальное напряжение возникает в патрубке и составляет 44,95 мПа. Эквивалентные напряжения фильтра очистки молока изменяются от 0 до 44,95 мПа. Максимальные

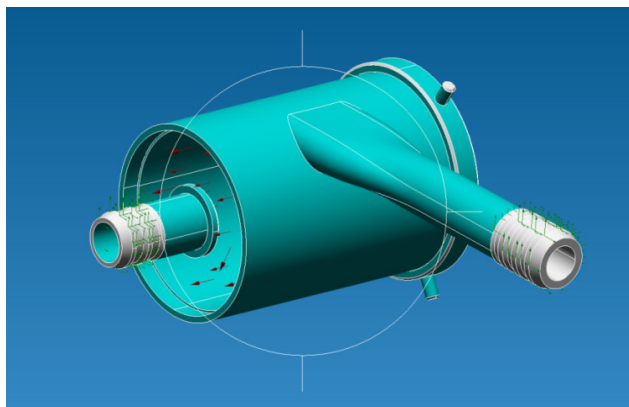


Рис. 2. Схема нагружения корпуса фильтра очистки молока

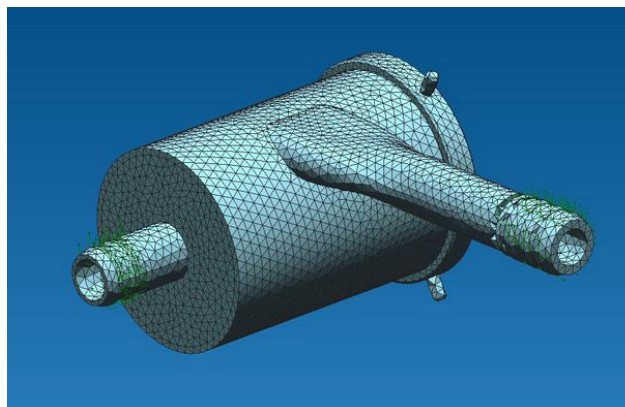


Рис. 3. Разбивка корпуса фильтра тонкой очистки молока на конечные элементы

Таблица 1 – Данные о закреплениях

Наименование	Детали	Выбранные объекты	X [мм]	Y [мм]	Z [мм]
Закрепление: Закрепление 1	Штуцер выходной	Ребра: 10	Запрещ.	Запрещ.	Запрещ.
Закрепление: Закрепление 2	Патрубок	Ребра: 14	Запрещ.	Запрещ.	Запрещ.
Закрепление: Закрепление 3	Патрубок	Ребра: 7	Запрещ.	Запрещ.	Запрещ.
Закрепление: Закрепление 4	Штуцер выходной	Ребра: 5	Запрещ.	Запрещ.	Запрещ.

Таблица 2 – Данные о нагрузках

Наименование	Детали	Выбранные объекты	Параметры нагрузки
Давление: Давление 1	Корпус фильтра	Грани: 2	Величина: 0,1 Н/мм <sup>2</sup>
Давление: Давление 2	Крышка	Грани: 2	Величина: 0,1 Н/мм <sup>2</sup>
Давление: Давление 3	Штуцер выходной	Грани: 2	Величина: 0,1 Н/мм <sup>2</sup>
Давление: Давление 4	Патрубок	Грани: 1	Величина: 0,1 Н/мм <sup>2</sup>
Давление: Давление 5	Патрубок	Грани: 1	Величина: 0,1 Н/мм <sup>2</sup>
Давление: Давление 6	Фланец Штуцер выходной	Грани: 3	Величина: 0,1 Н/мм <sup>2</sup>

Таблица 3 – Материал конструкции

№	Наименование детали	Материал	Масса [кг]	Объем [м <sup>3</sup> ]
1	Корпус фильтра	12Х18Н10Т	0,9805201	0,0001257
2	Патрубок	12Х18Н10Т	0,3722437	0,0000477
3	Фланец	12Х18Н10Т	0,2252613	0,0000289
4	Штуцер выходной	12Х18Н10Т	0,093729	0,000012
5	Крышка	12Х18Н10Т	0,3212924	0,0000412



эквивалентные напряжения находятся в зоне изгиба патрубков при переходе из цилиндрической в сжатую форму и составляет от 42,1 до 44,95 мПа. Наименьшие эквивалентные напряжения приходятся на начало входного патрубка. Они составляют от 0 до 2,81 мПа.

Наименьшие деформации корпуса фильтра очистки молока изменяются в диапазоне

от 0,000111 до 0,000455 м (рис. 5). Они приходятся на зону изгиба патрубков при переходе из цилиндрической в сжатую форму. Наибольшие деформации находятся в резьбовом соединении крышки с корпусом фильтра и составляют от 0,00218 до 0,00252 м.

Суммарные перемещения корпуса фильтра (рис. 6) изменяются от 0 до 0,00458 м.

Таблица 4 – Данные о конечных элементах

Наименование	Значение
Тип элементов	10-узловые тетраэдры
Максимальная длина стороны элемента [мм]	5
Максимальный коэффициент сгущения на поверхности	1
Коэффициент разрежения в объеме	1,5
Количество конечных элементов	28 182
Количество узлов	55 729

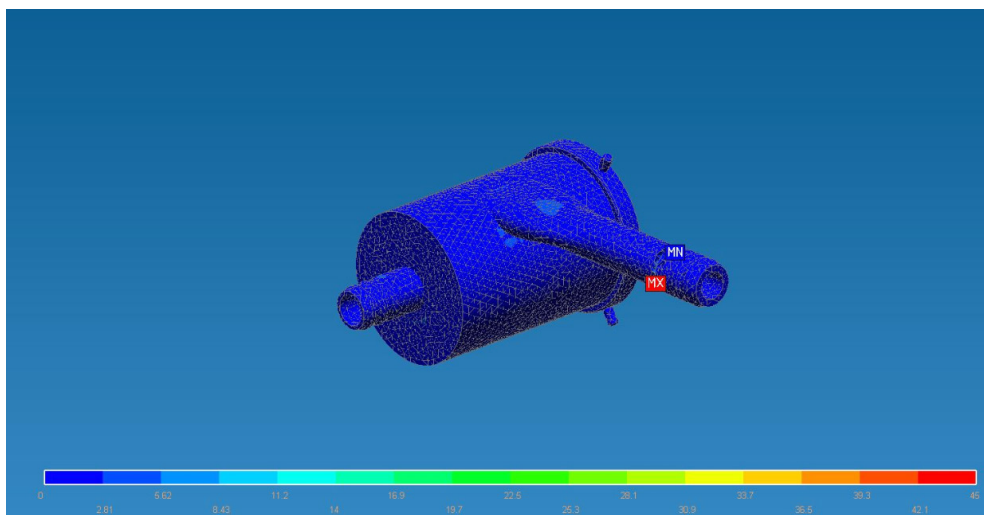


Рис. 4. Эквивалентные напряжения по критерию Мизеса в корпусе фильтра тонкой очистки молока

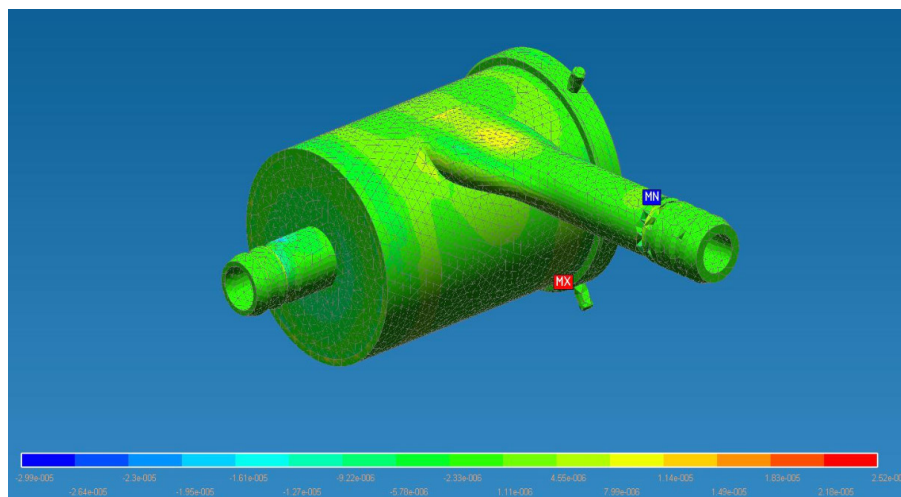


Рис. 5. Деформации конструкции корпуса фильтра тонкой очистки молока

Максимальные суммарные перемещения находятся в области раструба и составляют от 0,00429 до 0,00458 м. Наименьшие суммарные перемещения приходятся на зоны вхождения впускного и выходного патрубков. Они составляют от 0 до 0,000286 м.

Коэффициент запаса прочности по текучести корпуса фильтра тонкой очистки молока (рис. 7) изменяется от 0 до 5,42. Максимальные значения коэффициента запаса прочности по текуче-

сти корпуса находятся в области изгиба патрубка при переходе из цилиндрической в сжатую форму раструба и в зоне сварки выходного патрубка в днище корпуса составляют от 4,3 до 5,42. Увеличенный коэффициент запаса прочности объясняется необходимостью выполнения резьбы на корпусе. Наименьшие значения коэффициента запаса прочности по текучести корпуса приходятся на зоны вхождения впускного и выходного патрубков. Они составляют от 0 до 0,7.

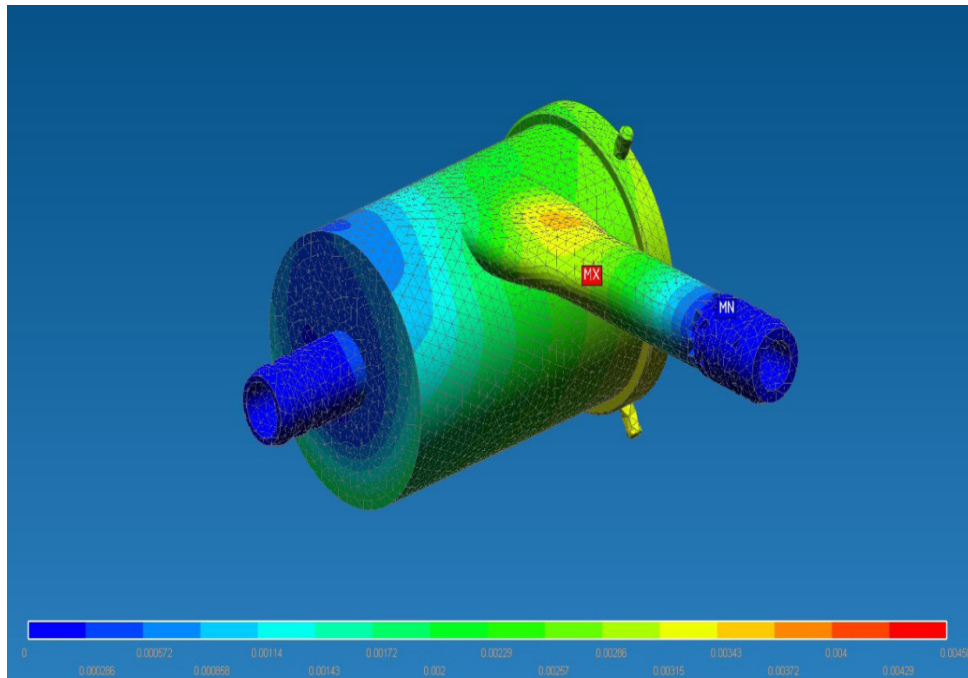


Рис. 6. Суммарные перемещения корпуса фильтра тонкой очистки молока

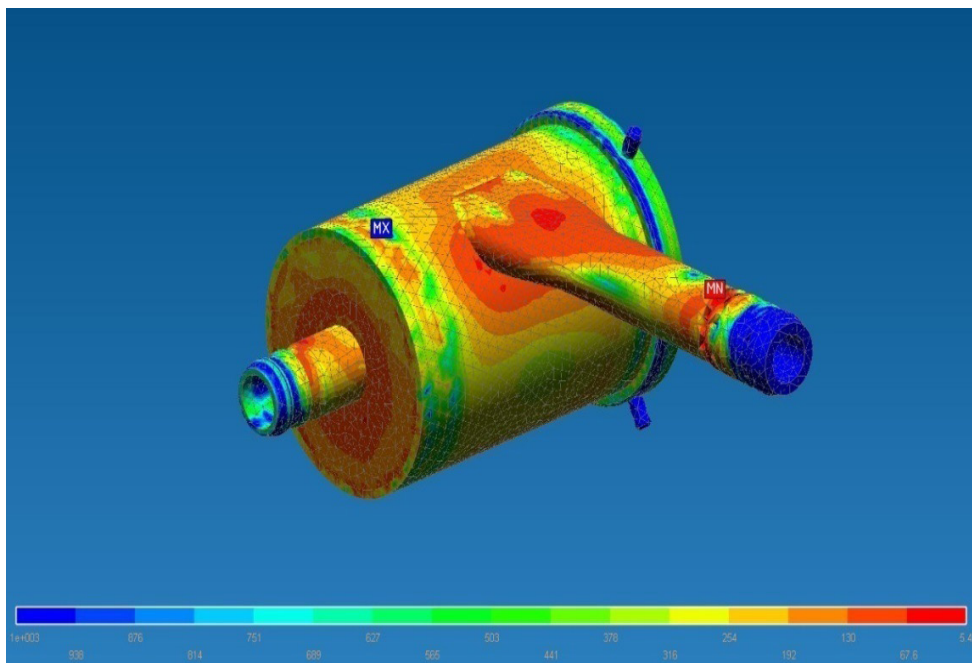


Рис. 7. Коэффициент запаса прочности по текучести корпуса фильтра тонкой очистки молока



### Выводы

1. Максимальные эквивалентные напряжения по критерию Мизеса в корпусе фильтра находятся в зоне изгиба входного патрубка при переходе из цилиндрической в сжатую форму и составляют от 42,1 до 44,95 мПа. Наименьшие эквивалентные напряжения – в зоне начала входного патрубка и составляют от 0 до 2,81 мПа.

2. Наибольшие деформации в корпусе фильтра находятся в резьбовом соединении крышки с корпусом фильтра и составляют от 0,00218 до 0,00252 м. Наименьшие деформации – в зоне изгиба патрубка при переходе из цилиндрической в сжатую форму от 0,000111 до 0,000455 м.

3. Максимальные суммарные перемещения в корпусе фильтра находятся в области раструба и составляют от 0,00429 до 0,00458 м. Наименьшие суммарные перемещения – в зоне начала впускного и выходного патрубков и составляют от 0 до 0,000286 м.

4. Максимальные значения коэффициента запаса прочности по текучести в корпусе фильтра находятся в области раструба и составляют от 4,3 до 5,42. Наименьшие коэффициенты запаса прочности по текучести – в зоне начала впускного и выходного патрубков и составляют от 0 до 0,7.

### Список литературы

1. Пудовкин Д. Н. Мастит КРС: стратегия профилактики и лечения в действии // Эффективное животноводство. 2017. Декабрь. С. 12–13.

2. Козлов А. Н., Акымбеков А. Ж. Влияние доильных аппаратов на заболеваемость вымени коров маститом // Научные достижения и открытия 2018 : сб. ст. IV Междунар. науч.-практ. конкурса. Пенза : МЦНС «Наука и просвещение», 2018. С. 38–42.

3. Козлов А. Н., Плескачев П. А. Исследование фильтра тонкой очистки молока // Научные достижения и открытия 2018 : сб. ст. IV Междунар. науч.-практ. конкурса. Пенза : МЦНС «Наука и просвещение», 2018. С. 32–37.

4. Козлов А. Н., Плескачев П. А. Эффективность механической очистки молока // STUDENTRESEARCH : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конкурса ; в 2 ч. Пенза : МЦНС «Наука и просвещение», 2018. Ч. 1. С. 127–131.

5. Козлов А. Н., Плескачев П. А. Эксплуатация фильтров тонкой очистки молока «Профитмилк» // Лучшая студенческая статья 2018 : сб. ст. XIV Междунар. науч.-практ. конкурса ; в 4 ч. Пенза : МЦНС «Наука и просвещение», 2018. Ч. 1. С. 175–177.

6. Пат. № 53585, Рос. Федерация. Устройство фильтрации пищевых жидкостей, преимущественно молока. № 200610039 ; заявл. 10.01.2006 ; опубл. 27.05.2006, Бюл. № 15.

7. Пат. 72150 Рос. Федерация. Молочный фильтр. № 2007117939/22 ; заявл. 14.05.2007 ; опубл. 10.04.2008, Бюл. № 10.

8. Пат. 110921 Рос. Федерация. Устройство фильтрации пищевых жидкостей, преимущественно молока. № 2011126050/10 ; заявл. 27.06.2011 ; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34.

---

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

**Шатруков Виктор Иванович**, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.  
E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

**Плескачев Павел Андреевич**, магистр, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, директор, ООО «Профитмилк».  
E-mail: pleskachev\_@mail.ru.

\* \* \*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАГРУЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БОЛИДА В ПРОЕКТЕ «ФОРМУЛА СТУДЕНТ»

**А. В. Лопухов, Н. Л. Файзуллоев, А. А. Союстов,  
Д. В. Грашина, А. В. Гриценко, К. В. Глемба**

Системный анализ свойств безопасности спортивных машин показал, что пассивной безопасности уделяется больше внимания, чем активной. Причиной является высокая динамика перемещения по треку объекта-болида, в связи с чем возникают неустраняемые ошибки у пилота, приводящие к травматизму. В настоящее время усложняющиеся технические системы не позволяют устранить ошибки, допускаемые человеком, что снижает в целом безопасность системы. Поэтому для сохранения жизни пилота основной упор делается именно на пассивную безопасность. Рассмотрены вопросы применения стандартов безопасности в проекте «Формула Студент». Обозначена цель проекта – разработка гоночного болида с электроприводом, соответствующего регламенту соревнований. Проанализированы основные требования, предъявляемые к конструкции болида с точки зрения пассивной безопасности. Выделены основные свойства, которыми должна обладать несущая система болида с электроприводом. Представлены пункты из действующего регламента соревнований, относящиеся к раме болида. Выделены общие конструктивные требования к раме болида и к монококу по отдельности. Представлены варианты расчетных случаев для испытания прочности защитного силового каркаса в виде пространственной рамы. Проведены расчеты с приложением нагрузок, имитирующих различные аварийные ситуации, такие как боковой удар, фронтальной удар и опрокидывание. По результатам расчетов максимальная деформация составила 20,65 мм, что меньше 25,0 мм (условия жесткости соблюдены). Представлена расчетная часть конструкции монокок. На основе рассмотренных подходов к конструктивному решению несущей системы выделены основные преимущества и недостатки каждого вида конструкции. В качестве решения для облегчения массы рамы предложена технология баттинга. Была выбрана конструкция пространственной рамы для рассматриваемого болида.

*Ключевые слова:* пассивная безопасность; болид; силовой каркас; монокок; пространственная рама; ударный элемент; запас прочности; баттинг.

Формула SAE, более известная в Европе как «Формула Студент» (ФС) – это студенческие инженерные соревнования, изначально организованные в 1978 году сообществом автомобильных инженеров (Society of Automotive Engineers, SAE) и входящих в серию студенческих инженерных соревнований (Collegiate Design Series) SAE в США. По замыслу соревнований команда студентов университета является инженерной компанией, которая должна разработать, построить и испытать прототип автомобиля формульного класса для рынка непрофессиональных гоночных автомобилей. С 2010 года к ним присоединилась серия Formula Student

Electric [1–4]. На данный момент всего 4 команды из России ведут разработки в этом направлении [5, 6]. Основная задача соревнований – показать максимальные возможности пилота и болида. При этом системы активной безопасности при скорости свыше 100 км/ч являются крайне неэффективными для достижения указанной цели, т.к. происходит эксплуатация болида «на грани возможного». Рассматривая основные стандарты конструктивной безопасности, следует отметить, что даже современные автоматические системы элементов активной безопасности не справляются с большей частью ошибочных действий, допущенных спортсменом-



водителем при управлении болидом в динамике [7–11]. Поэтому для сохранения жизни пилота основной упор делается именно на пассивную безопасность. В связи с этим на этапах соревнований ФС большое внимание уделяется именно пассивной безопасности, и регламентом соревнований предъявляются определенные требования к конструкции кузова автомобиля, а именно к каркасу и раме безопасности [12, 13].

**Целью проекта Formula Student Electric** является создание гоночного болида с электроприводом, соответствующего регламенту соревнований. При разработке болида необходимо уделять большое внимание совершенствованию элементов конструктивной безопасности.

Исходя из сказанного, можно сформулировать следующие задачи для дальнейшей научно-исследовательской работы в этом направлении:

- сбор информационного фонда по проблемам и задачам, возникающим в аварийных, опасных и нестандартных ситуациях в системе «пилот-болид-трек» на этапах соревнований ФС;
- анализ информации по аварийности на треках соревнований ФС с целью выявления закономерностей появления и развития опасных и нестандартных ситуаций;
- проведение патентно-информационного поиска по современным принципам взаимодействия силовых элементов пассивной безопасности болида, изучение конструктивных требований к остовам;
- проведение расчетов при имитации нагрузок аварийных ситуаций, таких как боковой удар, фронтальный удар, опрокидывание;
- анализ полученных закономерностей изменения параметров силовых элементов пассивной безопасности болида в динамике;

– формирование методик изучения процесса взаимодействия силовых элементов пассивной безопасности болида, моделирование таких систем.

Повышение эффективности функционирования систем безопасности на мобильном транспорте предполагает, как пример, рассмотрение и решение проблем в области: совершенствования элементов пассивной безопасности [14]; распределения кинетической энергии удара при ДТП [15]; моделирования адаптивной системы поглощения кинетической энергии при ДТП [16]. Рассмотрим решение некоторых из приведенных выше задач исследований.

#### **Анализ требований к свойствам пассивной безопасности элементов болида**

Согласно регламенту соревнований ФС, можно выделить следующие свойства, которыми должна обладать несущая система спортивного автомобиля: малая масса, дающая непосредственное преимущество в динамических показателях перед командами-конкурентами; высокая жесткость, оказывающая влияние на управляемость автомобиля и обеспечивающая минимальное рассогласование кинематических параметров подвески [17, 18]. Но при конструировании остова болидов существуют общепринятые принципы (рис. 1): выбор пространственной рамы (багги или любые кузовные чемпионаты) [19, 20] или монокока (Формула 1) [21].

Рама получила наибольшее распространение из-за ее дешевизны и простоты в изготовлении. Она имеет две функции: обеспечение безопасности пилота и прочности несущей конструкции, на которую устанавливаются узлы и агрегаты болида. Поэтому регламентом ФС

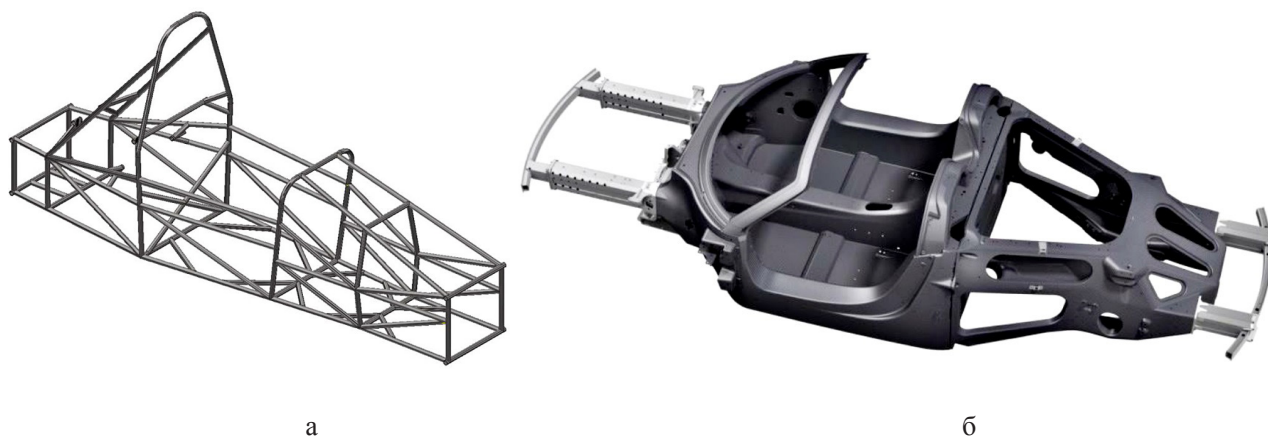


Рис. 1. Эскизы остова болидов: а – пространственная рама; б – монокок

предъявляются специфические критерии безопасности к остову машин. Особенностью соревнований класса «Формула Студент» является то, что команды могут выбрать и применить различные технические решения в конструкции своих болидов, и данная особенность не обошла стороной несущие системы. Регламент соревнований допускает разработку классической несущей системы в виде пространственной рамы согласно части «Г» либо разработку по части «AFR» (Alternative Frame Rules). Этот факт обуславливает применение командами различных по типу несущих систем в конструкции своих болидов. В настоящее время распространение получили не только металлические пространственные рамы, но и углепластиковые, а также листовые монококи из сотовых панелей и гибридные несущие системы. Каждый тип несущей системы обладает своими ключевыми преимуществами [17–21].

#### Общие конструктивные требования к раме

В разделах международного регламента данных соревнований имеются следующие пункты, касающиеся рамы болида [5, 13]:

– AF6.1. Аттентуатор определяется как круглый диск диаметром 254 мм (10 дюймов). Толщина не имеет значения, но обычно будет составлять около 2 мм (0,080 дюйма) для процесса проверки;

– AF6.2. Первичная структура между передней перегородкой и основным обручем не должна допускать, чтобы аттентуатор мог проникнуть в основную структуру;

– AF6.3. В любом месте конструкции, в которой аттентуатор стремится пройти насквозь, он должен соприкоснуться со структурой как минимум в трех точках. Это требование не к отдельной проекции, а к полной трехмерной заготовке;

– AF6.4. Аттентуатор является трехмерным требованием. Он применяется ко всем сторонам структуры, включая переднюю часть, боковые части, верхнюю часть, пол и заднюю часть, за исключением только входного отверстия кабины. Если водитель полностью садится перед основным обручем, тогда это требование не применяется за основным обручем. Если водитель сидит частично или полностью на задней части основного обруча, тогда это требование распространяется на конечную часть скобы основного обруча. Требование к ударному воздействию не распространяется на отверстия или зазоры, которые лежат на плоскости,

параллельной к плоскости земли и лежащей на расстоянии 350 мм над землей.

На рисунке 2 представлен вид трехмерного ударного элемента, который обеспечивает безопасность пилота согласно выше описанных требований [5]. Представленный проверочный калибр (диаметр 254 мм) должен пройти в любом месте рамы между передней и главной дугами безопасности и контактировать с тремя точками рамы в любом месте проекции.

Разработка и построение шасси в соревнованиях ФС имеет несколько вариантов. Первый вариант прост в разработке и наиболее безопасен – это применение рамной конструкции. Второй вариант – конструкция шасси формата «Монокок». Вес последнего меньше, чем первого, но в изготовлении и расчетах требует больше времени, труда и средств.

Рассмотрим общие требования к раме болида, предъявляемые к каждому из вышеназванных вариантов конструктивных решений [5, 13, 19, 20, 22]:

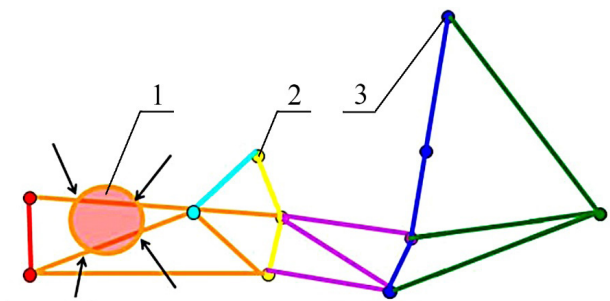
– «главная дуга-согнутая труба» – конструкция, расположенная на одном уровне или немного позади туловища водителя;

– «передняя дуга-согнутая труба» – конструкция, расположенная над ногами (бедрами) водителя вблизи рулевого колеса;

– «основные дуги» – передняя и главная дуги;

– «опоры распорок основных дуг» – конструкция, идущая от нижнего конца распорок основных дуг к основным дугам;

– «элемент рамы» – минимальный типичный цельный (неразрезанный) участок трубы рамы;



1 – проверочный калибр (диаметр 254 мм);  
2 и 3 – соответственно передняя и главная дуги безопасности рамы болида

Рис. 2. Требования к трехмерной заготовке



– «рама» – сборная конструкция, поддерживающая все функциональные системы болида. Рама может состоять как из единой сварной конструкции, так и из множества сварных конструкций, а также из комбинации комплексной и сварной конструкций;

– «основная конструкция» включает в себя следующие компоненты рамы: главная дуга; передняя дуга; распорки основных дуг и их опоры; боковые конструкции; передняя перегородка; опоры передней перегородки; все участки рамы, направляющие и опоры, которые передают нагрузку от поддерживающей водителя системы к узлам конструкции рамы;

– «главные компоненты рамы» – та часть рамы, которая расположена в пространстве, образованном несущей конструкцией. Верхняя часть главной дуги и распорки этой дуги не считаются частью этого пространства;

– «передняя перегородка» – плоская конструкция, определяющая переднюю плоскость главных компонентов рамы; выполняет функцию защиты ног водителя;

– «деформируемый элемент» – устройство, поддающееся деформации и поглощающее энергию удара. Расположено спереди от передней перегородки;

– «зоны бокового удара» – область сбоку от машины, простирающаяся по вертикали от днища машины до высоты 350 мм (13,8 дюйма) над землей и по длине от передней дуги до главной дуги;

– «межузловая триангуляция» – расположение элементов рамы, спроецированное на плоскость, где нагрузка на ту же плоскость, прикладываемая в любом направлении, на любой узел, дает только усиление натяжения или усиление сжатия в элементах рамы. Также это называется «правильной треугольной сеткой».

### **Общие конструктивные требования к монококу**

При выборе исполнения конструкции защитного каркаса в виде монокока должны учитываться параметры, эквивалентные сварной раме: прочность, надежность, поглощаемая энергия при деформации и иные. Необходимо также сформировать описательную часть, в которую включается информация и типе материала, его массовых показателях, составных компонентах композитного материала, ориентации основных наполнительных волокон, количестве слоев композитного материала и др. Дополнительно к описаниям прикладывают результаты

испытаний образцов композитного материала (на срез и изгиб). Очень важным требованием при использовании монокока становится требование к местам монтажа ремней безопасности гонщика. Они должны выдерживать растягивающую нагрузку величиной в 13 кН (для мест крепления паховых ремней – 6,5 кН) [5, 21].

Техническим регламентом ФС также определен ряд расчетных проверочных случаев, которые выполняются с применением современных инженерных программных средств или CAE-систем. Большинство таких систем основано на методе конечных элементов (МКЭ) [5].

### **Расчет пространственной рамы**

В расчетах имитируют нагрузку аварийных ситуаций, таких как боковой удар, фронтальной удар, опрокидывание. Оценка проводится согласно действующему регламенту ФС, и максимально допустимое отклонение перемещения элемента рамы составляет 25 мм. Расчет прочностных характеристик спроектированной рамы болида производится при помощи программы «SolidWorks Simulation». По результатам расчетов были получены результаты эпюр перемещений и запаса прочности, согласно которым спроектированная конструкция полностью соответствует регламенту ФС и обеспечит безопасность пилота при аварийных ситуациях. Все рассмотренные расчетные варианты для проверки прочности защитного силового каркаса гоночного болида «Формула Студент» приведены в таблице 1.

На рисунке 2 приведен пример испытаний главной дуги с приложением нагрузки на элемент рамного каркаса болида по оси X. В результате максимальное перемещение элемента составило 11,41 мм. Согласно частной методики эксперимента было проведено 6 испытаний. Результаты испытаний некоторых элементов конструкции рамы при различных нагрузках и направлениях воздействий по осям представлены в таблице 2 [13].

В результате максимальная деформация основных защитных элементов каркаса составила 20,65 мм, что меньше значения в 25,0 мм (условия жесткости выполняются). Максимальные эквивалентные напряжения, возникающие в конструкции, не превысили 300 МПа. На основе результатов испытаний можно сделать вывод, что данная конструкция полностью подходит для соревнований, так как приложенные нагрузки не оказывают влияния, противоречащего регламенту.

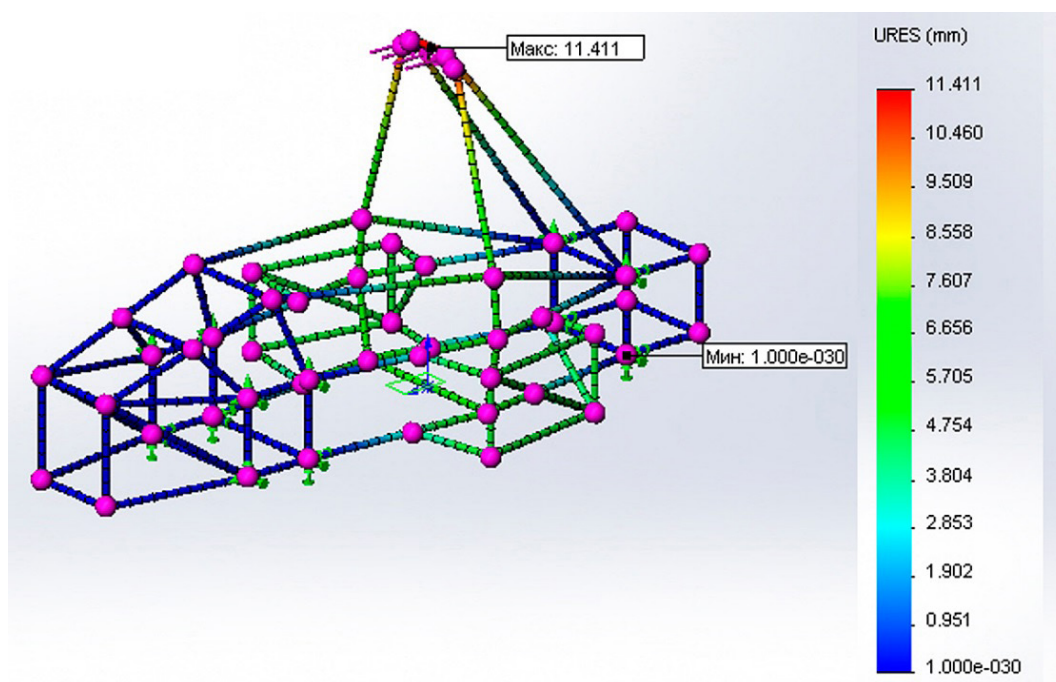


Рис. 3. Результаты моделирования статических перемещений главной дуги рамы при нагрузке 6 кН по оси X (программа SolidWorks Simulation)

Таблица 1 – Расчетные варианты для проверки прочности защитного силового каркаса гоночного болида проекта «Формула Студент» ( $F_x, F_y, F_z$  – силы, приложенные по осям X, Y, Z соответственно)

Анализируемый узел	Прикладываемая нагрузка	Зоны приложения нагрузки	Требования к результатам расчета
1. Главная дуга, распорки, поддержки распорок и передняя дуга	$F = 6$ кН, $F_x = 5$ кН, $F_y = 9$ кН	Верхняя часть главной дуги	1. Максимальная допустимая деформация: 25 мм. 2. Отсутствие разрушений каркаса
2. Боковая защитная конструкция	$F_x = 0$ Н, $F_y = 7$ кН, $F_z = 0$ Н	Нагрузка прикладывается в сторону гонщика ко всем элементам между передней и главной дугами	
3. Передняя балка и ее опоры	$F_x = 120$ кН, $F_y = 0$ Н, $F_z = 0$ Н	Места крепления в районе передней балки	
4. Крепление плечевого ремня	$F = 7$ кН	Места крепления ремней безопасности	
5. Передняя балка и опора передней балки вне оси	$F_x = 120$ кН, $F_y = 10,5$ кН, $F_z = 0$ Н	В центре передней балки	

Таблица 2 – Результаты испытаний элементов конструкции рамы болида

Элементы конструкции рамы, испытывающие нагрузку	Величина приложения нагрузки, кН	Максимальное перемещение (величина деформации рамы), мм
1. Главная дуга: по оси X по оси Y по оси Z	6,0	11,411
	5,0	20,652
	9,0	13,027
2. Передняя дуга: по оси X по оси Y по оси Z	6,0	0,947
	5,0	2,269
	9,0	1,324



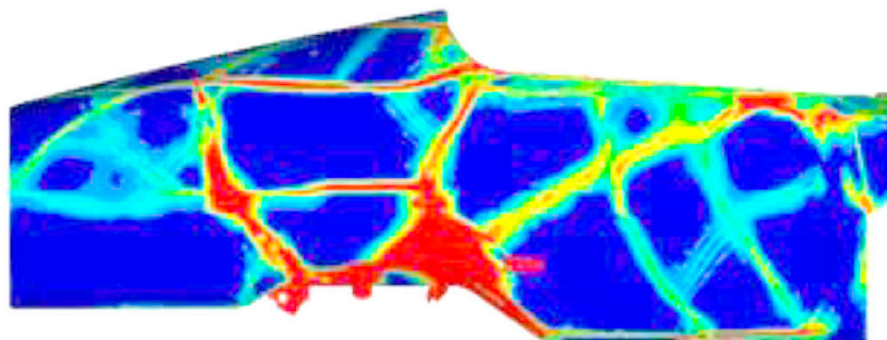


### Расчетная часть конструкции монокок

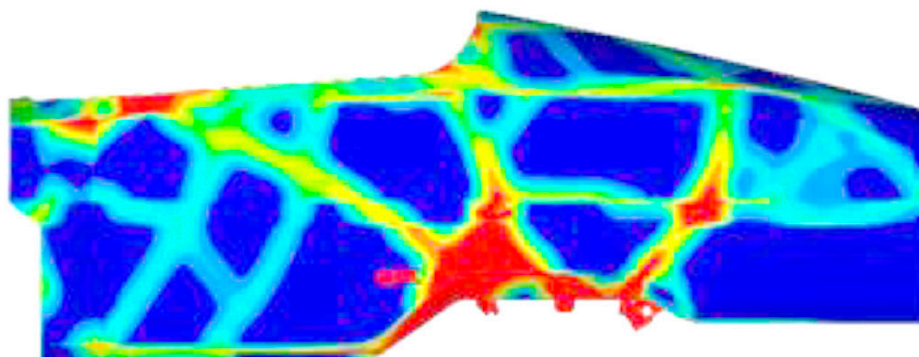
Для расчета и анализа прочности элементов болида, построенного на основе конструкции «монокок», проанализируем статью Ботцельмана (Botzelmann), посвященную технологии изготовления карбонового монокока гоночного автомобиля ФС [21]. На рисунке 3 представлена конструкция монокока, подверженная нагрузкам. Красными зонами выделены области монокока, которые по напряжению материала наиболее опасны для болида, основная зона находится в месте крепления элементов подвески. Данная конструкция проходит по регламенту и выигрывает по весу у рамной конструкции [13].

В облегчении рамы может помочь использование технологии баттинга (butting) – конструктивного ухищрения, позволяющего уменьшить вес конструкции, не потеряв прочности [23]. Термин «баттинг» означает переменную толщину стенок труб рамы, а обозначения «двойной или тройной баттинг» означает, что эта толщина в середине трубы в два или три раза меньше,

чем на краях (рис. 5). Максимальное количество различных толщин по всей длине трубы может достигать трех. Используются также еще один похожий термин – гидроформинг. При изготовлении трубы внутрь ее закачивается под большим давлением масло, что позволяет получить нужную форму. Если гидроформинг нужен для создания принципиально новых форм труб и геометрий рамы, то баттинг служит в первую очередь для уменьшения веса. Порой для увеличения прочности рам внутри делают винтовую нарезку (как в стволах оружия), которая служит как специальная пружина, которая добавляет жесткости. Принцип баттинга начали использовать еще в 70-х годах прошлого столетия на стальных рамах, когда появились технологии изготовления труб с разной толщиной стенок по ее длине. Когда алюминиевые рамы вытеснили металлические, их также стали изготавливать с применением баттинга. В настоящее время стальные рамы продолжают баттировать, но этот процесс довольно дорогостоящий [18, 20, 23].



а



б

Рис. 4. Симуляция нагрузки с левой (а) и правой (б) стороны на элементы конструкции монокока в зоне крепления элементов подвески (программа SolidWorks Simulation): красная область – напряжение материала наиболее опасно; область от оранжевого к синему – напряжение материала уменьшается



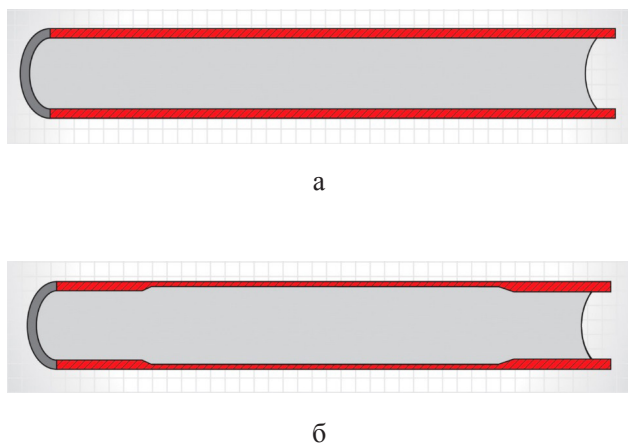


Рис. 5. Элемент рамы с применением технологии баттинга: а – первоначальный вид; б – вид после формовки

Недостатком применения такой технологии для уменьшения веса является уязвимость рамы при ударах в местах с минимальной толщиной стенок трубы. Несмотря на то, что технология баттинга позволяет облегчить раму, использование ее в рамках ФС нецелесообразно, так как затраты на ее реализацию сопоставимы с затратами на монокок, и итоговый вес становится выше.

### Заключение

В спортивных автомобилях основное внимание уделяется пассивной безопасности. В этой связи регламентом соревнований ФС предъявляются особые требования к каркасу и раме безопасности болидов. Анализ международного регламента позволил выделить основные требования к стандартам безопасности для обеспечения безопасности пилота, в связи с чем были изучены основные требования к каркасу и раме безопасности (в подсистемах: «главная дуга-согнутая труба», расположенной на одном уровне или немного позади туловища водителя; «передняя дуга-согнутая труба», расположенной над ногами (бедрами) водителя вблизи рулевого колеса; «элемент рамы-минимальный типичный цельный (неразрезанный) участок трубы рамы»; и др.).

### Выводы

Проанализированы конструктивные решения проектирования болида – пространственной рамы и листового монокока. На основе рассмотренных подходов к конструктивному решению несущей системы выделены основные преимущества и недостатки каждого вида конструкции. Была выбрана конструкция про-

странственной рамы для электробоида, т.к. такая конструкция обеспечивает более эффективно безопасность пилота, но уступает монококу по весу. В качестве решения для облегчения массы рамы предложена технология баттинга. Моделирование нагрузки по критерию прочности и жесткости показало, что монокок обладает лучшими весовыми показателями и полностью соответствует требованиям безопасности согласно регламенту соревнований. По экономическим соображениям конструкция монокока более дорогостоящая в изготовлении.

Представлены варианты расчетных случаев для испытания прочности защитного силового каркаса в виде пространственной рамы. Проведены расчеты с приложением нагрузок, имитирующих различные аварийные ситуации, такие как боковой удар, фронтальной удар и опрокидывание. По результатам расчетов максимальная деформация составила 20,65 мм, что меньше 25,0 мм (условия жесткости соблюдены). Представлена расчетная часть конструкции монокока.

### Список литературы

1. Прочностной анализ рамы болида «Формула студент» ПНИПУ. Режим доступа : <https://research-journal.org/technical/prochnostnoj-analiz-ramy-bolida-formula-student-pnpu>.
2. Vauman Racing Team и «Формула студент»: как Lenovo помогает побеждать в европейских гонках. Режим доступа : <https://habr.com/company/lenovo/blog/408521>.
3. Формула Студент МАДИ (Formula Student MADI). Режим доступа : <https://vk.com/fsmadi>.
4. Formula student. Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Formula\\_Student](https://ru.wikipedia.org/wiki/Formula_Student).
5. Регламент соревнований Формула Студент. Режим доступа : <http://fsaonline.com/cdsweb/gen/DocumentResources.aspx>.
6. Соболев Д. А. Компоновочная схема спортивного автомобиля класса «Формула Студент» : диплом. работа. Тольятти : Тольяттинский государственный университет, 2016. 72 с.
7. Глемба К. В., Ларин О. Н., Аверьянов Ю. И. Аспекты повышения безопасности подсистемы «оператор» на колесном транспорте // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 70. С. 34–42.
8. Глемба К. В. К вопросу снижения степени тяжести травмирования участников дорожного движения при ДТП // НАУКА ЮУрГУ : матер. 66-й науч. конференции. Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2014. С. 218–227.



9. Глемба К. В., Ларин О. Н. Проблемы управления мобильными машинами и обоснование структурных взаимосвязей человеко-машинных систем // Международная научно-практическая конференция «Транспорт России: проблемы и перспективы-2013». СПб. : Институт проблем транспорта РАН им. Н. С. Соломенко, 2013. С. 152–159.

10. Глемба К. В., Ларин О. Н. Вопросы применения системного подхода для повышения БДД // V Международная науч.-практ. конф. «Прогресс транспортных средств и систем-2013». Волгоград : ВолГТУ, 2013. С. 217–217.

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

12. Глемба К. В. Проблемы и пути совершенствования элементов пассивной безопасности автомобильного транспорта // Материалы ЛШ Международ. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2014. Ч. IV. С. 115–120.

13. Союстов А. А. Адаптация стандартов безопасности в проекте «Формула студент» : диплом. работа. Челябинск : Южно-Уральский государственный университет, 2018. 58 с.

14. Аверьянов Ю. И. Глемба К. В. Выявление и совершенствование проблемных взаимосвязей структурных элементов системы безопасности движения мобильных машин // Вестник ЧГАА. 2013. Т. 66. С. 25–34.

15. Глемба К. В., Ларин О. Н. Аспекты распределения кинетической энергии удара при ДТП

// Материалы Всерос. заоч. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы функционирования систем транспорта». Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. Т. 1. С. 140–145.

16. Глемба К. В., Ларин О. Н. К вопросу моделирования адаптивной системы поглощения кинетической энергии при ДТП // IV Междунар. науч.-практ. конф. «Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса» : сб. науч. тр. Новокузнецк : КузГТУ, 2014. С. 275–280.

17. Brown, P. and Hall, R., “Safety Considerations for Electric and Hybrid Vehicles,” SAE Technical Paper 821164, 1982.

18. Boyd, S., Hiester, P., Lawson, S., Sheffield, D. et al., “Design and Development Process for the Equinox REVLSE E85 Hybrid Electric Vehicle,” SAE Technical Paper 2006-01-0514, 2006

19. Каркас безопасности. Режим доступа : <https://www.drive2.ru/b/288230376152292604>.

20. Дуга безопасности. Режим доступа : <https://motor.ru/news/ferrarihalo-03-03-2016.htm>.

21. Монокок из карбона. Режим доступа : [http://framsa.ucoz.ru/index/monokok\\_iz\\_ugleplastika/0-94](http://framsa.ucoz.ru/index/monokok_iz_ugleplastika/0-94).

22. Лопухов А. В. Анализ и решение проблем электробезопасности гоночных машин на примере болида класса Formula Student Electric : диплом. работа. Челябинск : ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет», 2018. 76 с.

23. Баттинг в велосипедостроении. Режим доступа : <https://velomasterclass.ru/batting-v-velosipedostroeniі>.

---

**Лопухов Александр Викторович**, магистрант кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: [lav2807@yandex.ru](mailto:lav2807@yandex.ru).

**Файзуллоев Наджибулло Лутфуллоевич**, бакалавр кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

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

**Союстов Антон Александрович**, магистрант кафедры «Технологические машины и оборудование», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: [hmnero@gmail.com](mailto:hmnero@gmail.com).

**Грашина Дарья Владимировна**, магистрант кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: [lav2807@yandex.ru](mailto:lav2807@yandex.ru).

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

E-mail: alexgrits13@mail.ru.

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

E-mail: glemba77@mail.ru.

\* \* \*

УДК 629.084

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЪЕМА ЗАПАСОВ

**О. И. Мальцева, Н. Машрабов**

Целью данной статьи является разработка автоматизированной системы учета снабжения запасными частями. Приведены наиболее часто встречающиеся модели управления запасами, основными признаками которых являются спрос (расход), параметры пополнения запасов, издержки, связанные с формированием и поддержанием запасов. Представлены детерминированные и стохастические (вероятностные) модели управления запасами – в зависимости от действия случайных факторов на параметры системы управления, проанализированы их отрицательные стороны, а также возможные способы их улучшения. Обусловлена необходимость разработать математическую модель спроса и предложения, характеризующую совокупностью показателей: необеспечиваемый спрос характеризует упущенные возможности, неиспользуемое предложение позволяет учитывать убытки, связанные с нереализацией товара. Разработанная автоматизированная система учета снабжения запасными частями, основу которой будет составлять математическая модель, будет способствовать более полному удовлетворению потребностей в запасных частях, значительно повышать технико-экономические показатели работы складов, а также снижать уровень сверхнормативных запасов и неликвидов. Модель позволит учитывать при решении оптимальных задач создания запасов и организации производственных процессов нелинейную зависимость соответствующих стоимостей от количественных характеристик систем.

*Ключевые слова:* модель управления запасами, методы управления запасами, обеспечиваемый спрос, обеспечиваемое предложение, необеспечиваемый спрос, необеспечиваемое предложение.

Модель управления запасами должна дать ответ на два вопроса: сколько продукции заказывать и когда заказывать. Однако в действительности имеется значительное число моделей управления запасами, для решения которых используется разнообразный математический аппарат – от простых схем анализа до сложных алгоритмов математического программирования. Такое явление объясняется различным характером спроса (расходования продукции), который может быть детерминированным (достоверным) или вероятностным. В свою очередь детерминированный спрос может быть статическим, когда интенсивность потребления не

меняется во времени, или динамическим, когда достоверный спрос изменяется в зависимости от времени (Ковелин, 2011).

**Целью данной статьи** является разработка автоматизированной системы учета снабжения запасными частями.

Вероятностный спрос может быть стационарным, когда плотность вероятности спроса не изменяется во времени, и нестационарным, когда функция плотности вероятности спроса изменяется в зависимости от времени. Основными признаками классификации моделей управления запасами являются: спрос (расход), параметры пополнения запасов, издержки,

связанные с формированием и поддержанием запасов, ограничения и стратегия управления.

Согласно предлагаемой классификации различают детерминированные и стохастические (вероятностные) модели управления запасами – в зависимости от действия случайных факторов на параметры системы управления. Если хотя бы один параметр является случайной величиной (процессом), модель будет стохастической, в противном случае – детерминированной.

Наиболее распространены следующие методы управления запасами (Иванов, 2013):

1. Система оперативного управления – подразумевает под собой комбинирование различных методов управления запасами и является очень эффективной при нестабильном и сложно прогнозируемом спросе на товар. Суть системы состоит в том, что через определенные периоды определяется уровень запасов и определяется необходимость в их заказе.

Через определенные промежутки времени принимается решение: «заказывать» или «не заказывать», если заказывать, то какое количество единиц товара.

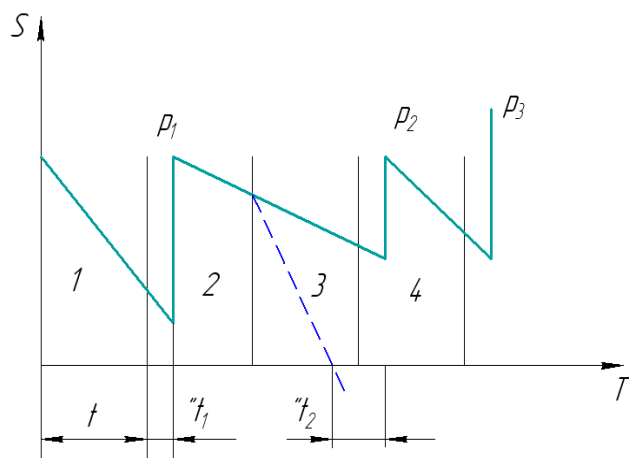
2. Система равномерной поставки – наиболее часто используется в хозяйственной практике, так как характеризуется относительной простотой. При использовании данной концепции размер заказа на пополнение запаса – это константа, когда понижается наличие запасов до критической точки (точки заказа), то происходит поставка на предприятие. Известен «бункерный метод», при котором хранение запасов

осуществляется в двух бункерах, в одном находятся запасы, используемые в период между пополнением и точкой заказа; а во втором складываются запасы, требуемые с момента отправления заказа до момента их поступления на склад. Также необходимо не только оптимизировать величину заказа, но и иметь необходимое транспортное средство с требуемой грузоподъемностью для скорректированных показателей запасов. Многие ученые полагают при определении оптимальной партии заказа опираться на величину минимальных удельных затрат на размещение, получение и хранение запаса. Оптовая партия уменьшает величину затрат на размещение и получение, но при этом увеличиваются расходы на хранение.

Через равные промежутки времени заказывается одинаковое количество единиц товара.

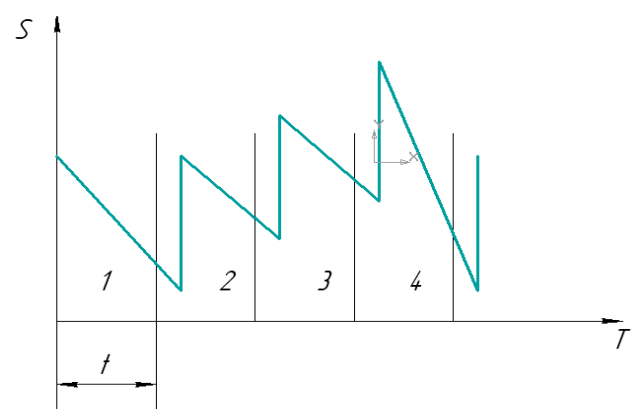
3. Система пополнения запаса до максимального уровня. В данной системе заказы производятся не только в фиксированные плановые моменты времени, но и при достижении запасом порогового уровня. Объем заказа определяется по принципу восполнения запаса до максимального желательного уровня соответственно от текущего или от порогового уровня запаса (с учетом потребления за время поставки).

Через равные промежутки времени заказывается партия, объем которой равен разности максимального уровня запасов и фактического уровня запасов на момент проверки. Размер заказа увеличивается на величину запаса, который будет реализован за период выполнения заказа.



$S$  – уровень запасов;  $t, t_1, t_2$  – периоды времени между заказами;  $p_1, p_2, p_3$  – размер отдельных заказов;  $T$  – продолжительность периода

Рис. 1. Система оперативного управления запасами



$S$  – уровень запасов;  $t$  – периоды времени между заказами;  $T$  – продолжительность всего периода

Рис. 2. Система равномерной поставки





4. Система пополнения запасов до максимального уровня при непрерывной проверке фактического уровня запасов. В данной системе заказы производятся в фиксированные плановые моменты времени, но при условии, что текущий запас в этот момент равен или меньше установленного срока минимального порогового уровня.

Объем заказа определяется по принципу восполнения запаса до максимального желательного уровня (с учетом потребления за время поставки).

Фактический уровень товарных запасов проверяется через равные промежутки времени. Если он меньше минимального или равен ему, принимается решение заказывать партию, равную разности максимального и фактического за-

паса на момент проверки с увеличением на ожидаемую реализацию за время выполнения заказа. Если фактический запас больше минимального, принимается решение «не заказывать».

Проанализировав приведенные выше системы, можно сделать **выводы**, приведенные в таблице 1.

Рациональное обеспечение запасными частями позволит сбалансировать затраты, связанные с простоями техники и «омертвлением» денежных средств, вложенных в запасы, увеличить оборачиваемость капиталов (Шрайбфедер, 2015).

С учетом вышесказанного необходимо разработать математическую модель спроса и предложения, характеризующую совокупностью искомых показателей:

Система	Недостатки
1. Система оперативного управления	Возможны сбои в работе фирмы, например, в случае, если спрос на товар резко увеличится и в данный период времени будет отсутствовать необходимый товар
2. Система равномерной поставки	При неравномерном спросе может произойти избыточное накопление товарных запасов, что потребует проведения специальных маркетинговых мероприятий по интенсификации сбыта, что вызовет дополнительные издержки
3. Система пополнения запаса до максимального уровня	Партия заказываемого товара каждый раз может быть разной, из-за чего система контактов с поставщиками должна быть краткосрочной или с дополнительно оговоренными условиями поставки. В таких случаях следует иметь несколько поставщиков, способных удовлетворить требования заказчика
4. Система пополнения запасов до максимального уровня при непрерывной проверке фактического уровня запасов	Необходимость постоянного контроля размера запасов

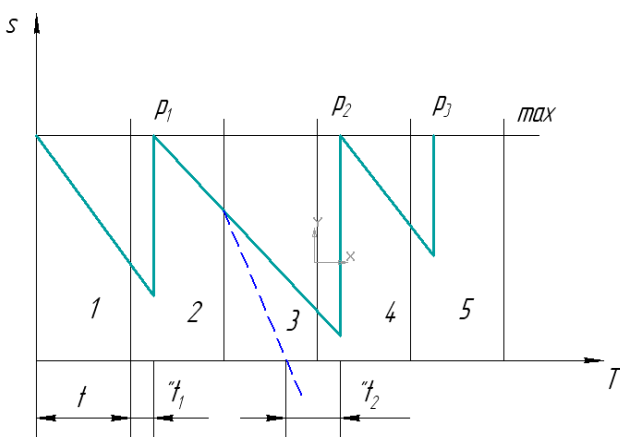


Рис. 3. Система пополнения запаса до максимального уровня  
 $S$  – уровень запасов;  $t, t_1, t_2$  – периоды времени между заказами;  $p_1, p_2, p_3$  – размер отдельных заказов;  
 $T$  – продолжительность периода

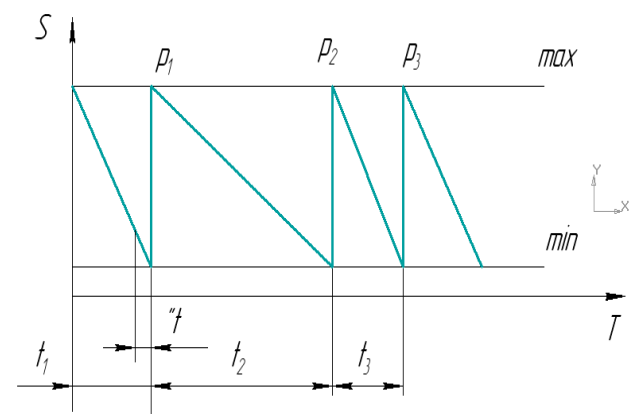


Рис. 4. Система пополнения запасов до максимального уровня при непрерывной проверке фактического уровня запасов  
 $S$  – уровень запасов;  $t, t_1, t_2$  – периоды времени между заказами;  $p_1, p_2, p_3$  – размер отдельных заказов;  
 $T$  – продолжительность периода

Рис. 3. Система пополнения запаса до максимального уровня

Рис. 4. Система пополнения запасов до максимального уровня при непрерывной проверке фактического уровня запасов

1) обеспечиваемый спрос  $N^+$  и равное ему используемое предложение  $Z^+$ ;

2) необеспечиваемый спрос  $N^-$ ;

3) неиспользуемое предложение  $Z^-$ .

Необеспечиваемый спрос характеризует упущенные возможности: неполучение добавочного дохода, частичную потерю клиента (спроса) в будущем, различного рода санкции (штрафы), связанные с необеспечением спроса, и т.д.

Неиспользуемое предложение позволяет учитывать убытки, связанные с нереализацией товара: затраты на хранение, порча товаров при хранении, «замораживание» средств вместо приобретения и продажи другого товара, спрос на который имеется, помещение средств в банк, инвестиции (Корольков, Королькова, 2001).

Автоматизированная система учета снабжения запасными частями, в основе которой будет математическая модель, будет способствовать более полному удовлетворению потребностей в запасных частях, повышает технико-экономические показатели работы складов, снижает уровень сверхнормативных запасов и неликвидов, улучшает снабжение СТО (станция технического осмотра). Кроме того, применение в самых широких масштабах автоматизированной системы учета позволяет согласовывать действия заводов-изготовителей запасных частей с конкретной потребностью в них для

дальнейшего совершенствования управления объемом и качеством услуг, предоставляемых при обслуживании на СТО.

Модель позволит учитывать при решении оптимальных задач создания запасов и организации производственных процессов нелинейную зависимость соответствующих стоимостей от количественных характеристик систем [4].

#### Список литературы

1. Ковелин В. А. Организация производственных процессов автосервиса. Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2011. С. 74.

2. Иванов А. И. Обеспечение запасными частями машин в агропромышленном комплексе в условиях рынка : дис. ... канд. экон. наук. М., 2013. 287 с.

3. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами / пер. с англ. 2-е изд. М. : Альпина Бизнес Букс, 2015. 304 с.

4. Корольков И. В., Королькова Л. И. Пример оптимизации системы со случайным целочисленным спросом и детерминированным целочисленным предложением. СПб. : Нестор, 2002.

5. Корольков И. В., Королькова Л. И. (2001). Стохастическая модель спроса и предложения. Обзор прикладной и промышленной математики. Т. 8. № 1: 233-234.

---

**Мальцева Ольга Игоревна**, магистрант, 2-й курс, направление «Агроинженерия», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: lelya.maltseva.1994@mail.ru.

**Машрабов Нематулла**, д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой технологии и организации технического сервиса, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: nmashrabov@yandex.ru.

\* \* \*

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОЦЕНКЕ РАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕМЯН РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕМ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКИ

М. В. Пятаев, А. П. Зырянов, И. И. Огнев, К. В. Антонова

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований по определению рациональных конструктивных параметров конусного отражателя и диффузора делительной головки распределителя вертикального типа для пневматической зерновой сеялки. Экспериментальные исследования проводились на лабораторной установке, позволяющей варьировать интересующие параметры. В качестве управляемых факторов при проведении экспериментальных исследований были выбраны угол раствора диффузора и угол наклона прямолинейной образующей конусного отражателя к основанию. Величины технологических параметров работы высевающей системы (секундная подача материала в систему и скорость воздушного потока) были приняты исходя из соображений обеспечения бесперебойной работы лабораторной установки и в ходе эксперимента оставались неизменными. В качестве критерия оптимизации был принят коэффициент вариации, характеризующий неравномерность распределения посевного материала по семяпроводам. В ходе экспериментальных исследований был реализован ортогональный центральный композиционный план. Была получена модель, показывающая влияние управляемых факторов на критерий оптимизации. Полученная модель описывается полиномом второй степени. Были произведены проверки статистической значимости коэффициентов уравнения регрессии и адекватности модели. Произведена раскодировка полученного уравнения и его перевод к физическим единицам измерения. Дана графическая интерпретация раскодированного уравнения регрессии. На основе анализа уравнения регрессии установлено, что наименьшая неравномерность распределения обеспечивается при угле наклона прямолинейной образующей конусного отражателя к основанию 70 градусов и угле раствора диффузора порядка 50 градусов. При этом выявлено, что равномерность распределения семян выше при использовании диффузора с углом раствора 50 градусов во всех вариантах эксперимента.

*Ключевые слова:* пневматическая зерновая сеялка, распределитель семян вертикального типа, делительная головка, диффузор, отражатель, ортогональный центральный композиционный план.

Одним из основных показателей, определяющих эффективность работы распределителей пневматических зерновых сеялок, является равномерность распределения посевного материала по семяпроводам. Так, согласно агротехническим требованиям, на высева семян зерновых культур неравномерность распределения по ширине захвата агрегата не должна превышать 3%, на высева гранулированных минеральных удобрений – 10%. Это достаточно жесткий агротехнический норматив и в ряде работ ставит под сомнение его обоснованность. Однако экспериментально установлено, что при неравномерности свыше 10% урожайность зерновых

снижается в среднем на 1...2 ц/га [1], что, конечно же, существенно. В этой связи работы, направленные на повышение равномерности высева, актуальны.

Выделяется несколько основных причин, обуславливающих неравномерное распределение посевного материала по семяпроводам в пневматических зерновых сеялках. Их условно можно разделить на две группы – технологические и конструктивные. К технологическим можно отнести: режимные параметры работы высевающей системы: секундная подача семян в систему, подача вентилятора. Ко второй группе причин можно отнести конструктивные

параметры непосредственно самих распределителей. В частности, на значительное влияние конструктивных параметров делительных головок распределителей на равномерность распределения указывали в своих работах В.С. Астахов, А.В. Шарафутдинов, А. Yatskul др. [2, 3, 4]. Ранее также было установлено, что варьируя параметрами отражателя и диффузора делительной головки вертикального распределителя (рис. 1) при прочих сходных конструктивных и технологических параметрах, в значительной степени изменяется и неравномерность распределения от 6,11 и до 32,37% [5, 6, 7, 8, 9].

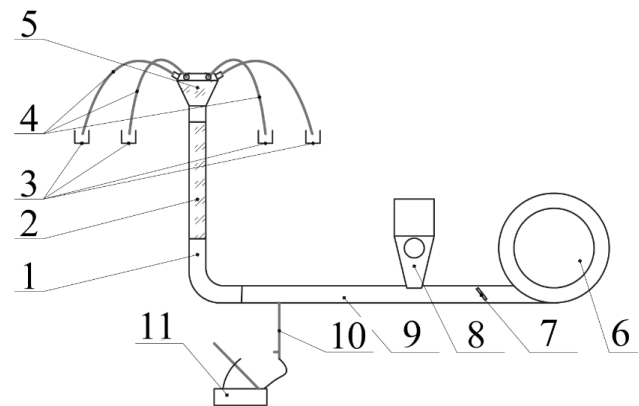
**Цель исследований.** В целях более глубокого изучения влияния конструктивных параметров делительной головки распределителя вертикального типа на равномерность распределения было принято решение провести эксперимент на лабораторной установке в соответствии с теорией планирования, позволяющей получить регрессионную модель процесса.

**Материалы и методы.** В ходе исследований были использованы положения теории планирования эксперимента. Результаты исследований обрабатывались в пакетах прикладных программ MathCAD и Maple.

**Результаты исследований**

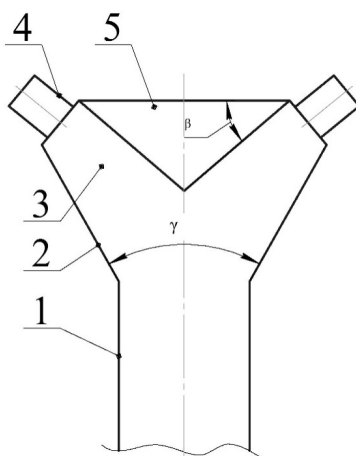
Экспериментальные исследования производились на лабораторной установке (рис. 2), позволяющей варьировать интересующие параметры. Так, полагаясь на результаты пред-

шествующих исследований, было решено в качестве управляемых факторов при реализации эксперимента использовать конструктивные параметры отражателя ( $\beta$  – угол наклона образующей конусного отражателя к основанию) и диффузора делительной головки ( $\gamma$  – угол раскрытия диффузора). Для варьирования управляемыми параметрами были изготовлены соответствующие конусные отражатели и диффузоры (рис. 3 и 4).



1 – отвод; 2 – распределитель; 3 – семясборники; 4 – семяпроводы; 5 – делительная головка; 6 – вентилятор; 7 – заслонка дисковая; 8 – дозатор семян; 9 – трубопровод горизонтальный; 10 – трубка Пито; 11 – микроманометр

Рис. 2. Схема лабораторной установки



1 – подводящий трубопровод; 2 – диффузор; 3 – коллектор; 4 – отводящий патрубок; 5 – отражатель ( $\beta$  – угол наклона образующей конусного отражателя к основанию;  $\gamma$  – угол раскрытия диффузора)

Рис. 1. Общий вид делительной головки

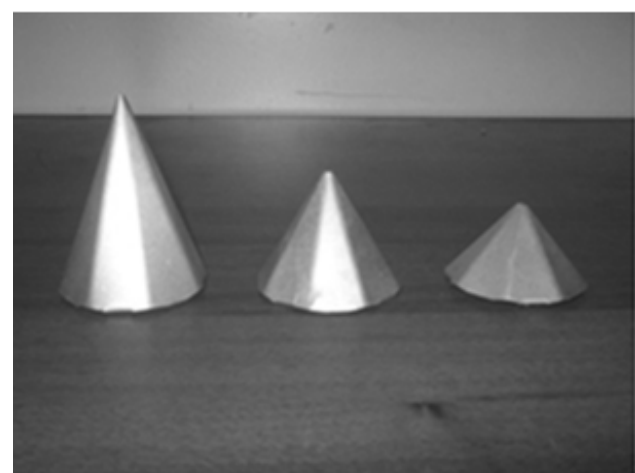


Рис. 3. Конусные отражатели: а – отражатель с углом наклона образующей стенки к основанию 700; б – отражатель с углом наклона образующей стенки к основанию 600; в – отражатель с углом наклона образующей стенки к основанию 500

Уровни варьирования факторов представлены в таблице 1. Секундная подача посевного материала в систему составляла 50 г/с, скорость воздушного потока – 20 м/с, в течение эксперимента оставались неизменными. В качестве посевного материала использовались семена пшеницы. Каждый опыт производился в трехкратной повторности, по окончании которых содержимое семясборников взвешивалось, определялся коэффициент вариации.

Выходным параметром, характеризующим неравномерность распределения посевного материала по семяпроводам, выступал коэффициент вариации  $v$ . Исходя из этого задача экс-

периментальных исследований была сведена к определению таких величин управляемых параметров  $\beta$  и  $\gamma$ , при которых обеспечивается наименьшее значение  $v$ :

$$v(\beta, \gamma) \rightarrow \min \left. \begin{array}{l} \beta \in [50...70], \gamma \in [30...70] \end{array} \right\} \quad (1)$$

Для получения регрессионной модели процесса был реализован ортогональный центральный композиционный план с ядром  $2^2$ , четырьмя звездными точками и одним опытом в центре. План эксперимента представлен в таблице 2.

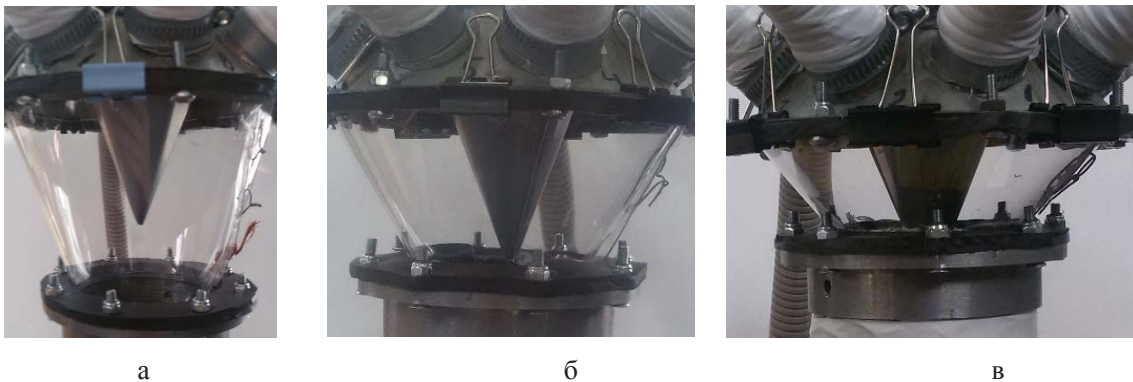


Рис. 4. Диффузоры делительных головок: а – угол раскрытия  $\gamma = 30^\circ$ ; б – угол раскрытия  $\gamma = 50^\circ$ ; в – угол раскрытия  $\gamma = 70^\circ$

Таблица 1 – Интервалы и уровни варьирования факторов

Показатели	Кодированное значение	Факторы	
		$\beta$ , град	$\gamma$ , град
Верхний уровень	+1	50	30
Основной уровень	0	60	50
Нижний уровень	-1	70	70
Интервал варьирования	$\Delta x_i$	10	20

Таблица 2 – План ортогонального центрального композиционного пала

Номер опыта	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_1 x_2$	$x_1^2$	$x_2^2$	Коэффициент вариации, %	
							Экспериментальная величина $y_{cp}$	Расчетная величина $y_m$
1	1	-1	-1	1	0,33	0,33	32,37	32,16
2	1	1	-1	-1	0,33	0,33	21,42	21,48
3	1	-1	1	-1	0,33	0,33	29,15	28,70
4	1	1	1	1	0,33	0,33	12,51	12,33
5	1	0	0	0	-0,67	-0,67	10,55	11,08
6	1	1	0	0	0,33	-0,67	6,11	5,81
7	1	-1	0	0	0,33	-0,67	19,10	19,33
8	1	0	1	0	-0,67	0,33	18,82	19,03
9	1	0	-1	0	-0,67	0,33	25,62	25,34



В ходе статистической обработки экспериментальных данных была получена регрессионная модель процесса распределения, описываемая полиномом второй степени вида:

$$y = 19,52 - 6,76x_1 - 3,16x_2 - 1,42x_1x_2 + 1,49x_1^2 + 11,10x_2^2. \quad (2)$$

Проверка коэффициентов уравнения регрессии по  $t$ -критерию Стьюдента показала их статистическую значимость. Проверка уравнения регрессии по критерию Фишера позволила подтвердить ее адекватность.

Для раскодировки уравнения (2) использовались следующие формулы:

$$x_1 = \frac{\beta - 60}{10}; \quad x_2 = \frac{\gamma - 50}{20}. \quad (3)$$

После раскодировки уравнение было записано в следующем виде:

$$v = 161,3 - 2,11\beta - 2,51\gamma - 0,007\beta\gamma + 0,015\beta^2 + 0,028\gamma^2. \quad (4)$$

По выражению (4) были построены поверхность отклика и график линий равного уровня (рис. 5).

Исходя из полученных графических зависимостей можно констатировать, что наилучшая равномерность распределения достигается при использовании конусного отражателя с углом  $\beta = 70^\circ$  и диффузора с углом раскрытия  $50^\circ$ .

### Выводы и рекомендации

Экспериментально определены конструктивные параметры отражателя и диффузора делительной головки распределителя, при которых обеспечивается наименьшая неравномерность распределения посевного материала, при постоянной величине технологических параметров. В частности выявлено, что наименьшая неравномерность распределения посевного материала обеспечивается при угле раскрытия диффузора порядка 50, во всем диапазоне конструктивных параметров отражателя.

Вместе с тем необходимо отметить, что в ходе данных экспериментальных исследований не было выявлено рациональное сочетание конструктивных параметров, поскольку предполагаемая область оптимума находится за пределами факториального пространства, ввиду того, что технологические параметры работы высевальной системы (секундная подача посевного материала и скорость воздушного потока) были постоянными. Таким образом, в дальнейших экспериментах необходимо предусмотреть возможность варьирования указанными технологическими параметрами.

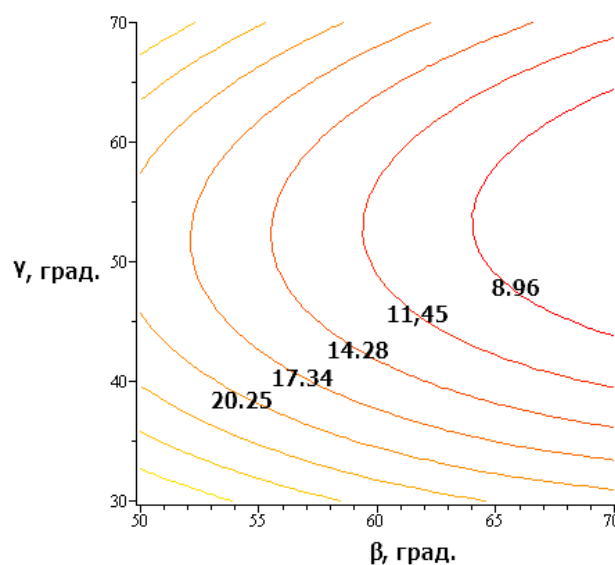
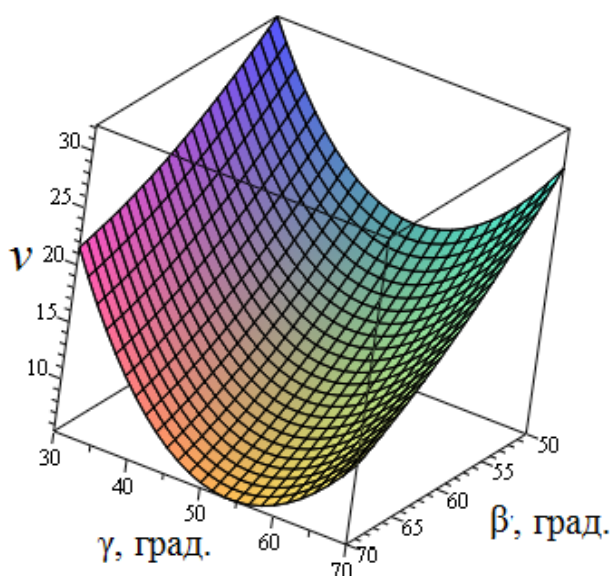


Рис. 5. Зависимость неравномерности распределения от величины параметров  $\beta$  и  $\gamma$ , град.



### Список литературы

1. Худяков В. Ф. Улучшение показателей распределения семян в почве путем технологической настройки и модернизации зерновой сеялки (на примере СЗ-3,6) : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Челябинск : Б.и., 1988. 21 с.

2. Астахов В. С. Механико-технологические основы посева сельскохозяйственных культур сеялками с пневматическими системами группового дозирования : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2007. 40 с.

3. Шарафутдинов А. В. Обоснование конструктивно-технологических параметров распределительного устройства пневматической системы сеялки // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. № 17. С. 140–145.

4. Yatskul A., Lemièrre J.P., Cointault F. Influence of the divider head functioning conditions and geometry on the seed's distribution and accuracy of the air-seeder // Biosystems Engineering. 2017. № 161. PP. 120–134.

5. Пятаев М. В., Зырянов А. П. Определение рациональных параметров делительной головки пневматической зерновой сеялки // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (138). С. 88–94.

6. Пятаев М. В., Зырянов А. П., Огнев И. И. К определению рациональных параметров кол-

лектора делительной головки // Актуальные вопросы агроинженерных наук: теория и практика : матер. нац. науч. конф. Института агроинженерии / под ред. М. Ф. Юдина. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2018. С. 39–46.

7. Пятаев М. В., Зырянов А. П. Определение рациональных параметров делительной головки пневматической зерновой сеялки // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (138). С. 88–94.

8. Теоретические и экспериментальные исследования по определению параметров делительной головки пневматической зерновой сеялки / М. В. Пятаев, С. С. Притчин, К. В. Антонова, Е. Д. Каменева // АПК России. 2018. Т. 25. № 3. С. 405–412.

9. Пятаев М. В., Зырянов А. П., Огнев И. И. К обоснованию параметров подводящего трубопровода распределителя вертикального типа для пневматической зерновой сеялки // Технологии и средства механизации в АПК : матер. Междунар. науч.-практ. конф. Института агроинженерии, посвящ. 80-летию со дня рожд. акад. РАН, д-ра техн. наук В. В. Бледных. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2018. С. 116–125.

---

**Пятаев Максим Вячеславович**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: 555maxim@mail.ru.

**Зырянов Антон Павлович**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: zap174@list.ru.

**Огнев Игорь Игоревич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Подъемно-транспортные машины и роботы», ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

E-mail: ognev.i.i@yandex.ru.

**Антонова Ксения Васильевна**, магистр 1-го года обучения, кафедра «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: ksu1995\_13@mail.ru.

\* \* \*

УДК 621.51/.54+521.43.068

## **ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ГИБРИДНЫЕ СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОТЫ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ И ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВС**

**В. В. Руднев, А. Г. Карпенко, А. В. Гриценко, К. В. Глемба,  
Г. Н. Салимоненко, М. В. Назаров, А. В. Лопухов**

Ужесточение экологических требований и рост цен на топливо заставляет искать способы повышения эффективности транспортных двигателей. Применение комбинированной энергетической установки, имеющей более одного источника энергии, является наиболее эффективным. Поэтому есть необходимость исследования повышения эффективности пневматических гибридных силовых установок утилизацией тепловой энергии, выбрасываемой в атмосферу с отработавшими газами и системой охлаждения двигателем внутреннего сгорания.

*Ключевые слова:* двигатель внутреннего сгорания, гибридная силовая установка, отработавшие газы, теплота, сжатый воздух, пневматический двигатель, компрессор, тепловой аккумулятор.

В настоящее время цивилизация не может обойтись без транспорта. Человечество привыкло перемещаться на большие расстояния. Эти массовые перемещения приводят к увеличению количества транспортных средств и, как следствие, росту выбросов токсичных веществ в окружающую среду. Концентрация людей в городах приводит к увеличению количества транспортных средств на ограниченных территориях их проживания. В то же время средства массовой информации позволяют гражданам становиться более осведомленным о влиянии загрязнения окружающей среды и климата. Социум ужесточает стандарты выбросов от-

работавших газов (ОГ) транспортных средств, которые способствует изменению климата. Экологические требования вместе с ростом цен на топливо заставляют разработчиков вести поиск альтернативных транспортных средств с меньшим воздействием на окружающую среду. Сегодня существует несколько решений для снижения количества и токсичности отработавших газов и улучшения экономии топлива. Одни хорошо известны, а другие еще находятся в разработке. Примерами таких решений являются VVA (система управления фазами газораспределения), EGR (рециркуляция отработавших газов), непосредственный впрыск, гибридна-



ция транспортных средств и другие [2]. Наиболее эффективным в настоящее время является применение комбинированной энергетической установки, имеющей более одного источника энергии, так называемая гибридная силовая установка. Транспортная гибридизация может быть выполнена различными способами. Самым известным примером гибридной силовой установки транспортных средств является электрический гибрид (рис. 1).

Однако в настоящее время исследуются другие гибриды, такие как гидравлические, топливные элементы, маховики и пневматические гибриды. Основная идея с электрической гибридизацией заключается в уменьшении расхода топлива за счет рециркуляции потерянной тормозной энергии. Гибридная работа также позволяет двигателю внутреннего сгорания (ДВС) работать в наиболее оптимальной рабочей точке с точки зрения нагрузки и скорости. Сегодня почти каждый производитель автомобилей работает над электрическим гибридным

прототипом, а некоторые уже имеют продукт на рынке. Электрические гибриды обеспечивают впечатляющее снижение расхода топлива, электрические гибриды предлагают на 60 % меньше расход топлива по сравнению с обычными автомобилями, работающими на бензине [9]. Основным недостатком электрических гибридов является то, что они требуют дополнительного источника электрической энергии и больших тяжелых батарей с ограниченным сроком службы. Это приводит к дополнительным производственным издержкам, которые компенсируются более высокой ценой конечных продуктов, сравнимой с ценой высокотехнологичных автомобилей. Однако следует помнить, что высокая стоимость будет уменьшаться по мере увеличения объема продаж гибридных автомобилей.

Одним из способов сохранения как можно меньшей дополнительной стоимости и, следовательно, повышения привлекательности клиентов является внедрение пневматической гибридной силовой установки (рис. 2).

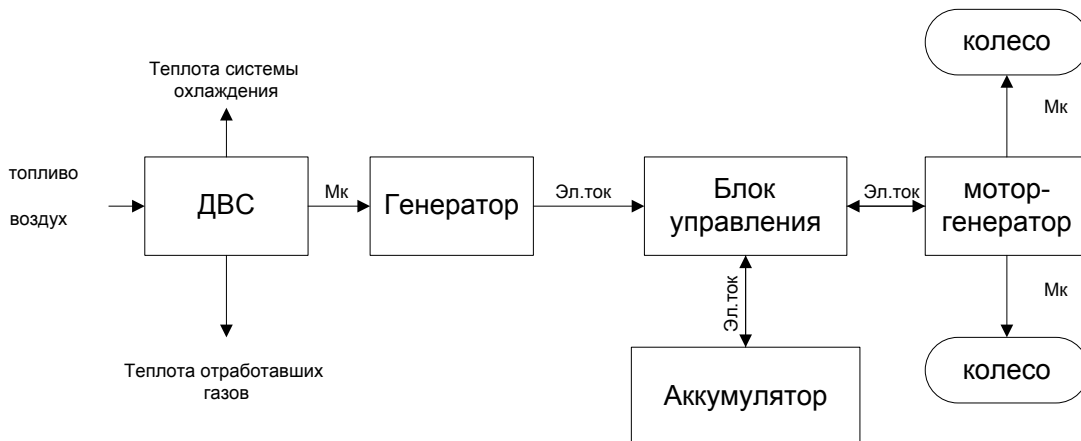


Рис. 1. Электрическая гибридная силовая установка

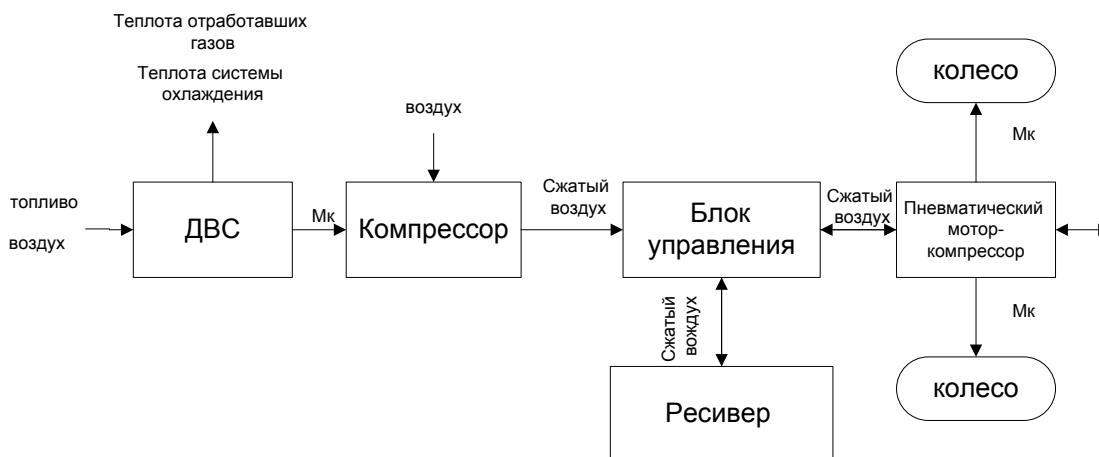


Рис. 2. Пневматическая гибридная силовая установка

Он работает аналогично электрическому гибриду [7]. Во время замедления транспортного средства пневматический мотор используется в качестве компрессора, который преобразует кинетическую энергию, содержащуюся в движущемся транспортном средстве, в энергию в виде сжатого воздуха, который хранится в резервуаре под давлением. Для движения используется сжатый воздух, подающийся из резервуара к пневматическому мотору под давлением, количество которого контролируется блоком управления.

В данной статье не ставится целью рассмотрение электрических гибридов. Принимаем параметры преобразования энергии, снимаемой с коленчатого вала ДВС и преобразуемой в электрическую энергию с определенным  $\eta$  коэффициентом полезного действия (КПД). Так, КПД электрических машин: тяговых электрических двигателей составляет  $\eta = 0,86 \div 0,92$ , генераторов  $\eta = 0,75 \div 0,94$ . Применяемые на электрических гибридах аккумуляторы имеют высокий КПД  $\eta = 0,85 \div 0,90$ . Суммарный КПД системы электрического гибрида получается примерно  $\eta = 0,55 \div 0,78$  [10].

При рассмотрении преобразования энергии в пневматических гибридных силовых установках можно отметить следующее. КПД современных компрессоров составляет  $\eta = 0,55 \div 0,90$ . Пневматические моторы имеют КПД  $\eta = 0,25 \div 0,35$ . Пневматические ресиверы (аккумуляторы сжатого воздуха) обеспечивают достаточно высокий КПД  $\eta = 0,85 \div 0,95$ . Суммарный КПД  $\eta = 0,15 \div 0,30$ , это примерно в три раза ниже параметров электрического гибрида, что и является причиной низкого интереса к этому способу гибридизации.

Современные бензиновые двигатели при условии работы на установившихся режимах имеют КПД  $\eta_6 = 0,30 \div 0,35$ , а дизели  $\eta_д = 0,35 \div 0,45$ . Одна из причин низкого КПД поршневых ДВС – значительные потери теплоты с отработавшими газами  $Q_{ог}$ , образовавшейся в цилиндрах двигателей в результате термохимических реакций окисления топлива. Другая причина объясняется отводом теплоты системой охлаждения, для увеличения ресурса деталей двигателя  $Q_{со}$ . Доля этих потерь  $Q_{тп} = Q_{ог} + Q_{со}$  достигает 50% от всей полученной от сгорания топлива теплоты [6]. Если использовать тепловую энергию двигателя внутреннего сгорания, которая на электрических гибридах выбрасывается в атмосферу системой охлаждения и ОГ по причине сложного преобразования тепловой энергии в электрическую, то это позволяет повысить экономические и экологические показатели пневматической гибридной силовой установки. По причине нестабильного теплового потока ОГ и системы охлаждения с момента пуска до останова ДВС стабилизируем его в тепловом аккумуляторе (рис. 3).

### Теоретические исследования

Анализ зависимости параметров пневматических двигателей от температуры сжатого воздуха показывает, что удельная энергия  $e$  представляет изменение полных удельных энергий воздуха (газа) на входе и выходе пневмодвигателя [1]. Оценивая удельную энергию воздуха по теоретическим процессам, при изотермическом  $e_{из}$  и адиабатном  $e_{ад}$  процессах расширения воздуха в пневмодвигателе описывает уравнение Бернулли [3]:

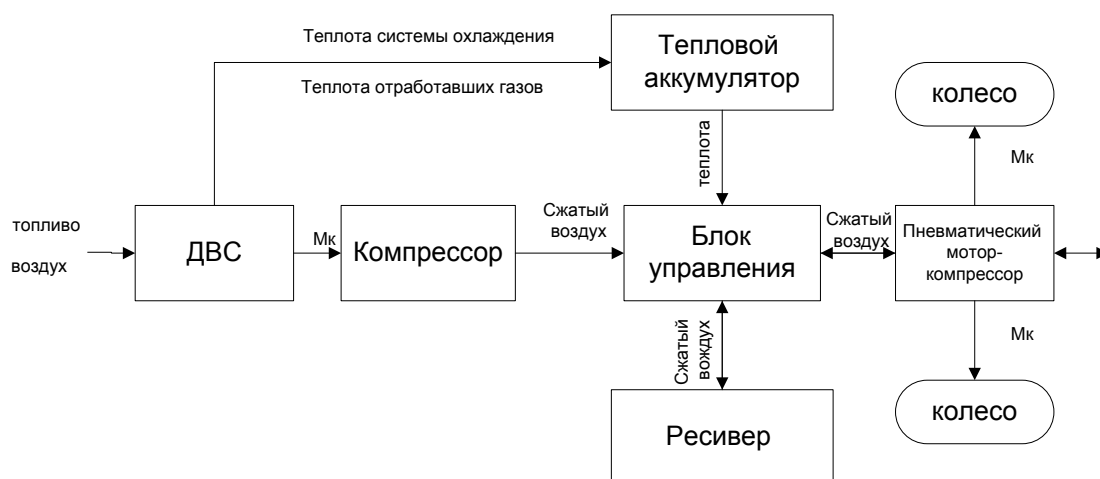


Рис. 3. Пневматическая гибридная силовая установка с тепловым аккумулятором





$$e_{\text{вс}} = \left( \frac{\alpha_1 v_1^2}{2} + 2,3 \frac{p_1}{\rho_1} \lg \rho_1 + gz_1 \right) - \left( \frac{\alpha_2 v_2^2}{2} + 2,3 \frac{p_2}{\rho_2} \lg \rho_2 + gz_2 \right); \quad (1)$$

$$e_{\text{аа}} = \left( \frac{\alpha_1 v_1^2}{2} + \frac{k}{k-1} \frac{p_1}{\rho_1} + gz_1 \right) - \left( \frac{\alpha_2 v_2^2}{2} + \frac{k}{k-1} \frac{p_2}{\rho_2} + gz_2 \right). \quad (2)$$

При определении удельной энергии воздуха при изотермическом и адиабатном процессах расширения удельная энергия воздуха при изотермическом процессе больше, чем при адиабатном. Это объясняется тем, что для поддержания постоянства температуры воздуха при изотермическом процессе расширения должна извне подводиться тепловая энергия. Поскольку при обычных скоростях подвижных элементов имеет место незначительный теплообмен между воздухом и стенками пневмодвигателей, то их рабочий процесс с достаточной степенью точности можно считать адиабатным [5]. Поэтому степень совершенства пневмодвигателей оценивается по адиабатному КПД  $\eta_{\text{ад}}$ , который определяется отношением выходной мощности пневмодвигателя к потребляемой мощности, подсчитанной по адиабатному процессу.

В процессе расширения воздуха его температура в пневмодвигателе уменьшается [4]. Согласно уравнению Клапейрона-Менделеева, для начального состояния воздуха и конечного его состояния справедливы соотношения:

$$\frac{p_1}{\rho_1} = RT_1; \quad \frac{p_2}{\rho_2} = RT_2, \quad (3)$$

где  $T_1$  и  $T_2$  – начальная и конечная абсолютные температуры воздуха.

Решая совместно эти уравнения для адиабатного процесса расширения, находим конечную температуру

$$T_2 = T_1 \frac{p_2 \rho_1}{p_1 \rho_2} = T_1 \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}. \quad (4)$$

В пневмодвигателях конечная температура воздуха не должна быть ниже  $0^\circ\text{C}$  ( $T_{2\text{min}} = 273\text{ K}$ ), так как может произойти обмерзание. Поэтому

необходимо на входе пневматического двигателя повышать начальную температуру.

Источником теплоты, подводимой к воздуху и пневматическому двигателю, является теплота ОГ и системы охлаждения ДВС [8]. Для накопления и хранения тепловой энергии использовать тепловой аккумулятор, накапливаемую теплоту которого можно определить по уравнению [3]:

$$Q = mc(T_2 - T_1), \quad (5)$$

где  $Q$  – накопленная теплота;

$m$  – масса теплоносителя;

$c$  – удельная теплоемкость теплоносителя в Дж/(кг·К);

$T_2$  и  $T_1$  – начальная и конечная температуры теплоносителя.

Суммарный энергетический КПД тепловых аккумуляторов  $\eta_{\text{ТА}}$  равен отношению отводимой энергии  $Q_o$  (Дж) при разряде к подводимой при заряде  $Q_p$  (Дж):

$$\eta_{\text{ТА}} = Q_o / Q_p. \quad (6)$$

Анализ современных тепловых аккумуляторов выявил, что их КПД находятся в пределах  $\eta_{\text{ТА}} = 0,6 \div 0,8$  [3].

При утилизации с последующим накоплением тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания в тепловом аккумуляторе, имеющем в среднем  $\eta_{\text{ТА}} = 0,7$ , подводится к воздуху и пневматическому двигателю тепловая энергия, потенциал которой составляет до 50% от тепловой мощности ДВС. Теплота, накопленная в тепловом аккумуляторе и подведенная к сжатому воздуху и пневматическому двигателю, будет  $Q_{\text{ТА}} = 50 \cdot 0,7 = 35\%$  от тепловой мощности ДВС.

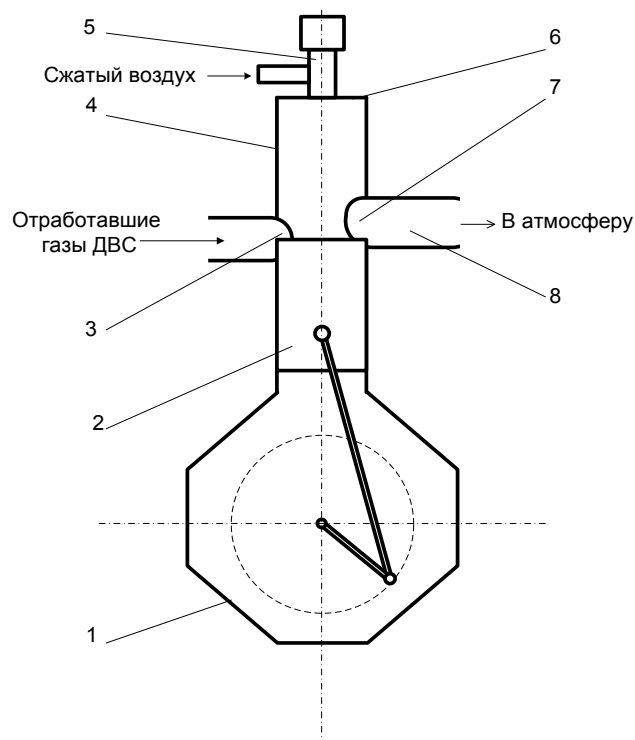
Одним из возможных вариантов систем использования теплоты ОГ ДВС может служить комбинированная силовая установка с разделенными потоками газов [11], поршневой пневматический двигатель с внутренним подводом теплоты (рис. 4), разработанный и изготовленный коллективом сотрудников кафедры автомобильного транспорта и информационных технологий и МОТД «ЮУрГГПУ» под руководством одного из авторов настоящей статьи.

В цилиндр разработанного двигателя поступают ОГ ДВС, сжимаются и в них подается через пневмоклапан сжатый воздух. Эксперименты показывают, что температура в конце

сжатия может достигать 1500 °С. К поданному в этот момент сжатому воздуху подводится теплота от ОГ, рабочее тело расширяется, производя полезную работу. После расширения рабочее тело выбрасывается из цилиндра, и цикл повторяется – поршневой пневматический двигатель с внутренним подводом теплоты работает по двухтактному циклу.

Пневматический двигатель с внутренним подводом теплоты (ПД) был создан на базе двухтактного пускового двигателя ПД 10У, с которого демонтировали штатные системы питания и зажигания. На головке цилиндра установлен пневматический клапан с приводом от оси коленчатого вала. Основанием двигателя служит картер 1. В цилиндре со стороны маховика имеются два окна 3 и 7, одно из которых (впускное) соединено с выпускным трубопроводом ДВС (УМЗ-417), а другое (выпускное) – с выпускным трубопроводом 8, через который уходящие из цилиндра газы попадают в атмосферу.

Для качественной и количественной оценки влияния регулировочных параметров системы подачи сжатого воздуха в цилиндр ПД,



1 – картер; 2 – поршень; 3 – впускное окно; 4 – цилиндр; 5 – пневмоклапан; 6 – головка; 7 – выпускное окно; 8 – выпускной трубопровод

Рис. 4. Принципиальная схема поршневого пневматического двигателя с внутренним подводом теплоты

температуры стенок внутрицилиндрового пространства, а также температуры ОГ, поступающих в него из ДВС, на вырабатываемую ПД эффективную мощность, был использован статистический метод планирования эксперимента.

В настоящей работе устанавливалась зависимость эффективной мощности от пяти факторов:

1. Давления сжатого воздуха, подаваемого в цилиндр ПД ( $P_{св}$ );
2. Температуры стенок внутрицилиндрового пространства ПД ( $T_{ст}$ );
3. Температуры отработавших газов ДВС ( $T_{ог}$ ) на входе в цилиндр ПД;
4. Температуры подаваемого через пневмоклапан сжатого воздуха ( $T_{св}$ );
5. Моменты начала подачи сжатого воздуха в цилиндр ПД в град ПКВ относительно ВМТ ( $\theta$ ).

### Математическое моделирование

В качестве математической модели использовалось уравнение второго порядка вида:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i \neq j}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2. \quad (7)$$

В ходе предварительных экспериментов были установлены зависимости:

- между режимом работы ДВС и температурой его отработавших газов;
- положением ручки реостата и температурой стенок цилиндра, который нагревается с помощью электрической нагревательной спирали.

Так как остальные факторы ( $P_{св}$ ,  $T_{св}$ ,  $\theta$ ) являются регулировочными параметрами УД, то были выявлены и отмечены положения регулирующих органов, соответствующие принятым уровням варьирования каждого фактора. Принятые уровни и интервалы варьирования всех факторов представлены в таблице 1.

В результате обработки данных эксперимента для определения эффективной мощности ПД была найдена полиномиальная зависимость:

$$Ne = 266,63 + 286,7X_1 + 14,3X_2 + 149,7X_3 + 181,4X_4 + 11,2X_5 + 75,6X_1^2 - 58,07X_4^2 + 28,9X_1X_3 + 75,4X_1X_4 + 16,1X_2X_3 - 14,4X_3X_4 - 18,6X_3X_5 + 14,5X_4X_5. \quad (8)$$

Полученное уравнение позволяет оценить влияние каждого из перечисленных выше фак-



Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы				Уровни варьирования			
Наименование	Размерность	Обозначение		Кодовые			Интервалы варьирования
		Натуральное	Кодовое	-1	0	1	
				Натуральные			
Давление подаваемого сжатого воздуха	МПа	$P_{св}$	$X_1$	5	10	15	10
Температура стенки	°С	$t_{ст}$	$X_2$	80	115	150	70
Температура подаваемого сжатого воздуха	°С	$t_{св}$	$X_3$	0	25	50	50
Температура ОГ	°С	$t_{ог}$	$X_4$	450	650	850	400
Момент начала подачи сжатого воздуха	Град ПКВ	$\theta$	$X_5$	10 до ВМТ	5 до ВМТ	0 (ВМТ)	10

торов и их взаимодействия на эффективную мощность ПД.

В качественном плане это влияние определяется знаком перед соответствующим коэффициентом, а абсолютное значение коэффициента отражает силу влияния фактора. Вклад же того или иного фактора оценивался при переходе от нижнего к верхнему уровню (эффект фактора).

Эффекты влияния на эффективную мощность ПД давления подаваемого сжатого воздуха в цилиндр ПД составляет 100,0%; температуры стенок цилиндра ПД составляет 5,0%; температуры ОГ ДВС, подаваемых в ПД, составляет 63,3%; температуры сжатого воздуха, подаваемого в ПД, составляет 52,2%; момента начала подачи сжатого воздуха в цилиндр ПД составляет 3,9%.

Как видно из уравнения (8), эффективная мощность ПД больше всего зависит от давления сжатого воздуха и его температуры, температуры ОГ ДВС. В результате использования тепловой энергии ОГ увеличивается и удельная эффективная мощность ПД.

Положительно, хотя и слабо, сказывается на росте обсуждаемого показателя увеличение температуры стенок внутрицилиндрового пространства и угла опережения подачи сжатого воздуха в цилиндр ПД.

### Выводы

Таким образом, полученное полиномиальное уравнение (8) позволяет качественно и количественно оценить влияние регулировочных параметров системы сжатого воздуха в цилиндр ПД, температуры стенок, а также температуры ОГ, поступающих в него из ДВС, на вырабатываемую ПД эффективную мощность.

Использование бросовой теплоты ОГ и системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания для повышения энергии сжатого воздуха позволяет повысить экономические и экологические показатели пневматической гибридной силовой установки [6, 7], а суммарный КПД системы пневматического гибрида повысить до  $\eta = 0,50 \div 0,65$ .

### Список литературы

1. Пневмопривод и средства автоматики : учеб. пособие / Н. Д. Быстров [и др.]. Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. 112 с.
2. Двигатели военной автомобильной техники : учеб. пособие / Н. Е. Александров [и др.] ; под общ. ред. Д. В. Нефедова. Омск : Омское кн. изд-во, 2013. Ч. 2 : Теория и анализ конструкций двигателей. 449 с.
3. Куколев М. И. Оценка эффективности использования массы теплового аккумулятора // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 1996. Вып. 1. С. 40–42.
4. Прилуцкий А. И. Применение поршневых расширительных машин в установках утилизации энергии сжатого природного газа // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2008. № 3. С. 26–30.
5. Экологически чистый криогенный транспорт: современное состояние, проблемы / А. Н. Туренко [и др.] // Вестник ХГАДТУ : сб. науч. тр. Харьков, 2000. Вып. 12–13. С. 42–47.
6. Руднев В. В., Нестеров К. Б., Хасанова М. Л. Комбинированные силовые установки для городского автомобиля // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2010. № 1. С. 202–205.

7. Руднев В. В., Хасанова М. Л., Белевтин В. А. Моделирование ресурсов повышения экологической безопасности крупных городов : монография. Челябинск : Изд-во Юж.-Урал. гос. гуман.-пед. ун-та, 2017. 88 с.

8. Руднев В. В., Харенко И. А. Концепция комбинированной энергетической установки в транспортном комплексе // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2011. № 1. С. 215–218.

9. Fontaras G., Pistikopoulos P., Samaras Z. Experimental evaluation of hybrid vehicle fuel

economy and pollutant emissions over real-world simulation driving cycles. Atmos. Environ., vol. 42, no. 18, pp. 4023–4035, Jun. 2008.

10. Burgess T.A., Campbell S.L., Coomer C.L., Ayers C.W. Evaluation of the 2010 Toyota Prius Hybrid Synergy Drive System ORNL/TM-2010/253, UT-Battelle, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, March. 2011.

11. Пат. на полезную модель RUS 61796 U1 F 01 K 7 00 Комбинированная силовая установка с разделенными потоками газов / В. В. Руднев [и др.]. Приоритет 26.05.2006.

---

**Руднев Валерий Валентинович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобильный транспорт, информационные технологии и методика обучения техническим дисциплинам», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет (ЧГПУ).

E-mail: rudnevvv@mail.ru.

**Карпенко Анатолий Григорьевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобильный транспорт, информационные технологии и методика обучения техническим дисциплинам», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет (ЧГПУ).

E-mail: angr123@list.ru.

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

E-mail: alexgrits13@mail.ru.

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

E-mail: glemba77@mail.ru.

**Салимоненко Григорий Николаевич**, аспирант кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: salimonenkog@mail.ru.

**Назаров Максим Валерьевич**, аспирант кафедры «Автомобильный транспорт» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: hmnero@gmail.com.

**Лопухов Александр Викторович**, магистрант кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: lav2807@yandex.ru.

\* \* \*

УДК 619:616.98:579.844.12:636.2+612.017.1

**ИММУНОБИОХИМИЧЕСКИЙ СТАТУС ПРИ БОЛЕЗНЯХ КОПЫТЕЦ  
ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ****А. Н. Безин, А. В. Мифтахутдинов, Т. Б. Гумеров**

В работе проведена сравнительная оценка клинико-иммунобиохимического статуса здоровых и больных заболеваниями копытцев коров ООО «Белоносоское» Еткульского района Челябинской области. Для решения поставленной задачи были сформированы две группы клинически здоровых и больных пододерматитами коров по 20 голов в каждой. В результате проведенных исследований было установлено, что в группе больных коров общее содержание белка в сыворотке крови достоверно ниже, чем у здоровых, на 10,5% ( $P < 0,05$ ) главным образом за счет снижения альбуминов на 11,9% ( $P < 0,05$ ) и гаммаглобулинов – на 15,3% ( $P < 0,05$ ). При гнойно-некротических заболеваниях копытцев у коров имеет место снижение уровня глюкозы на 34,7% ( $P < 0,05$ ). На этом фоне начинает преобладать анаэробный процесс окисления (гликолиз), о чем свидетельствует увеличение молочной кислоты в сыворотке крови больных коров. Анаэробный процесс окисления углеводов, катаболический характер белкового обмена приводит к стимуляции липолиза и активации перекисного окисления липидов. На фоне заболеваний копытцев имеет место развитие эндогенной интоксикации организма коров, о чем свидетельствует увеличение содержания СМП, МДА и лактата. Наряду с этим установлен дисбаланс в системе минерального обмена, а именно: снижение содержания кальция на 50,9% ( $P < 0,01$ ), фосфора – на 18,9% ( $P < 0,01$ ), достоверное увеличение содержания меди на 23,0% ( $P < 0,01$ ) и тенденция к повышению цинка на 11,1% ( $P < 0,1$ ) и железа – на 10,0% ( $P < 0,1$ ). Отмечено снижение общего количества лейкоцитов периферической крови за счет снижения базофилов, эозинофилов и сдвиг ядра влево, Т- и В-популяций лимфоцитов на 25,0 и 22,1% соответственно ( $P < 0,05$ ), что свидетельствует о развитии иммунодефицита клеточного звена иммунной системы и необходимости проведения фармакологической коррекции показателей иммунобиохимического статуса больных коров.

*Ключевые слова:* гнойно-некротические заболевания копытцев, иммунодефицитное состояние, нарушение метаболизма, эндогенная интоксикация.

Одним из условий перевода животноводства на промышленную основу является создание крупных комплексов с высокой концентрацией животных на ограниченных площадях [1, 8]. В условиях интенсивного промышленного животноводства на фоне воздействия разнообразных причин у коров широко распространены заболевания дистального отдела конечностей, которые негативно сказываются на состоянии всех систем организма животного [3, 11]. Нередко они приводят к ослаблению воспроизводительной функции, снижению продуктивности животного, повышению восприимчивости к другим заболеваниям [2, 10].

Анализ рационов кормления дойных и сухостойных коров многих хозяйств Челябинской области показал, что обеспеченность животных серой и цинком составляет 50, максимум 60% от потребности. Следует к этому добавить дефицит кобальта, йода и избыток солей ряда тяжелых металлов (кадмий, никель, свинец, мышьяк, селен), что создает определенный фон, способствующий нарушению процесса кератинизации и развитию иммунодефицитного состояния организма животных [4, 9].

В этой связи изучение клинико-иммунобиохимического статуса здоровых и больных заболеваниями копытцев высокопродуктивных



коров с целью разработки эффективных методов лечения представляет определенный научный интерес [6, 7].

**Цель исследований** – изучение состояния показателей клинико-иммунобиохимического статуса здоровых и больных заболеваниями копытцев высокопродуктивных коров.

#### Материалы и методы

Для решения поставленной задачи в ООО «Белонососовское» Еткульского района Челябинской области были сформированы 2 группы коров черно-пестрой породы в возрасте 4–6 лет с годовым удоем 6300 кг молока по 20 голов в каждой: здоровые и больные (1 месяц после отела). В группу больных были подобраны 20 коров по принципу приближенных аналогов, с поражением копытцев в виде пододерматитов, контролем служили 20 здоровых коров.

При этом у всех коров была взята кровь для морфологических и биохимических исследований. Учитывали общий клинический статус, местные признаки болезни, степень хромоты. Характер и глубину патологических процессов уточняли оперативным методом. На основе полученных данных определяли нозологическую форму болезни.

При проведении гематологических, биохимических и иммунобиохимических исследований на всех этапах проводимых экспериментов использовали методики, принятые в ветеринарии и медицине [8]. Содержание лейкоцитов в крови определяли методом подсчета в камере Горяева. Лейкограмму вычисляли при подсчете лейкоцитов в окрашенном мазке крови при иммерсионной системе микроскопа. Определение белковых фракций сыворотки крови проводили методом электрофореза, молочной кислоты – по методу Баркера и Саммерсона, количественное определение пировиноградной кислоты (ПВК) – колориметрическим методом. Содержание средне-молекулярных пептидов (СМП) определяли по методу Н.И. Габриэлян и соавт. (1983). Кальций определяли комплексонометрией с индикатором флуорексоном по Вичеву и Каракашеву, фосфор – колориметрией по Белл-Дойзу. Содержание селена, меди, цинка, железа, марганца, кобальта, свинца, никеля и кадмия – методом атомно-адсорбционной спектроскопии на спектрофотометре фирмы Перкен-Эйлмер (Швеция) (ГОСТы 26929-94; 30178-96). Содержание средне-молекулярных пептидов (СМП) определяли по методу

Н.И. Габриэлян и соавт. (1983). Малоновый диальдегид (МДА) – конечный продукт перекисного окисления липидов (ПОЛ) определяли модифицированным методом Э.Н. Коробейниковой. Для определения глюкозы крови использовали анализатор «Эксан-Г». Церулоплазмин определяли модифицированным С.В. Бестужевой и В.Г. Колб методом Ревина. Количественное содержание отдельных популяций основных иммунокомпетентных клеток-лимфоцитов проводили методом Е-, ЕАС-розеткообразования по А.Н. Чередееву.

При проведении лабораторных иммунологических исследований кровь забирали из яремной вены в утренние часы и доставляли в лабораторию в течение 2 часов после забора. Лабораторные исследования проводили в ветеринарных и медицинских научно-исследовательских лабораториях (г. Троицк и г. Челябинск). Полученные данные сравнивали с нормативными, которыми являлись результаты, представленные И.П. Кондрахиным и соавт. [8].

Статистическая обработка полученных результатов проводилась общепринятым методом вариационной статистики. Достоверную вероятность (Р) находили с учетом числа имеющихся наблюдений по таблице Стьюдента. Нормальность распределения статистических данных определяли методом Шапиро-Уилка. Различия считали статистически достоверными при  $P < 0,05$ .

#### Результаты исследований

Полученные данные по изучению белкового обмена отражены в таблице 1. Установлено, что в группе больных коров общее содержание белка в сыворотке крови достоверно ниже, чем у здоровых, на 10,5% ( $P < 0,05$ ).

При этом снижение уровня общего белка у больных животных происходит за счет снижения альбуминов на 11,9% ( $P < 0,05$ ) и гамма-глобулинов – на 15,3% ( $P < 0,05$ ). Уровень  $\alpha$ - и  $\beta$ -глобулинов в обеих группах коров практически одинаков.

При более детальном изучении белкового обмена было выявлено достоверное увеличение у больных животных содержания средне-молекулярных пептидов (СМП) по сравнению со здоровыми на 42,4% ( $P < 0,01$ ). Известно, что СМП являются маркерами интоксикации организма животных и оказывают токсическое действие на клеточные мембраны. В связи с этим их увеличение служит показателем эндогенной интоксикации.



Следует отметить, что при более высоких показателях СМП в сыворотке крови больных коров наблюдается снижение у них уровня церулоплазмينا на 48,1% ( $P < 0,001$ ) по сравнению со здоровыми. Учитывая, что церулоплазмин обладает антиоксидантными свойствами, можно предположить снижение антиоксидантной защиты организма, что усугубляет интоксикацию организма, а учитывая инфекционную природу заболеваний копытцев у коров, это может привести к генерализации процесса.

Суммируя полученные результаты по динамике отдельных показателей белковых фракций, можно сделать вывод о том, что гнойно-некротические заболевания копытцев у высокопродуктивных коров оказывают негативное влияние на синтез защитных белков, каковыми являются гаммаглобулины.

Показатели углеводного и липидного обмена у здоровых и больных коров представлены в таблице 2, сравнительный анализ которых показал, что при гнойно-некротических заболеваниях копытцев у коров имеет место снижение уровня глюкозы на 34,7% ( $< 0,05$ ).

На этом фоне начинает преобладать анаэробный процесс окисления (гликолиз), о чем

свидетельствует увеличение молочной кислоты в сыворотке крови больных коров по сравнению со здоровыми на 25,6% ( $P < 0,01$ ). Об этом же свидетельствует и повышенный в 2 раза коэффициент лактат/пируват у больных животных.

Кроме того, пониженное (на 33,3%) содержание пировиноградной кислоты (ПВК), одновременно с высоким содержанием молочной кислоты у больных коров, приводит к развитию ацидоза и гипоксии.

Установленный характер изменения концентрации глюкозы, пировиноградной и молочной кислот свидетельствует, что гомеостаз как функциональная система, несмотря на развитие патологии в копытцах продолжает существовать, но переходит на иной уровень активности.

Преимущественно анаэробный процесс окисления углеводов, катаболический характер белкового обмена приводит к стимуляции липолиза и активации перекисного окисления липидов. Как компенсаторная реакция организма у больных животных дефицит энергетического обмена покрывается за счет липидов, поэтому их уровень в крови больных выше, чем у здоровых на 45,9% ( $< 0,01$ ).

Таблица 1 – Показатели белкового обмена у здоровых и больных коров ( $\bar{X} \pm Sx$ ;  $n = 20$ )

Показатели	Здоровые коровы	Больные коровы
Общий белок, г/л	81,90±2,10	73,30±2,73*
Альбумины, г/л	41,34±1,56	36,39±1,44*
α-глобулины, г/л	8,99±0,32	9,27±0,88
β-глобулины, г/л	11,40±1,06	10,03±0,85
γ-глобулины, г/л	42,82±1,45	36,28±1,32*
СМП, мг/мл	0,34±0,03	0,59±0,02*
Церулоплазмин, мкмоль/л	0,54±0,03	0,28±0,02*

Примечание: \* $P < 0,05$ .

Таблица 2 – Показатели углеводного и липидного обмена у здоровых и больных коров ( $\bar{X} \pm Sx$ ;  $n = 20$ )

Показатели	Здоровые коровы	Больные коровы
Глюкоза, мкмоль/л	2,36±0,24	1,54±0,18*
ПВК, мкмоль/л	0,18±0,03	0,12±0,02*
Лактат, мкмоль/л	1,22±0,06	1,64±0,07*
Коэффициент лактат/ПВК	6,77±0,21	13,66±1,12*
Общие липиды, г/л	3,21±0,04	4,45±0,06*
МДА, нмоль/л	2,26±0,09	4,18±0,12*

Примечание: \* $P < 0,05$ .

Закономерным, на наш взгляд, является повышение на этом фоне содержания малонового диальдегида (МДА) – конечного продукта перекисного окисления липидов – в сыворотке крови больных коров на 44,3% ( $P < 0,001$ ) по сравнению со здоровыми.

Наряду с отмеченными установлен дисбаланс в системе минерального обмена, показатели которого отражены в таблице 3.

При этом отмечено снижение содержания кальция на 50,9% ( $P < 0,01$ ), фосфора – на 18,9% ( $P < 0,01$ ), достоверное увеличение содержания меди на 23,0% ( $P < 0,01$ ) и тенденция к повышению цинка на 11,1% ( $P < 0,1$ ) и железа – на 10,0% ( $P < 0,1$ ). Уровень магния, кобальта и марганца в группах больных и здоровых коров практически не отличается.

Таким образом, суммируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что на фоне заболеваний копыт инфекционной природы имеет место развитие эндогенной интоксикации организма коров. Об этом свидетельствует увеличение содержания СМП, МДА и лактата, что является результатом нарушения метаболизма: углеводного, сопряженного с ним липидного, а вследствие этого белкового обмена и минерального.

Результаты исследований иммунологических показателей больных и здоровых животных представлены в таблице 4.

Общее количество лейкоцитов периферической крови в группе больных коров ниже по сравнению со здоровыми на 42,7% ( $P < 0,01$ ). При анализе лейкоформулы отмечено снижение

Таблица 3 – Показатели минерального обмена у здоровых и больных коров ( $\bar{X} \pm Sx$ ;  $n = 20$ )

Показатели	Здоровые коровы	Больные коровы
Ca, ммоль/л	3,14±0,99	1,54±0,43*
Mg, ммоль/л	0,65±0,10	0,67±0,08
P, ммоль/л	3,01±0,32	2,44±0,24*
Fe, мкмоль/л	17,46±1,76	19,40±1,54
Cu, мг/кг	0,63±0,12	0,94±0,04*
Zn, мг/кг	2,64±0,23	2,97±0,19
Co, мг/кг	0,03±0,001	0,03±0,001
Mn, мг/кг	0,02±0,001	0,018±0,001

Примечание: \* $P < 0,05$ .

Таблица 4 – Показатели клеточного звена иммунной системы у больных и здоровых коров ( $\bar{X} \pm Sx$ ;  $n = 10$ )

Показатели	Здоровые коровы	Больные коровы
Лейкоциты, $\times 10^9$ /л	6,84±0,24	4,60±0,14*
Базофилы, %	1,36±0,22	0,50±0,004*
Эозинофилы, %	2,78±0,15	1,32±0,09*
% нейтрофилов	34,43±1,56	34,76±1,32
Юные, %	1,45±0,06	3,27±0,08*
Палочкоядерные, %	6,86±0,23	6,19±0,28
Сегментоядерные, %	26,12±1,14	25,30±1,12
% лимфоцитов	58,74±2,33	61,03±2,44
% моноцитов	2,69±0,06	2,39±0,08
% Т-лимфоцитов	31,42±2,14	23,56±1,34*
% В-лимфоцитов	18,46±1,38	14,38±1,54*
% О-лимфоцитов	35,84±2,48	46,58±2,76*

Примечание: \* $P < 0,05$ .



у больных коров базофилов на 73,2% ( $P < 0,01$ ), эозинофилов – на 52,5% ( $P < 0,01$ ).

Число нейтрофилов в обеих группах животных находилось на одном уровне, однако следует отметить увеличение у больных коров процента юных нейтрофилов по сравнению со здоровыми на 55,6% ( $P < 0,01$ ), так называемый сдвиг ядра влево, что указывает на иммунодефицитное состояние.

Уровень лимфоцитов у больных и здоровых достоверно не отличался и был в пределах 58,74–61,03%.

Незначительное превышение числа лимфоцитов у больных коров идет за счет увеличения О-лимфоцитов на 23,06% ( $P < 0,01$ ), которые являются молодыми незрелыми клетками.

Количественная оценка отдельных популяций лимфоцитов периферической крови коров показала статистически достоверное снижение содержания Т- и В-популяций лимфоцитов у больных животных на 25,02% ( $P < 0,01$ ) и 22,11% ( $P < 0,05$ ) по сравнению со здоровыми.

Снижение Т- и В-популяций лимфоцитов и увеличение числа О-популяции лимфоцитов может рассматриваться как рост молодых, недифференцированных иммунокомпетентных клеток – «сдвиг влево» для лимфоцитов.

Таким образом, анализ количественных характеристик иммунокомпетентных клеток свидетельствует о том, что у больных коров заболевания копытцев развиваются на фоне иммунодефицита клеточного звена иммунной системы.

### Выводы

1. У больных пододерматитами высокопродуктивных коров выявлены следующие биохимические сдвиги: снижение уровня общего белка на 10,5%, альбуминов на 11,9% ( $P < 0,05$ ) и гаммаглобулинов – на 15,2% ( $P < 0,05$ ); снижение уровня церулоплазмينا на 48,1% ( $P < 0,001$ ) на фоне преобладания анаэробного процесса окисления (гликолиз), о чем свидетельствует увеличение молочной кислоты в сыворотке крови больных коров и пониженное содержание пировиноградной кислоты.

2. Дефицит энергетического обмена покрывается за счет липидов, а повышение МДА на 44,3% и СМП – на 42,3% ( $P < 0,001$ ) по сравнению со здоровыми указывает на развитие эндогенной интоксикации организма у больных коров.

3. В организме больных коров установлен дисбаланс в системе минерального обмена, а именно: снижение содержания кальция на

50,9% ( $P < 0,01$ ), фосфора – на 18,9% ( $P < 0,01$ ), достоверное увеличение содержания меди на 23,0% ( $P < 0,01$ ) и тенденция к повышению цинка на 11,1% ( $P < 0,1$ ) и железа – на 10,0% ( $P < 0,1$ ).

4. Развитие патологии в копытцах у коров происходит на фоне иммунодефицита клеточного звена иммунной системы: отмечено снижение общего количества лейкоцитов периферической крови на 42,7% ( $P < 0,01$ ), Т- и В-популяций лимфоцитов на 25,0 и 22,1% соответственно ( $P < 0,05$ ), что требует проведения комплексной фармакокоррекции нарушенных функций.

### Список литературы

1. Безин А. Н. Лечебно-профилактические мероприятия при заболеваниях копытцев у коров голштино-фризской породы. Троицк, 2010. 140 с.
2. Безин А. Н., Циулина Е. П., Идрисова Р. Р. Опыт оперативного лечения остеоартрита копытцевого сустава у коров // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. Заслуженного деятеля науки РСФСР, д-ра ветеринар. наук, проф. А. А. Кабыша : сб. науч. тр. Троицк : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2017. С. 42–49.
3. Клиническая хирургия в ветеринарной практике / Э. И. Веремей [и др.]. Минск : ИВЦ Минфина, 2010. 598 с.
4. Гимранов В. В. Клиническая характеристика гнойно-некротических поражений в области пальцев у крупного рогатого скота // Вестник БУАУ. 2006. № 7. С. 19–22.
5. Клиническая лабораторная диагностика в ветеринарии : справ. издание / И. П. Кондрахин [и др.]. М. : Агропромиздат, 1985. 287 с.
6. Руколь В. М. Применение хелатных препаратов при лечении коров с болезнями в области пальца // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2010. № 3. С. 56–60.
7. Стекольников А. А., Семенов Б. С., Веремей Э. И. О технологических условиях обслуживания молочных комплексов // Междунар. вестник ветеринарии. 2009. № 4. С. 8–9.
8. Döpfer, D. Dermatitis digitalis: Klauenkrankheit mit vielen Gesichtern / D. Döpfer // Milchpur das Magazin des Milchprüfungs Bayern E.V. – 2012. – V. 3. – S. 12-17.
9. O'Connell, N.E. Practical solutions to Digital Dermatitis Problems / N.E. O'Connell // Proceedings of the Cattle lameness Conference, Worcester, UK. – 2014. – № 49. – Q. 53.

10. Van Geest, J. Hoof problems - the hidden enemy of your yields / J. Van Geest // International Dairy Topics. – 2017. - V.8. - №1. – С.15-17.

11. Zieger, P. Panaritium im Rindersrall Prophylaxe und Therapie / P. Zieger // Tierarztl. Umsch. - 2002. - Jg. 57. - N 8. - S. 449 – 450.

---

**Безин Александр Николаевич**, д-р ветеринар. наук, профессор кафедры незаразных болезней, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: bezin74@mail.ru.

**Мифтахутдинов Алевтин Викторович**, д-р биол. наук, заведующий кафедрой морфологии, физиологии и фармакологии, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: nirugavm@mail.ru.

**Гумеров Тенгиз Булатович**, аспирант кафедры незаразных болезней, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: gumerov.tengiz@mail.ru.

\* \* \*



УДК 636.087.7:636.085.19

## ТОКСИЧНОСТЬ НАБИКАТА

### З. П. Мухамедьярова

Набикат – кормовая добавка, которая используется в животноводстве как ростостимулирующий, повышающий мясную продуктивность препарат. В серии опытов была проведено уточнение экономически выгодной действующей дозы Набиката на лабораторных животных. Для этого были определены острая, хроническая токсичность, пороговая и оптимально действующая доза Набиката. Изученные параметры токсичности позволили отнести Набикат к малотоксичным препаратам.

*Ключевые слова:* кормовая добавка Набикат, острая и хроническая токсичность, пороговая доза, максимально действующая доза.

Набикат, изготовленный по ТУ 9296-001-60284021-2010, является новой комплексной смесью, со свойствами катализатора биологических превращений. Это продукт синтеза кремниевых соединений, рисовой шелухи и зеленого чая. Он представляет собой слабо сыпучий порошок темно-серого цвета со слабым специфическим запахом [1]. Изучением применения Набиката в свиноводстве занимались: А. К. Бочкарев, А. С. Мижевикина, И. А. Лыкасова [2, 3, 4]. Набикат как кормовая добавка, содержащая комплекс микроэлементов, и особенно хелатированный кремний, был рекомендован как стимулятор роста и развития в свино-

водстве. Был проведен ряд опытов по определению эффективности Набиката в птицеводстве на индюках, но наиболее оптимальная, а главное экономически приемлемая доза для мясной птицы определена не была. [5]. Набикат – комплексный препарат, содержащий органические компоненты в сбалансированных количествах. При разработке новых комбинаций кормовых добавок надо учитывать то обстоятельство, что сочетание двух или более известных и изученных препаратов является новым лекарственным средством. Отсюда неременное условие – у каждого нового комбинированного препарата перед апробацией на эффективность

должны быть изучены его токсические свойства [6]. До применения животным и птице препарата следует рассчитать его наиболее эффективную дозу. Доза препаратов зависит от ряда факторов: условий кормления и содержания животных, состава кормов, состава подстилок, загрязненности кормов и помещений ксенобиотиками. Наиболее эффективную дозу определяют в долях от пороговой дозы, и она должна составлять 1/20–50 от пороговой [7].

**Целью настоящего исследования** являлось изучение токсических свойств кормовой добавки Набикат, определение эффективной действующей дозы.

### Материал и методы

Оценку острой токсичности осуществляли согласно «Методическим указаниям по определению токсических свойств препаратов, применяемых в ветеринарии и животноводстве, утвержденным Минздравом и Главным управлением ветеринарии», 1991 г. [8]. Опыт проводили на крысах в 2 этапа. В предварительном этапе острую токсичность определяли по Миллеру и Тейнтнеру [9]. Перед началом эксперимента крыс выдержали на карантине 14 суток. Лабораторные животные содержались группами в клетках при свободном доступе к корму и воде. Для оценки токсичности препарата были сформированы 3 опытные группы по 3 крысы в каждой. Животным однократно при помощи зонда утром в пустой желудок вводили Набикат в дозе: 100, 1000 и 5000 мг на 1 кг м. т. Учитывая, что Набикат – порошок, перед введением его смешивали с водой, но Набикат в воде не растворяется, поэтому вводили взвесь. Контрольным крысам вводили аналогичный объем воды. Наблюдение за крысами осуществляли в течение 2 недель после введения испытуемого препарата, при этом обращали внимание на внешний вид, состояние шерстного покрова, слизистых оболочек, ритм и частоту дыхания, признаки интоксикации, ее тяжесть, сроки гибели, аппетит, общее состояние и поведение.

На втором этапе определения острой токсичности были сформировано 2 группы по 10 крыс. В опытной группе крысам препарат вводили несколькими порциями при помощи зонда в пустой желудок. Вводился препарат в дозировке 2000–10 000 мг/кг м. т. с равными промежутками между дозами. С учетом необходимости растворять препарат объем его возрастал, и доза не могла быть введена перорально одноразово, поэтому ее вводили дробно

в 2–3 приема в течение 1–1,5 часа. Контрольной группе вводили в желудок аналогичный объем дистиллированной воды. За животными вели наблюдение в течение 14 дней.

Максимально эффективную дозу препарата определяется расчетным путем, и она составила 1/50 от пороговой.

Для определения хронической токсичности Набикат в максимально эффективной дозе вводили в желудок крысам ежедневно на протяжении трех недель, контрольным животным вводилось соответствующее количество дистиллированной воды. Ежедневно измерялся вес каждой крысы и количество потребляемой воды на группу. По окончании опыта животные были убиты и подвергнуты вскрытию.

### Результаты исследований

При определении острой токсичности после введения препарата в дозах 100, 1000, 5000 мг/кг м. т. не были отмечены признаки отравления. Изменений поведения, аппетита, жажды не было. В окончательный этап исследования токсичности были взяты дозы, пропорциональные изученным – меньше и больше 5000 мг/кг м. т. – минимальная 2000 максимальная – 10 000 и дозы между минимальной и максимальной с равными промежутками между ними: 4000, 6000, 8000, 10000 мг/кг м. т. При использовании доз препарата 2000–8000 мг/кг м. т. изменений поведения, аппетита, активности не наблюдали. После введения препарата в дозе 10 000 мг/кг м. т. все животные оставались живы, но были в состоянии оцепенения, был снижен аппетит, наблюдалась жажда. Подобная картина сохранялась сутки. Опыт позволил определить пороговую дозу. Минимальная доза, которая вызывает изменения поведения животных, отношение к корму и воде считается пороговой. В нашем эксперименте пороговой была доза 10 000 мг/кг м. т. Объем жидкости, который вводили при дозе 10 000 мг/м. т., составил 6 мл, поэтому дальнейшее увеличение дозы, ввиду ограниченности объема желудка крыс, в дальнейшем не имело смысла.

За время наблюдения падежа изменений клинического статуса у крыс не было. Крысы были убиты на 14-й день после введения препарата. Видимых изменений внутренних органов отмечено не было.

Таким образом, ведение препарата в дозах от 2000 до 8000 мг/кг не вызывал изменений поведения, аппетита животных. Падежа крыс во время эксперимента не наблюдалось. Из-за



низкой токсичности значение среднесмертельной дозы рассчитать не представилось возможным. Пороговой дозой можно условно считать 10 000 мг/кг м. т.

При определении максимально эффективной дозы была взята 1/50 пороговой дозы – 200 мг/кг м. т. Апробацию максимально действующей дозы проводили в хроническом эксперименте на протяжении 3 недель. В течение опыта крысы как контрольных, так и опытных групп уверенно набирали вес, не наблюдалось изменений общего состояния или гибели крыс, не изменялся аппетит. Животные были убиты на 10-й день после начала введения препарата. При вскрытии животных видимых изменений внутренних органов и тканей не обнаружено.

### Вывод

Полученные данные позволили отнести Набикат к малотоксичным препаратам. Дозу Набиката 10 000 мг/кг м. т. следует считать пороговой, а 1/50 от пороговой – 200 мг/кг м. т. – максимально действующей. В хроническом эксперименте процессов кумуляции препарата или эффекта не было установлено.

### Рекомендации

Набикат малотоксичен, поэтому рекомендуем его применять в качестве кормовой добавки в птицеводстве в дозе 200 мг/кг. Если пересчитать на тонну корма, учесть массу тела птиц и объем съедаемого корма, то доза на тонну корма составит 2 кг.

### Список литературы

1. Подобед Л. И. Влияние кремния на организм птиц // Сучасне птахівництво. 2014. № 7. С. 11–14.
2. Мижевикина А. С., Лыкасова И. А. Мясная продуктивность свиней при применении

в рационах кремнийсодержащей смеси // Успехи современной науки и образования. 2016. Т. 1. № 4. С. 20–25.

3. Бочкарев А. К. Эффективность применения кормовой добавки «Набикат» в кормлении супоросных свиноматок // Сельскохозяйственные науки. 2017. № 11. С. 107–110.

4. Бочкарев А. К. Влияние скармливания минеральной кормовой добавки сорбционного действия на обмен веществ в организме свиней // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. Оренбург, 2017. С. 139–161.

5. Мижевикина А. С., Лыкасова И. А., Полубояров Д. В. Исследование измерений в кишечнике цыплят при применении Синбилайта и Набиката // Птица и птицеводство. 2017. № 4. С. 56–59.

6. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ : метод. реком. по изуч. общетоксического действия лекарственных средств. М. : Гриф и К, 2012. Ч. 1 : Изучение острой токсичности. С. 15–17.

7. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств : метод. указ. по изуч. общетоксического действия фармакологических веществ. М. : Медицина, 2005. С. 41–47.

8. Методические указания по определению токсических свойств препаратов, применяемых в ветеринарии и животноводстве, утвержденные Минздравом и ГУВ. 1991.

9. Miller L.S., Tainter V.L. Estimation of the LD<sup>50</sup> and its error by means of logarithmic – probit graph paper // proc.Soc.Exper.Biol. and med. 1944. Vol. 57.2. P. 261–264.

---

**Мухамедьярова Зульфия Петровна**, преподаватель, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.  
E-mail: zulfiya-makarova@mail.ru.

\* \* \*

## AGRICULTURAL SCIENCES

### The role of intermediate crops, polycrops and green manure to increasing of soil fertility of the Southern Urals

V. S. Zybalov

The current state of agroecosystems and their main element – soils, does not correspond to the sustainable development of agriculture in the Southern Urals. On a large territory there are processes of soil erosion, degradation of their physical complex, an imbalance of elements of mineral nutrition and organic matter. Soils on a large area are contaminated with industrial waste, radionuclides, ecological balance is disturbed in agroecosystems. This led to a high dependence of crop yields on weather conditions. Here from there are the high energy consumption and low competitiveness of our agriculture at the economy. Chemical-technogenic intensification, which was made the main bet on the development of agriculture in Russia, was not justified in the last century. As a result of the non-adaptive approach to the use of agricultural resources, a high load on the environment, there was a disorder of man and nature. Economic instruments in the agriculture of the Southern Urals will not work as long as the soil will not be listed in the ecological condition. The article discusses the current state of soil fertility of the Chelyabinsk region, discusses the possibility of soil fertility management with extensive use of intermediate crops, polycrops and green manure, proposed on the basic principles of Agroecology: adaptive approach, ecological imperative and sesting (self-restoration of soil fertility). The author represents experimental data on the influence of intermediate crops, polycrops and green manure on the main soil indicators, the ability to reduce anthropogenic energy and more sustainable development of agriculture in the Southern Urals.

*Keywords:* soil degradation, soil fertility, polycrops, intermediate crops, green manure.

#### References

1. Medvedeva O. E. Problemy` ustojchivogo zemlepol`zovaniya v Rossii. M. : Institut ustojchivogo razvitiya, 2009. S. 101.
2. Vliyanie prirodny`x i texnogenny`x faktorov na gumusnoe sodержanie chernozemny`x pochv Yuzhnogo Urala i problemy` regulirovaniya pochv i sovershenstvovanie sistem udobrenij v sovremennom zemledelie / Yu. D. Kushnirenko [i dr.]. Miass, 1997. S. 31–43.
3. Mirkin B. M., Xaziev F. X., Xaziaxmetov R. M. E`kologicheskij imperativ sel`skogo xozyajstva Respubliki Bashkortostan. Ufa : Gilem, 1999. S. 165.
4. Zy`balov V. S., Kozachenko A. P. Vozmozhnosti e`kologicheski orientirovannogo upravleniya vosproizvodstvom pochvennogo plodorodiya v Chelyabinskoj oblasti // Mezhdunarodny`j s/x zhurnal. 2002. № 1. S. 35–40.
5. Zy`balov V. S., Denisov Yu. N. Agroe`kologicheskaya ocenka povy`sheniya plodorodiya pochv Chelyabinskoj oblasti // Materialy` Mezhdunar. nauch.-texn. konf. «Dostizhenie nauki – agropromy`shlennomu proizvodstvu». Chelyabinsk : ChGAA, 2015. Ch. 2. S. 218–228.
6. Brown L. R. The Agricultural Link. How Environmental Deterioration Could Disrupt Economic Progress // Worldwatch paper, 136. August, 1997. 77 pp.
7. Upravlenie plodorodiem pochv Chelyabinskoj oblasti : monografiya / V. S. Zy`balov [i dr.]. Chelyabinsk : YuUrGAU, 2018. 191s.
8. Denisov Yu. N. Ocenka sostoyaniya plodorodiya pochv Chelyabinskoj oblasti // Agroximicheskij vestnik. 2015. № 2. S. 2–5.
9. Zy`balov V. S. Vliyanie sidental`ny`x kul`tur na povy`shenie plodorodiya chernozemov Yuzhnogo Urala // Materialy` Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii. Ekaterinburg : UrGAU, 2018. S. 253–259.

**Zybalov Vladimir Stepanovich**, doctor of agricultural Sciences, Professor, Department of Tractors, agricultural machinery and agriculture, FSBEI HE South Ural state agrarian university.

E-mail: zybalov74@mail.ru.



## Corn productivity in the forest-steppe of the Trans-Urals as a function of early maturity of hybrids

A.E. Panfilov, N.I. Kazakova

The aim of the research is the experimental substantiation of the choice of adapted maize hybrids for the Northern zone of maize sowing through the study of the dependence of the main economically useful features on the duration of the growing season. In the course of research the feedback of grain yield was established from the FAO numbers characterizing the precocity of hybrids caused by the mass depression of 1000 grains of relatively late-ripening forms under the influence of heat deficiency. The expansion of the precocity range in favor of more adapted ultra-early forms leads to the weakening of this connection with the strong to the average, which allows to identify the optimal boundaries of the precocity of hybrids for grain use. The Association of FAO numbers with dry mass yield also depends on the range of early maturity of hybrids. With the shift of this range in the direction from early maturing to ultra-early hybrids, it is transformed from the reverse into a straight line. The qualitative parameters of the crop (grain moisture, dry matter content in the green mass, the concentration of exchange energy in the dry matter) are in close feedback with the duration of the growing season, regardless of the studied interval of the early maturity of hybrids. The results of long-term studies allow us to conclude that the priority feature in the selection of maize for the Northern regions for both silage and grain use is precocity, and for stable production it is necessary to deepen the work with the groups of FAO 100-120 (early hybrids) and 130-150 (ultra-early). Only on this genetic basis can be fully realized in the phenotype of other economically useful features (productive potential, quality parameters, the ability to rapid moisture loss of grain, etc.). In this direction, breeding centers of the Russian Federation have a serious priority over European and American companies, which provides them with the most successful competition in the market primarily in the Northern zone of corn.

*Keywords:* Trans-Urals, corn, hybrids, precocity, yield, grain moisture, dry matter content in green mass, concentration of exchange energy in dry matter.

### References

1. Cikov V. S., Matyuxa L. A. Intensivnaya texnologiya vozdeleyvaniya kukuruzy. M. : Agropromizdat, 1989. 247 s.
2. Kukuruza v Sibiri / N. I. Kashevarov, V. S. Il'in, N. N. Kashevarova, I. V. Il'in. Novosibirsk : SO RASXN, 2004. 400 s.
3. Eremin D. I., Demin E. A. Agroe'kologicheskoe obosnovanie vy'rashhivaniya kukuruzy' na zerno v usloviyax lesostepnoj zony' Zaural'ya // Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya. 2016. № 1 (32). S. 6–11.
4. Orlyanskij N. A., Orlyanskaya N. A. Selekcija ul'tranniespely'x gibridov kukuruzy' zernovogo tipa // Kukuruza i sorgo. 2001. № 5. S. 7.
5. Suprunov A. I. Selekcija ul'tranniespely'x gibridov kukuruzy' v Krasnodarskom krae // Kukuruza i sorgo. 2009. № 1. S. 8–11.
6. Orlyanskij N. A., Orlyanskaya N. A., Zubko D. G. E'ffektivnost' vozdeleyvaniya gibridov kukuruzy' razlichny'x grupp spelosti v usloviyax Central'nogo Chernozem'ya // Kukuruza i sorgo. 2008. № 1. S. 20–22.
7. Skalozubov N. L. Opy'ty' severnoj kul'tury' kukuruzy' // Zemledel'cheskaya gazeta. 1915. № 2–3.
8. Shmaraev G. E. Genofond i selekcija kukuruzy'. SPb. : VIR, 1999. 390 s.
9. Suprunov A. I., Chuprina M. A. Periodicheskij otbor v populyacijax kukuruzy'. Krasnodar : OOO «E'dvi», 2010. 158 s.
10. Mustyaczka S. I., Mistrecz S. I., Shimanskij L. P. Sozdanie linij kukuruzy' s obshej rodoslovnoj v usloviyax Moldovy' i Belarusi // Kukuruza i sorgo. 1998. № 6. S. 9–12.
11. Skalozubov N. L. Opy'ty' severnoj kul'tury' kukuruzy' // Zemledel'cheskaya gazeta. 1915. № 2–3.
12. Kuznecov P. I., Popova A. P. Kukuruza v Zaural'e // Sbornik nauchny'x rabot, posvyashh. 50-letiyu opy'tnicheskoj raboty' v sel'skom xozyajstve Zaural'ya. Kurgan, 1966. Vy'p. 1. S. 69–87.



13. Sikorskij I. A. Nauchno-proizvodstvennaya sistema «Kukuruza»: Kurganskij variant. M. : Agropromizdat, 1988. 77 s.
14. Panfilov A. E. Kul'tura kukuruzy` v Zaural'e : monografiya. Chelyabinsk : ChGAU, 2004. 356 s.
15. Eremin D. I., Demin E. A. Nauchno-obosnovannyj podxod k sisteme udobrenij – zalog polucheniya zerna kukuruzy` v lesostepnoj zone Zaural'ya (analiticheskij obzor) // Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya. 2016. № 3 (34). S. 7–14.
16. Gur'ev B. P., Gur'eva I. A. Selekcija kukuruzy` na skorospelost`. M. : Ag-ropromizdat, 1988. 173 s.
17. Ignat'ev A. S. Ocenka novogo isxodnogo materiala pri sozdanii srednerannix i srednespelyx gibridov kukuruzy` s intensivny`m vy`sy`xaniem zerna : avtoref. dis. ... kand. s.-x. nauk. Zernograd, 2011. 22 s.
18. Orlyanskij N. A. Problemy` i perspektivy` vozdel'vaniya i selekcii zernovoj kukuruzy` v Central'nom Chernozem'e // Selekcija, semenovodstvo, texnologiya vozdel'vaniya kukuruzy`. Pyatigorsk, 2009. S. 23–27.
19. Xoroshilov S. A., Voronin A. N., Zhurba G. M. Vy`delenie genotipov dlya sozdaniya gibridov kukuruzy` s ponizhennoj vlazhnost`yu zerna k uborke // Selekcija, semenovodstvo, texnologiya vozdel'vaniya kukuruzy`. Pyatigorsk, 2009. S. 111–117.
20. Orlyanskij N. A. Problemy` i perspektivy` vozdel'vaniya i selekcii zernovoj kukuruzy` v Central'nom Chernozem'e // Kukuruza i sorgo. 2007. № 6. S. 2–3.
21. Orlyanskij N. A. Selekcija kukuruzy` na ponizhennuyu uborochnuyu vlazhnost` zerna dlya Central'no-Chernozemnoj zony` // Kukuruza i sorgo. 2004. № 3. S. 10–13.
22. Ivanova E. S., Zamyatin A. D. Osobennosti vlagootdachi pri sozrevanii zerna kukuruzy` v usloviyax Zaural'ya // APK Rossii. 2016. T. 23. № 3. S. 659–663.

**Panfilov Alexey Eduardovich**, doctor of agricultural Sciences, chief researcher, Institute of Agroecology – branch of FSBEI in South Ural state UNIVERSITY.

E-mail: al\_panfilov@mail.ru.

**Kazakova Natalia Ivanovna**, cand. agricultural Sciences, associate Professor of the department of ecology, agrochemistry and plant protection, Institute of Agroecology-branch of the FSBEI HE South Ural state agrarian university.

E-mail: kni1711@yandex.ru.

## TECHNICAL SCIENCES

### **A study of the relationship of a crankshaft speed of the petrol engine with the technical condition of the injectors, catalytic agent and spark plugs of the ignition system**

**A. V. Gritsenko, K. V. Glemba, G. N. Salimonenko, M. V. Nazarov, L. A. Shefer**

Change of technical state in operation systems such as power supply system, ignition system, cylinder-piston group, the system inlet and outlet leads to the deterioration of the combustion process, the growth of the toxic components and as a consequence to accelerate the establishment of a resource of the catalyst. The least reliable systems of modern cars are: ignition system, power system and exhaust system. The total percentage of failures of these systems is 20-70% depending on the car model. Accordingly, the failure of the catalyst will lead to a mismatch of the environmental class of the car, the subsequent replacement of which will not change the situation. To address the root causes of the failure of the catalyst would need replacement of some elements of the systems. In this regard the development of ways to control the dynamics of toxic components of CO, CH, CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> in the exhaust gases during operation is relevant. For carrying out experimental researches the device of the engine loader was developed. Experimental studies were conducted on the basis of the car VAZ 21083. In addition, the pilot plant provides special devices for the sampling of exhaust gases. When carrying out statistical processing data revealed a high degree of connection resistance of the catalyst, throughput, atomizer with a rotational speed of a crank-



shaft of the internal combustion engine (reliability was 0,88). The relationship of the resistance value of the catalyst with the rotational speed of a crankshaft of the internal combustion engine (reliability made 0,839), so the resistance of the catalyst is 34 mm, and the average rotational speed of a crankshaft of the internal combustion engine is  $3000 \text{ min}^{-1}$ , whereas the resistance of 10 mm (increased several times) is already less than  $1800 \text{ min}^{-1}$ . The carried out complex of researches has shown high efficiency of control of technical condition of CPG, system of fuel supply, system of ignition and other systems by control of parameters of toxicity of exhaust gases. With a high selectivity of the impact of the load on the individual cylinders and with its significant variation, it is possible to prevent the failure of the catalyst, including due to the adaptability of the actuators to the change in the technical condition of individual components.

*Keywords:* diagnostics, engine, catalytic converter, speed, toxicity, exhaust gases.

### References

1. Starcev A. V., Chepurov D. V. Snizhenie toksichnosti otrabotanny`x gazov DVS // Vestnik ChGAU. 1994. T. 8.
2. Starcev A. V., Romanov S. V. Povy`shenie toplivnoj e`konomichnosti sel`skoxozyajstvenny`x agregatov na baze traktorov MTZ-80/82 putem primeneniya vodnoj inzhekcii // Agroproduvol`stvennaya politika Rossii. 2015. № 1 (37). S. 16–19.
3. E`konomicheskaya ocenka e`fektivnosti ispol`zovaniya vodnoj i vodospirtovoj inzhekcii v dizel`ny`x dvigatelyax / A. V. Starcev, O. N. Vagina, S. V. Romanov, D. V. Vagin // APK Rossii. 2015. T. 74. S. 183–191.
4. Zy`ryanov A. P., Shepelyov V. D. Ocenka e`kspluatacionny`x pokazatelej gruzovogo transporta v Rossijskoj Federacii // E`kologiya i nauchno-texnicheskij progress. Urbanistika. 2014. № 1. S. 292–297.
5. Regulirovanie dizelya metodom otklyucheniya-vklyucheniya cilindrov ili ciklov / N. N. Patral`cev, S. V. Strashnov, B. A. Kornev, I. S. Mel`nik // Dvigatellestroenie. 2011. № 3. S. 7–12.
6. Ximchenko A. V., Mishin D. G., Buzov A. V. Snizhenie neravnomernosti krutyashhego momenta dvigatelya s otklyucheniem cilindrov na rezhimax chastichnogo nagruzheniya // Dvigateli vnutrennego sgoraniya. 2013. № 1. S. 46–51.
7. Otklyuchenie cilindrov kak sposob uluchsheniya toplivnoj e`konomichnosti benzinovy`x dvigatelej / V. A. Markov, S. N. Devyanin, E`. A. Savastenko, A. A. Savastenko // Avtomobil`naya promy`shlennost`. 2014. № 1. S. 5–8.
8. Zhuravlev S. S., Zubarev K. V. Aprobaciya sposoba upravleniya moshhnosti DVS otklyucheniem cilindrov // Texnika i tehnologii stroitel`stva. 2015. № 3 (3). S. 14–20.
9. Ivanov R. V. Diagnostirovanie DVS po parametru moshhnosti mexanicheskix poter` : avtoref. dis. kand. texn. nauk. Volgograd, 2010. 40 s.
10. Leone, T. and Pozar, M., Fuel Economy Benefit of Cylinder Deactivation - Sensitivity to Vehicle Application and Operating Constraints, SAE Technical Paper 2001-01-3591, 2001.
11. Douglas, K., Milovanovic, N., Turner, J., and Blundell, D., Fuel Economy Improvement Using Combined CAI and Cylinder Deactivation (CDA) - An Initial Study, SAE Technical Paper 2005-01-0110, 2005.
12. Abas, M., Zainal Abidin, S., Rajoo, S., Martinez-Botas, R. et al., Evaluation Between Engine Stop/Start and Cylinder Deactivation Technologies Under Southeast Asia Urban Driving Condition, SAE Technical Paper 2017-01-0986, 2017.
13. Abas, M. and Martinez-Botas, R., Engine Operational Benefits with Cylinder Deactivation in Malaysian Urban Driving Conditions, SAE Technical Paper 2015-01-0983, 2015.
14. Vinodh, B., "Technology for Cylinder Deactivation," SAE Technical Paper 2005-01-0077, 2005.
15. Senapati, U., McDevitt, I., and Hankinson, A., "Vehicle Refinement Challenges for a Large Displacement Engine with Cylinder Deactivation Capability," SAE Technical Paper 2011-01-1678, 2011.
16. Flierl, R., Lauer, F., Breuer, M., and Hannibal, W., Cylinder Deactivation with Mechanically Fully Variable Valve Train, SAE Int. J. Engines 5(2):207-215, 2012.
17. Ageev E., Altukhov A., Scherbakov A., Novikov A. Informativeness increasing of internal combustion engines diagnosis due to technical endoscope. Journal of Engineering and Applied Sciences (2017), 12 (4), 1028-1030.
18. Bemman, Y., Frei, T., Jones, C., and Keck, M., Passive Exhaust System With Cylinder Deactivation, SAE Technical Paper 2005-01-2351, 2005.

19. Bech, A., Shayler, P., and McGhee, M., The Effects of Cylinder Deactivation on the Thermal Behaviour and Performance of a Three Cylinder Spark Ignition Engine, *SAE Int. J. Engines* 9(4): 1999-2009.
20. Muhamad Said, M., Abdul Aziz, A., Abdul Latiff, Z., Mahmoudzadeh Andwari, A. et al., Investigation of Cylinder Deactivation (CDA) Strategies on Part Load Conditions, *SAE Technical Paper* 2014-01-2549, 2014.
21. Mohammadpour, M., Rahmani, R., and Rahnejat, H., The Effect of Cylinder De-Activation on Thermo-Friction Characteristics of the Connecting Rod Bearing in the New European Drive Cycle (NEDC), *SAE Technical Paper* 2014-01-2089, 2014.
22. Gritsenko A., Kukov S., Glemba K. Theoretical Underpinning of Diagnosing the Cylinder Group During Motoring. *Procedia Engineering*, vol. 150, 2016, pp. 1182-1187.
23. Gritsenko A., Plaksin A., Glemba K. Experimental Studies of Cylinder Group State During Motoring. *Procedia Engineering*, vol. 150, 2016, pp. 1188-1191.
24. Bakajkin D. D., Kukov S. S., Gricenko A. V. *Texnicheskoe obsluzhivanie e`lementov sistemy` toplivopodachi benzinovogo dvigatelya s e`lektronnoj sistemoy upravleniya // APK Rossii. 2006. T. 47. S. 10–13.*
25. Vertej M. L. Obosnovanie sposoba razgona dvigatelya s prinuditel`ny`m vpry`skom topliva i e`lektricheskim upravleniem toplivopodachej pri provedenii testovogo diagnostirovaniya // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 2 (124). S. 112–116.*
26. Remenczov A. N., Zenchenko V. A., Nguen Min` Tien. Al`ternativny`j podxod k ocenke texnicheskogo sostoyaniya e`lektronny`x sistem upravleniya dvigatelem // *Vestnik MADI (GTU). 2010. № 4 (23). S. 27–30.*
27. Remenczov A. N., Zenchenko V. A., Nguen Min` Tien. Algoritm kontrolya texnicheskogo sostoyaniya e`lektronny`x sistem upravleniya dvigatelem legkovy`x avtomobilej // *Zhurnal ATP. 2011. № 8. S. 43–46.*
28. Eriksson L., Nielsen L. Ionization current interpretation for ignition control in internal combustion engines. *Control Engineering Practice. 1997. T. 5. № 8. S. 1107-1113.*
29. Scattolini R., Siviero C., Mazzucco M., Ricci S., Poggio L., Rossi C. Modeling and identification of an electromechanical internal combustion engine throttle body. *Control Engineering Practice. 1997. T. 5. № 9. S. 1253-1259.*
30. Snedkov B.A., Udalov L.V., Ovodova O.N., Gorokhov Yu.V., Snedkov A.B. Pulse-packet electron injector for the study of rarefied media. *Instruments and Experimental Techniques. 1990. T. 33. № 1 pt 1. S. 25-28.*
31. Razrabotka metodov testovogo diagnostirovaniya rabotosposobnosti sistem toplivopodachi i smazki dvigatelej vnutrennego sgoraniya / A. M. Plaksin, A. V. Gricenko, K. I. Lukomskij, V. V. Voly`nkin // *Agrarny`j vestnik Urala. 2014. № 7 (125). S. 53–58.*
32. Gricenko A. V., Kukov S. S., Bakajkin D. D. Teoreticheskoe issledovanie raboty` e`lektromagnitnoj forsunki i ee vliyanie na process toplivopodachi // *Vestnik FGOU VPO MGAU im. V. P. Goryachkina. 2012. № 3 (54). S. 40–41.*
33. Gricenko A. V., Kukov S. S., Bakajkin D. D. Rezul`taty` e`ksperimental`ny`x issledovanij propusknoj sposobnosti e`lektromagnitny`x forsunok benzinovy`x dvigatelej vnutrennego sgoraniya // *Vestnik FGOU VPO MGAU im. V. P. Goryachkina. 2012. № 5 (56). S. 40–42.*
34. Gricenko A. V., Cyganov K. A. Diagnostirovanie e`lektricheskix benzonasosov avtomobilej // *Mexanizaciya i e`lektrifikaciya sel`skogo xozyajstva. 2013. № 4. S. 22–23.*
35. Gricenko A. V. Metod diagnostirovaniya sistem DVS po testovomu kontrolyu pravil`nosti funkcionirovaniya sistem // *E`konomika i proizvodstvo : sb. nauch. trudov / pod red. V. V. Erofeeva. Chelyabinsk : ChRO RAEN, 2012. S. 113–121.*
36. Diagnostirovanie sistemy` vy`puska dvigatelej vnutrennego sgoraniya putem kontrolya soprotivleniya vy`pusknogo trakta / A. M. Plaksin [i dr.] // *Fundamental`ny`e issledovaniya. 2014. № 8–2. S. 322–326.*
37. Gricenko A. V., Glemba K. V., Kukov S. S. Metodicheskie priemy` povy`sheniya tochnosti diagnostirovaniya podshipnikov kolenchatogo vala // *APK Rossii. 2010. T. 57. S. 51–56.*
38. Dmitrievskij A. V., Shatrov E. V. *Toplivnaya e`konomichnost` benzinovy`x dvigatelej. M. : Mashinostroenie, 1985. 208 s.*



39. Erosov V. I. Sistemy` vpry`ska benzinovy`x dvigatelej. Konstrukciya, raschet, diagnostika : uchebnik dlya vuzov. M. : Goryachaya liniya-Telekom, 2011. 553 s.
40. Kul`chiczkiy A. R. Toksichnost` avtomobil`ny`x i traktorny`x dvigatelej : ucheb. posob. dlya vy`ssh. shk. 2-e izd., ispr. i dop. M. : Akadem. proekt, 2004. 400 s.
41. Ivanov A. S., Lyandenburskiy V. V., Ry`bakova L. A. Programma texnicheskogo obsluzhivaniya i tekushhego remonta na osnove vstroennogo diagnostirovaniya // Nauchnoe obozrenie. 2015. № 7. S. 133–138.
42. Razvitie texnicheskix sredstv diagnostirovaniya traktorny`x DVS po parametram rabochix processov / O. F. Savchenko, V. V. Al't, S. N. Ol'shevskij, I. P. Dobrolyubov // Trudy` GOSNITI. 2015. T. 118. S. 106–112.
43. E`kspertnaya sistema kontrolya texnicheskogo sostoyaniya avtomobilej / A. D. Shumilin [i dr.] // Nauchnoe obozrenie. 2016. № 4. S. 85–89.
44. Rukovodstva: Komp`yuterny`j kompleks MOTOR-TESTER MT10KM s programmny`m obezpecheniem MT-10 i blokom avtomobil`noj diagnostiki AMD-4AKM. Samara: OOO «NPP «NTS», 2012. 62 s.

**Gritsenko Aleksandr Vladimirovich**, doctor of tech. Sciences, associate Professor, associate Professor of the department “Road transport”, “South Ural state University (NRU)”; Professor of the department “Operation of the machine and tractor fleet”, FSBEI HE South Ural state agrarian university.

E-mail: alexgrits13@mail.ru.

**Glemba Konstantin Vyacheslavovich**, cand. of tech. Sciences, associate Professor, associate Professor of the Department of “Road transport”, South Ural state University (NRU); associate Professor of the Department of “Operation of the machine and tractor Park”, FSBEI HE South Ural state agrarian university.

E-mail: glemba77@mail.ru.

**Salimonenko Grigoriy Nikolaevich**, post-graduate student of the Department of “Road transport”, South Ural state University (NRU).

E-mail: Salimonenkog@mail.ru.

**Nazarov Maxim Valerievich**, post-graduate student of the Department of Road transport, South Ural state University (NRU).

E-mail: hmnemo@gmail.com.

**Shefer Leopold Anatolievich**, Dr. of Techn. Sciences, Professor of the Department “Aircraft”, South Ural state University (NRU).

E-mail: sheferla@susu.ru.

## **Analysis of methods and means for experimental study of the fracture force of grain-ear coupling**

**M. A. Gutrov**

The key parameter influencing on the technological parameters of grain harvesters is the strength association of grain with the ear. Improvement of methods of calculation of harvesting processes imposes higher requirements for experimental information on the strength of the connection of grain with the ear. In this regard, the article describes the design of experimental facilities designed for the practical implementation of various methods. The comparative analysis of the existing methods and technical means for the study of the grain and ear bond strength is carried out, their advantages and disadvantages are considered. The estimation of the correctness of the experimental data and the possibility of their use in modern methods of calculation of technological processes.

*Keywords:* grain, destruction, bond strength with ear, experimental facilities, research methods.



## References

1. Zernoubrochny`e kombajny` dvuxfaznogo obmolota : ucheb. posobie / L. N. Loginov [i dr.]. M. : IAKCz, 1999. 336 s.
2. Ivanczov V. I., Soloshenko O. I. Valkovy`e zhatki. M. : Mashinostroenie, 1984. 200 s., il.
3. Korenev G. V., Tarasenko A. P. Progressivny`e sposoby` uborki i bor`ba s poteryami urozhaya. M. : Kolos, 1977. 173 s.
4. Fiziko-mexanicheskie svojstva s.-x. rastenij kak osnovaniya dlya proektirovaniya s.-x. mashin // Trudy` laboratorii texnologicheskix processov VISXOM / Vsesoyuzny`j nauchno-issledovatel`skij institut sel`skoxozyajstvennogo mashinostroeniya. M., 1939.
5. Letoshnev M. N. Sel`skoxozyajstvenny`e mashiny`. Teoriya, raschet, proektirovanie i ispy`tanie. M. ; L. : Gosudarstvennoe izdatel`stvo s.x. literatury`, 1955.
6. Rodimcev S. A., Drincha V. M. Sposob opredeleniya usilij vy`molota semyan centrifugirovaniem // Zernovoe xozyajstvo. 2004. № 8.
7. Drincha V. M., Rodimcev S. A. Ustrojstvo dlya opredeleniya usilij vy`molota semyan centrifugirovaniem // Traktory` i sel`skoxozyajstvenny`e mashiny`. 2005. № 6.
8. Sokolov A. F. Fiziko-mexanicheskie svojstva kolosovy`x kul`tur // Teoriya, raschet, proizvodstvo s.x. mashin. 1940. T. 5.
9. Gutrov M. A. E`ksperimental`naya ustanovka i metodika issledovaniya sily` razrusheniya svyazi zerna s kolosom // Problemy` mexaniki sovremenny`x mashin : mater. IV Mezhdunar. konferencii. Ulan-Ude` : Izd-vo Vostochnosibirskogo gosudarstvennogo texnologicheskogo universiteta, 2009. T. 1. S. 121–124.
10. Gutrov M. A. Ocenka pogreshnosti pri issledovanii sily` razrusheniya svyazi zerna s kolosom metodom centrifugirovaniya // Nauka i proizvodstvo : sb. nauch. trudov / pod red. V. V. Erofeeva. Chelyabinsk : ChRO RAEN, 2009. S. 119–133.
11. Gutrov M. A. Ocenka vliyaniya vibrokolebanij rotora centrifugi na rezul`tat e`ksperimental`ny`x izmerenij sily` razrusheniya svyazi zerna i kolosa // Nauka i proizvodstvo : sb. nauch. trudov / pod red. V. V. Erofeeva. Chelyabinsk : ChRO RAEN, 2009. S. 106–118.
12. Pisarenko G. S. Soprotivlenie materialov. 5-e izd., pererab. i dop. K. : Vishha shk., Golovnoe izd-vo, 1986. 775 s.
13. Kil`chevskij N. A. Dinamicheskoe kontaktnoe szhatie tverdyy`x tel. Udar. K. : Naukova dumka, 1976. 312 s.
14. Kil`chevskij N. A. Teoriya soudareniya tverdyy`x tel. K. : Naukova dumka, 1969. 245 s.
15. Gutrov M. A. Model` dinamicheskogo kontaktnogo deformirovaniya rastenij pri vzaimodejstvii s motovilom // Traktory` i sel`skoxozyajstvenny`e mashiny`. 2006. № 3.
16. Gutrov M. A. Modelirovanie i raschet dinamicheskogo kontaktnogo vzaimodejstviya steblya pshenicy s plankoj motovila // Problemy` mexaniki sovremenny`x mashin : mater. IV Mezhdunar. konferencii. Ulan-Ude` : Izd-vo Vostochnosibirskogo gosudarstvennogo texnologicheskogo universiteta, 2009. T. 1. S. 116–120.
17. Zhilkin V. A., Gutrov M. A. Opredelenie usilij podvoda gruppy` stebelj k rezhushhemu apparatu zhatok zernoubrochny`x mashin // Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta. 1998. T. 26.
18. Gutrov M. A. Model` staticheskogo deformirovaniya zlakovy`x rastenij pri vzaimodejstvii s motovilom zhatok // Traktory` i sel`skoxozyajstvenny`e mashiny`. 2005. № 10.
19. Gutrov M. A. Issledovanie sovместnogo dvizheniya rasteniya zlakovoj kul`tury` i segmenta rezhushhego apparata zernoubrochnoj zhatki // Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta. 2009. T. 54. S. 133–146.
20. Fiziko-mexanicheskie svojstva pochvy` i rastenij // Sbornik trudov VISXOM / pod red. A. P. Kovgana. M. : Izd-vo Central`nogo instituta nauchno-texnicheskoy informacii po avtomatizacii i mashinostroeniyu, 1963. 148 s.
21. Kolganov K. G. Issledovanie processa vy`deleniya zerna pri dvuxfaznom obmolote // Trudy` Chelyabinskogo instituta mexanizacii i e`lektrifikacii sel`skogo xozyajstva / pod red. S. P. Lebedeva. Chelyabinsk, 1955. Vy`p. V. S. 6–35.
22. Terskov G. D. O vy`bore skorosti dvizheniya kombajnov // Trudy` Chelyabinskogo instituta mexanizacii i e`lektrifikacii sel`skogo xozyajstva / pod red. S. P. Lebedeva. Chelyabinsk, 1955. Vy`p. V. S. 40–47.





**Gutrov Mikhail Aleksandrovich**, Cand. of tech. Sciences, associate Professor, head of the Department “Applied mechanics”, FSBEI HE South Ural state agrarian university.  
E-mail: gma74@mail.ru.

### **Acquisition of the teat rubber of milking machines on the spread of random variables**

**A. N. Kozlov, A. J. Akimbekov, U. N. Nurdan**

The analysis of the acquisition of the rubber liners of milking machines on the spread of random sample sizes on the average value of displacements of the liner in the one milking apparatus, in two milking machines and in the whole milking machines party with the analysis of the density and accuracy of spread of random variables of the sample in the process of operation. It was found that the acquisition of the nipple rubber by changes in the probability, density and accuracy of the spread of random sample values from the average value of the movement of the nipple rubber DL000U is possible taking into account the measurement in each individual unit. The accuracy and reliability of assessing the rigidity of the nipple rubber milking machine in the dynamics of the duration of the pulsation phases is achieved through the use of the developed device in research. In it, the body of the artificial nipple is made of undeformed material in the form of a natural nipple with a heating element inside and under its truncated part an electric contact sensor is installed in the form of movable isolated hemispheres corresponding to the shape and size of the tip of the nipple.

*Keywords:* liners, the milking machine, the random variable of dispersion, density, accuracy.

#### **References**

1. Eliseev A. G. *Texnicheskij servis texnologicheskogo oborudovaniya v skotovodstve // Texnika i oborudovanie dlya sela.* 2014. № 2. S. 38–41.
2. Mishurov N. P., Xlepit'ko M. N. *Analiz kachestva texniki dlya zhivotnovodstva // Texnika i oborudovanie dlya sela.* 2014. № 10. S. 21–23.
3. Solov'ev S. A., Kartashov L. P. *Ispolnitel'ny'e mexanizmy` sistemy` «Chelovek-mashina-zhivotnoe».* Ekaterinburg, 2001. 178 s.
4. Kozlov A. N. *Povy'shenie rabotosposobnosti doil'noj ustanovki // Vestnik ChGAA.* 2013. T. 66. S. 42–47.
5. Kozlov A. N. *Issledovanie membranny`x pul'satorov doil'ny`x apparatov // APK Rossii.* 2017. T. 24. № 3. S. 661–666.
6. Kozlov A. N., Shatrakov V. I. *Diagnostirovanie soskovej reziny` doil'ny`x apparatov // Materialy` Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Texnicheskie nauki – agropromy`shlennomu kompleksu Rossii».* Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2017. S. 152–157.
7. Kozlov A. N., Zoloty`x S. V. *Ocenka adaptivnosti razlichny`x tipov doil'ny`x ustanovok // APK Rossii.* 2017. T. 24. № 1. S. 77–83.
8. Kozlov A. N., Barpy`baev B. Sh. *Analiz chislovy`x xarakteristik binormal'nogo raspredeleniya peremeshhenij soskovej reziny` doil'ny`x apparatov // APK Rossii.* 2017. T. 24. № 2. S. 426–430.
9. Kozlov A.N., Timirbaeva A.I. *Issledovanie soskovej reziny` doil'ny`x apparatov v dinamicheskom rezhime // Vestnik KrasGAU.* 2014. T. 1. S. 136–140.
10. *Obosnovanie prodolzhitel'nosti e`kspluatacii soskovej reziny` doil'ny`x apparatov / A. N. Kozlov, S. A. Solov'ev, A. I. Timirbaeva, A. K. Ol'xovaczkiy // Trudy` GOSNITI. M. : GOSNITI,* 2013. T. 113. S. 26–32.
11. Pat. 178891 Ros. Federaciya. *Ustrojstvo dlya opredeleniya zhestkosti soskovej reziny`.* № 2017116241 ; zayavl. 10.05.2017; opubl. 23.04.2018.
12. Kozlov A. N. *Opredelenie koefficienta poperechnoj deformacii i peremennogo modulya uprugosti soska vy`meni korovy` // Mexanizaciya i e`lektrifikaciya sel'skogo xozyajstva.* 1986. № 4. S. 55–56.
13. Kozlov A. N. *Opredelenie kontaktnogo davleniya mezhdru soskovej rezinoj doil'nogo apparata i soskom vy`meni korovy` // Aktual'ny`e voprosy` mexanizacii zhivotnovodcheskix ferm : sb. nauch. tr. VO VASXNIL. Alma-Ata: Izd-vo NPO «Celinsel`xozmexanizaciya».*

14. Deformaciya soskovoј reziny` doil`ny`x apparatov pri razlichny`x temperaturax ee nagreva / A. N. Kozlov [i dr.] // Vestnik Chelyabinskoy gosudarstvennoj agroinzhenernoј akademii. 2012. T. 62. S. 54–57.

**Kozlov Alexander Nikolaevich**, Cand. of tech. Sciences, associate Professor, FSBEI HE South Ural state agrarian university.

E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

**Akimbekov Azamat Zhanibekovich**, bachelor, FSBEI HE South Ural state agrarian university.

E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

**Nurdan Uulu Nurkeldi**, bachelor, FSBEI HE South Ural state agrarian university.

E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

### **Calculation of the fine filter of milk in the program APM WinMACHINE Studio**

**A. N. Kozlov, V.I. Shatrukov, P.A. Pleskachev**

Mechanical filters used on dairy farms as well as porous filters produced by the method of the aerodynamic extrusion of food-grade polypropylene reduce microbiological indicator QMAFAnM and increase the degree of purification of milk. However in general they do not significantly increase the efficiency of milk purification. In the known constructions of filters the milk is fed at right angles to the filter element that creates a shock effect and the impurity of the milk collected in the form of a circle. In the proposed design of the filter housing the inlet pipe is made in the form of a bell which allows the incoming mass of raw milk to be evenly and smoothly distributed over the surface of the filter element. Ring recesses in the bottom and the cover of the body form the fastening zones of the filter element, in which there is no pressure of raw milk, which excludes the passage of milk through the fastening zones. The method of experimental studies is based on the calculation of the fine filter housing milk in the program APM WinMACHINE Studio. Calculations of the stress-strain state of three-dimensional mixed design of the filter housing are presented. The maximum equivalent voltage according to the Mises criterion occurs in the branch pipe is 44,95 MPa. The largest deformation is located in the threaded connection of the cap with the filter housing and make from 0,00218 to 0,00252 m. the Maximum total displacement is located in the region of the socket, and range from 0,00429 to 0,00458 m. In the manufacture of the filter housing the factor of safety on yield strength should be from 4,3 to 5,42.

*Keywords:* filter housing, equivalent stress by the Mises criterion, deformation, total displacements, yield strength factor.

### **References**

1. Pudovkin D. N. Mastit KRS: strategiya profilaktiki i lecheniya v dejstvii // E`ffektivnoe zhivotnovodstvo. 2017. dekabr`. S. 12–13.
2. Kozlov A. N., Aky`mbekov A. Zh. Vliyanie doil`ny`x apparatov na zaboлеваemost` vy`meni korov mastitom // Nauchny`e dostizheniya i otkry`tiya 2018 : sb. st. IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konkursa. Penza : MCzNS «Nauka i prosveshhenie», 2018. S. 38–42.
3. Kozlov A. N., Pleskachev P. A. Issledovanie fil`tra tonkoј ochistki moloka // Nauchny`e dostizheniya i otkry`tiya 2018 : sb. st. IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konkursa. Penza : MCzNS «Nauka i prosveshhenie», 2018. S. 32–37.
4. Kozlov A. N., Pleskachev P. A. E`ffektivnost` mexanicheskoy ochistki moloka // STUDENTRESEARCH : sb. st. Mezhdunar. nauch.-prakt. konkursa ; v 2 ch. Penza : MCzNS «Nauka i prosveshhenie», 2018. Ch. 1. S. 127–131.
5. Kozlov A. N., Pleskachev P. A. E`kspluatatsiya fil`trov tonkoј ochitski moloka «Profitmilk» // Luchshaya studencheskaya stat`ya 2018 : sbornik statej XIV Mezhd. nauchno-prakt. konkursa ; v 4 ch. Penza : MCzNS «Nauka i prosveshhenie», 2018. Ch. 1. S. 175–177.



6. Pat. № 53 585, Ros. Federacii. Ustrojstvo fil'tracii pishhevy`x zhidkostejs, preimushhestvenno moloka. № 200610039 ; zayavl. 10.01.2006 ; opubl. 27.05.2006, Byul. № 15.

7. Pat.72150 Ros. Federaciya. Molochny`j fil`tr. № 2007117939/22 ; zayavl. 14.05.2007 ; opubl. 10.04.2008, Byul. № 10.

8. Pat. 110921 Ros. Federaciya. Ustrojstvo fil'tracii pishhevy`x zhidkostejs, preimushhestvenno moloka. № 2011126050/10 ; zayavl. 27.06.2011 ; opubl. 10.12.2011, Byul. № 34.

**Kozlov Alexander Nikolaevich**, Cand. of tech. Sciences, associate Professor, FSBEI HE South Ural state agrarian university.

E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

**Shatrukov Viktor Ivanovich**, senior teacher, FSBEI HE South Ural state agrarian university.

E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

**Pleskachev Pavel Andreevich**, magister, FSBEI HE South Ural state agrarian university, Director of LLC "Profitmilk".

E-mail: pleskachev\_@mail.ru.

### **Modeling and calculation of loading parameters of elements of passive safety of the race car in the project «Formula student»**

**A. V. Lopukhov, N. L. Fayzulloev, A. A. Soyustov, D. V. Grashina, A. V. Gritsenko, K. V. Glemba**

A systematic analysis of the safety properties of sports cars showed that passive safety is given more attention than active. The reason is the high dynamics of movement on the track of the object-the race car in connection with which there are fatal errors in the pilot leading to injury. Currently complicated technical systems do not allow to eliminate human errors, which reduce the overall security of the system. Therefore, to save the life of the pilot, the main emphasis is on passive safety. The questions of application of safety standards in the project "Formula Student" are considered. The purpose of the project – the development of a race car with an electric drive, corresponding to the regulations of the competition. The basic requirements for the design of the car from the point of view of passive safety are analyzed. The basic properties, which should have the load-bearing system of the car with an electric drive, are highlighted. The items from the current regulations of the competition relating to the car frame are presented. The General design requirements to the car frame and to the monocoque separately are highlighted. Variants of design cases for testing the strength of the protective power frame in the form of a spatial frame are presented. The calculations with the application of loads simulating various emergency situations, such as side impact, front impact and rollover. According to the calculation results, the maximum deformation was 20,65 mm, which is less than 25,0 mm (the stiffness conditions are met). The calculated part of the monocoque construction is presented. On the basis of the considered approaches to the constructive solution of the bearing system, the main advantages and disadvantages of each type of construction are highlighted. As a solution to facilitate the weight of the frame proposed batting technology. The design of the space frame for the considered car was chosen.

*Keywords:* passive safety; car; frame; monocoque; space frame; impactor; margin of safety; butting.

### **References**

1. Prochnostnoj analiz ramy` bolida «Formula student» PNIPU. Rezhim dostupa : <https://research-journal.org/technical/prochnostnoj-analiz-ramy-bolida-formula-student-pnipu>.
2. Bauman Racing Team i «Formula student»: kak Lenovo pomogaet pobezhdat` v evropejskix gonkax. Rezhim dostupa : <https://habr.com/company/lenovo/blog/408521>.
3. Formula Student MADI (Formula Student MADI). Rezhim dostupa : <https://vk.com/fsmadi>.
4. Formula student. Rezhim dostupa : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Formula\\_Student](https://ru.wikipedia.org/wiki/Formula_Student).

5. Reglament sorevnovanij Formula Student. Rezhim dostupa : <http://fsaeonline.com/cdsweb/gen/DocumentResources.aspx>.
6. Sobolev D. A. Komponovochnaya sxema sportivnogo avtomobilya klassa «Formula Student» : diplom. rabota. Tol'yatti : Tol'yattinskij gosudarstvennyj universitet, 2016. 72 s.
7. Glemba K. V., Larin O. N., Aver'yanov Yu. I. Aspekty povy'sheniya bezopasnosti podsistemy «operator» na kolesnom transporte // Vestnik ChGAA. 2014. T. 70. S. 34–42.
8. Glemba K. V. K voprosu snizheniya stepeni tyazhesti travmirovaniya uchastnikov dorozhnogo dvizheniya pri DTP // NAUKA YuUrGU : mater. 66-j nauch. konferencii. Chelyabinsk : Izd. centr YuUrGU, 2014. S. 218–227.
9. Glemba K. V., Larin O. N. Problemy upravleniya mobil'ny'mi mashinami i obosnovanie strukturny'x vzaimosvyazej cheloveko-mashinny'x sistem // Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Transport Rossii: problemy i perspektivy-2013». SPb. : Institut problem transporta RAN im. N. S. Solomenko, 2013. S. 152–159.
10. Glemba K. V., Larin O. N. Voprosy primeneniya sistemnogo podxoda dlya povy'sheniya BDD // V Mezhdunarodnaya nauch.-prakt. konf. «Progress transportny'x sredstv i sistem-2013». Volgograd : VolgGTU, 2013. S. 217–217.
11. Glemba K. V., Larin O. N. Sistemnyj podxod k poisku rezerva povy'sheniya BDD v krupny'x gorodax Rossii // Aktual'ny'e problemy avtotransportnogo kompleksa. Samara : SamGTU, 2013. S. 165–181.
12. Glemba K. V. Problemy i puti sovershenstvovaniya e'lementov passivnoj bezopasnosti avtomobil'nogo transporta // Materialy LIII Mezhdunar. nauch.-texn. konf. «Dostizheniya nauki – agropromy'shlenному proizvodstvu». Chelyabinsk : ChGAA, 2014. Ch. IV. S. 115–120.
13. Soyustov A. A. Adaptaciya standartov bezopasnosti v proekte «Formula student» : diplom. rabota. Chelyabinsk : Yuzhno-Ural'skij gosudarstvennyj universitet, 2018. 58 s.
14. Aver'yanov Yu. I. Glemba K. V. Vy'yavlenie i sovershenstvovanie problemny'x vzaimosvyazej strukturny'x e'lementov sistemy bezopasnosti dvizheniya mobil'ny'x mashin // Vestnik ChGAA. 2013. T. 66. S. 25–34.
15. Glemba K. V., Larin O. N. Aspekty raspredeleniya kineticheskoy e'nergii udara pri DTP // Materialy Vseros. zaoch. nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov i molody'x ucheny'x «Problemy funkcionirovaniya sistem transporta». Tyumen' : TyumGNGU, 2014. T. 1. S. 140–145.
16. Glemba K. V., Larin O. N. K voprosu modelirovaniya adaptivnoj sistemy pogloshheniya kineticheskoy e'nergii pri DTP // IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Perspektivy razvitiya i bezopasnost avtotransportnogo kompleksa» : sb. nauch. tr. Novokuzneczk : KuzGTU, 2014. S. 275–280.
17. Brown, P. and Hall, R., “Safety Considerations for Electric and Hybrid Vehicles,” SAE Technical Paper 821164, 1982.
18. Boyd, S., Hiester, P., Lawson, S., Sheffield, D. et al., “Design and Development Process for the Equinox REVLSE E85 Hybrid Electric Vehicle,” SAE Technical Paper 2006-01-0514, 2006
19. Karkas bezopasnosti. Rezhim dostupa : <https://www.drive2.ru/b/288230376152292604>.
20. Duga bezopasnosti. Rezhim dostupa : <https://motor.ru/news/ferrarihalo-03-03-2016.htm>.
21. Monokok iz karbona. Rezhim dostupa : [http://framsa.ucoz.ru/index/monokok\\_iz\\_ugleplastika/0-94](http://framsa.ucoz.ru/index/monokok_iz_ugleplastika/0-94).
22. Lopuxov A. V. Analiz i reshenie problem e'lektrobezopasnosti gonochny'x mashin na primere bolida klassa Formula Student Electric : diplom. rabota. Chelyabinsk : FGAOU VO «Yuzhno-Ural'skij gosudarstvennyj universitet», 2018. 76 s.
23. Batting v velosipedostroenii. Rezhim dostupa : <https://velomasterclass.ru/batting-v-velosipedostroenii>

**Lopukhov Alexander Viktorovich**, master's degree student of the Department of Road transport, South Ural state University (NRU).

E-mail: [lav2807@yandex.ru](mailto:lav2807@yandex.ru).

**Faizulloev Najibulla Lutfulloevich**, bachelor of the Department “road transport”, South Ural state University (NRU).

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





**Soyustov Anton Aleksandrovich**, master's student of the Department "Technological machines and equipment", South Ural state University (NRU).  
E-mail: hmnemo@gmail.com.

**Grashina Darya Vladimirovna**, master's student of the Department of "Road transport", South Ural state University (NRU).  
E-mail: lav2807@yandex.ru.

**Gritsenko Aleksandr Vladimirovich**, doctor of tech. Sciences, associate Professor, associate Professor of the department "Road transport", "South Ural state University (NRU)"; Professor of the department "Operation of the machine and tractor fleet", FSBEI HE South Ural state agrarian university.  
E-mail: alexgrits13@mail.ru.

**Glemba Konstantin Vyacheslavovich**, cand. of tech. Sciences, associate Professor, associate Professor of the Department of "Road transport", South Ural state University (NRU); associate Professor of the Department of "Operation of the machine and tractor Park", FSBEI HE South Ural state agrarian university.  
E-mail: glemba77@mail.ru.

### **Refine models of the formation of the amount of reserves**

**O. I. Maltseva, N. Mashrabov**

The purpose of this article is to develop an automated system of accounting for the supply of spare parts. The most common models of inventory management, the main features of which are the demand (consumption), the parameters of replenishment, the costs associated with the formation and maintenance of reserves. Deterministic and stochastic (probabilistic) models of inventory management are presented depending on the action of random factors on the parameters of the control system, their negative sides are analyzed, as well as possible ways to improve them. There is a need to develop a mathematical model of supply and demand, characterized by a set of indicators: unsecured demand characterizes the missed opportunities, unused supply allows to take into account the losses associated with the non-realization of the goods. The developed automated system of spare parts supply accounting, the basis of which will be a mathematical model, will contribute to a more complete satisfaction of the needs for spare parts, significantly improve the technical and economic performance of warehouses, as well as reduce the level of excess stocks and illiquid assets. The model will allow to take into account the nonlinear dependence of the corresponding values on the quantitative characteristics of the systems when solving optimal problems of inventory creation and organization of production processes.

*Keywords:* inventory management, management inventory, provide demand, provide a suggestion, neobespechenie demand, neobespechenie offer.

### **References**

1. Kovelin V. A. Organizatsiya proizvodstvennykh processov avtoservisa. Chelyabinsk : Izd-vo YuUrGU, 2011. S. 74.
2. Ivanov A. I. Obespechenie zapasnykh chastyami mashin v agropromyshlennom komplekse v usloviyakh ryinka : dis. ... kand. ekon. nauk. M., 2013. 287 s.
3. Shrajbfeder Dzh. Effektivnoe upravlenie zapasami / per. s angl. 2-e izd. M. : Al'pina Biznes Buks, 2015. 304 s.
4. Korol'kov I. V., Korol'kova L. I. Primer optimizatsii sistemy so sluchajnykh celochislennymi sprosom i determinirovannymi celochislennymi predlozheniem. SPb. : Nestor, 2002.
5. Korol'kov I. V., Korol'kova L. I. (2001). Stokasticheskaya model spros i predlozheniya. Obozrenie prikladnoy i promyshlennoy matematiki. T. 8. № 1: 233-234.



**Maltseva Olga Igorevna**, graduate student, 2nd year, direction “Agroengineering”, FSBEI HE South Ural state agrarian university.

E-mail: lelya.maltseva.1994@mail.ru

**Mashrabov Nematulla**, Dr. of tech. Sciences, associate Professor, head of the Department of technology and organization of technical service, FSBEI HE South Ural state agrarian university

E-mail: nmashrabov@yandex.ru.

### **The results of experimental studies to assess the uniformity of seed distribution by pneumatic seeder distributor**

**M. V. Pyataev, A. P. Zyryanov, I. I. Ognev, K. V. Antonova**

The article presents the results of experimental studies to determine the rational design parameters of the cone reflector and the diffuser of the vertical divider head for pneumatic grain drills. Experimental studies were carried out at the laboratory facility which allows to vary the parameters of interest. The angle of the diffuser solution and the angle of inclination of the rectilinear generator of the cone reflector to the base were chosen as controlled factors in the experimental studies. The values of the technological parameters of the sowing system (the second supply of material to the system and the air flow rate) were taken based on the considerations of ensuring the smooth operation of the laboratory installation and remained unchanged during the experiment. As a criterion of optimization, the coefficient of variation characterizing the uneven distribution of seed material on seed pipelines was adopted. In the course of experimental studies, an orthogonal Central compositional plan was implemented. A model showing the influence of controlled factors on the optimization criterion was obtained. The obtained model is described by a polynomial of the second degree. The statistical significance of the coefficients of the regression equation and the adequacy of the model were tested. The resulting equation is decoded and translated to physical units of measurement. A graphical interpretation of the decoded regression equation is given. Based on the analysis of the regression equation it is found that the smallest distribution unevenness is provided at the angle of inclination of the rectilinear generator of the cone reflector to the base of 70 degrees and the angle of the diffuser solution of the order of 50 degrees. It was found that the uniformity of seed distribution is higher when using a diffuser with a solution angle of 50 degrees in all variants of the experiment.

*Keywords:* pneumatic grain seeder, vertical type seed distributor, dividing head, diffuser, reflector, orthogonal central compositional plan.

### **References**

1. Xudyakov V. F. Uluchshenie pokazatelej raspredeleniya semyan v pochve putem texnologicheskoy nastrojki i modernizacii zernovoj seyalki (na primere SZ-3,6) : avtoref. dis. ... kand. texn. nauk. Chelyabinsk : B.i., 1988. 21 s.
2. Astaxov V. S. Mexaniko-texnologicheskie osnovy` poseva sel'skoxozyajstvenny`x kul'tur seyalkami s pnevmaticheskimi sistemami gruppovogo dozirovaniya : avtoref. dis. ... d-ra texn. nauk. SPb., 2007. 40 s.
3. Sharafutdinov A. V. Obosnovanie konstruktivno-texnologicheskix parametrov raspredelitel'nogo ustrojstva pnevmaticheskoy sistemy` seyalki // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2013. № 17. S. 140–145.
4. Yatskul A., Lemièrè J.P., Cointault F. Influence of the divider head functioning conditions and geometry on the seed's distribution and accuracy of the air-seeder // Biosystems Engineering. 2017. № 161. PP. 120–134.
5. Pyataev M. V., Zy`ryanov A. P. Opredelenie racional'ny`x parametrov delitel'noj golovki pnevmaticheskoy zernovoj seyalki // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 3 (138). S. 88–94.
6. Pyataev M. V., Zy`ryanov A. P., Ognev I. I. K opredeleniyu racional'ny`x parametrov kollektora delitel'noj golovki // Aktual'ny`e voprosy` agroinzhenerny`x nauk: teoriya i praktika : mater. nacz. nauch.



konf. Instituta agroinzhenerii / pod red. M. F. Yudina. Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2018. S. 39–46.

7. Pyataev M. V., Zy`ryanov A. P. Opredelenie racional`ny`x parametrov delitel`noj golovki pnevmaticheskoy zernovoj seyalki // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 3 (138). S. 88–94.

8. Teoreticheskie i e`ksperimental`ny`e issledovaniya po opredeleniyu parametrov delitel`noj golovki pnevmaticheskoy zernovoj seyalki / M. V. Pyataev, S. S. Pritchinn, K. V. Antonova, E. D. Kameneva // APK Rossii. 2018. T. 25. № 3. S. 405–412.

9. Pyataev M. V., Zy`ryanov A. P., Ognev I. I. K obosnovaniyu parametrov podvodyashhego truboprovoda raspredelitelya vertikal`nogo tipa dlya pnevmaticheskoy zernovoj seyalki // Teknologii i sredstva mexaizacii v APK : mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Instituta agroinzhenerii, posvyashh. 80-letiyu so dnya rozhd. akad. RAN, d-ra texn. nauk V. V. Bledny`x. Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2018. S. 116–125.

**Pyataev Maxim Vyacheslavovich**, cand. of tech. Sciences, associate Professor, associate Professor of department “Operation of the machine and tractor Park”, FSBEI HE South Ural state agrarian university.  
E-mail: 555maxim@mail.ru.

**Zyryanov Anton Pavlovich**, Cand. of tech. Sciences, associate Professor, associate Professor of “Operation of the machine and tractor Park”, FSBEI HE South Ural state agrarian university.  
E-mail: zap174@list.ru.

**Ognev Igor Igorevich**, cand. of tech. Sciences, associate Professor of the Department “Lifting-transport machines and robots”, Federal STATE Autonomous educational institution “Ural Federal University named after first President of Russia B. N. Yeltsin”.  
E-mail: ognev.i.i@yandex.ru.

**Antonova Ksenia Vasilievna**, master of the 1st year, Department of “Operation of the machine and tractor Park”, of tech. Sciences.  
E-mail: ksu1995\_13@mail.ru.

### **Pneumatic hybrid power plants using the heat of the cooling system and exhaust gases of the internal combustion engine**

**V. V. Rudnev, A. G. Karpenko, A. V. Gritsenko, K. V. Glemba,  
G. N. Salimonenko, M. V. Nazarov, A. V. Lopukhov**

The tightening of environmental requirements and rising fuel prices are forcing us to look for ways to improve the efficiency of transport engines. The use of a combined power plant with more than one energy source is the most effective. Therefore, there is a need to study the efficiency of pneumatic hybrid power plants utilization of thermal energy emitted into the atmosphere with exhaust gases and the cooling system of the internal combustion engine.

*Keywords:* internal combustion engine, hybrid power plant, exhaust gases, heat, compressed air, pneumatic engine, compressor, heat accumulator.

#### **References**

1. Pnevmoprivod i sredstva avtomatiki : ucheb. posobie / N. D. By`strov [i dr.]. Samara : Izd-vo Samar, gos. ae`rokosm, un-ta, 2006. 112 s.
2. Dvigateli voennoj avtomobil`noj texniki : ucheb. posobie / N. E. Aleksandrov [i dr.] ; pod obshh. red. D. V. Nefedova. Omsk : Omskoe kn. izd-vo, 2013. Ch. 2 : Teoriya i analiz konstrukcij dvigatelej. 449 s.
3. Kukolev M. I. Ocenka e`ffektivnosti ispol`zovaniya massy` teplovogo akkumulyatora // Trudy` lesoinzhenernogo fakul`teta PetrGU. Petrozavodsk : Izd-vo PetrGU, 1996. Vy`p. 1. S. 40–42.

4. Priluczkiy A. I. Primenenie porshnevy`x rasshiritel`ny`x mashin v ustanovkax utilizacii e`nergii szhatogo prirodnogo gaza // Ximicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. 2008. № 3. S. 26–30.
5. E`kologicheski chisty`j kriogenny`j transport: sovremennoe sostoyanie, problemy` / A. N. Turenko [i dr.] // Vestnik XGADTU : sb. nauch. tr. Xar`kov, 2000. Vy`p. 12–13. S. 42–47.
6. Rudnev V. V., Nesterov K. B., Xasanova M. L. Kombinirovanny`e silovy`e ustanovki dlya gorodskogo avtomobilya // Nauchny`e problemy` transporta Sibiri i Dal`nego Vostoka. 2010. № 1. S. 202–205.
7. Rudnev V. V., Xasanova M. L., Belevitin V. A. Modelirovanie resursov povy`sheniya e`kologicheskoy bezopasnosti krupny`x gorodov : monografiya. Chelyabinsk : Izd-vo Yuzh.-Ural. gos. guman.-ped. un-ta, 2017. 88 s.
8. Rudnev V. V., Xarenko I. A. Konceptiya kombinirovannoj e`nergeticheskoy ustanovki v transportnom komplekse // Nauchny`e problemy` transporta Sibiri i Dal`nego Vostoka. 2011. № 1. S. 215–218.
9. Fontaras G., Pistikopoulos P., Samaras Z. Experimental evaluation of hybrid vehicle fuel economy and pollutant emissions over real-world simulation driving cycles. Atmos. Environ., vol. 42, no. 18, pp. 4023–4035, Jun. 2008.
10. Burrell T.A., Campbell S.L., Coomer C.L., Ayers C.W. Evaluation of the 2010 Toyota Prius Hybrid Synergy Drive System ORNL/TM-2010/253, UT-Battelle, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, March. 2011.
11. Pat. na poleznuyu model` RUS 61796 U1 F 01 K 7 00 Kombinirovannaya silovaya ustanovka s razdelenny`mi potokami gazov / V. V. Rudnev [i dr.]. Prioritet 26.05.2006.

**Rudnev Valery Valentinovich**, cand. tech. Sciences, associate Professor of the Department of “Road transport, information technology and methods of teaching technical disciplines”, South Ural state University of Humanities and education (chspu).

E-mail: rudnevvv@mail.ru.

**Karpenko Anatoliy Grigorievich**, cand. of tech. Sciences, associate Professor of the Department of “Road transport, information technology and methods of teaching technical disciplines”, South Ural state University of Humanities and education (chspu).

E-mail: angr123@list.ru.

**Gritsenko Aleksandr Vladimirovich**, doctor of tech. Sciences, associate Professor, associate Professor of the department “Road transport”, “South Ural state University (NRU)”; Professor of the department “Operation of the machine and tractor fleet”, FSBEI HE South Ural state agrarian university.

E-mail: alexgrits13@mail.ru.

**Glemba Konstantin Vyacheslavovich**, cand. of tech. Sciences, associate Professor, associate Professor of the Department of “Road transport”, South Ural state University (NRU); associate Professor of the Department of “Operation of the machine and tractor Park”, FSBEI HE South Ural state agrarian university.

E-mail: glemba77@mail.ru.

**Salimonenko Grigoriy Nikolaevich**, post-graduate student of the Department of “Road transport”, South Ural state University (NRU).

E-mail: Salimonenkog@mail.ru.

**Nazarov Maxim Valerievich**, post-graduate student of the Department of Road transport, South Ural state University (NRU).

E-mail: hmnemo@gmail.com.

**Lopukhov Alexander Viktorovich**, master’s degree student of the Department of Road transport, South Ural state University (NRU).

E-mail: lav2807@yandex.ru.



## VETERINARY SCIENCES

### Immunobiochemical status in diseases of hooves of highly productive cows

A. N. Bezin, A. V. Miftahutdinov, T. B. Gumerov

The comparative assessment of clinical and immunobiochemical status of healthy and sick with diseases of hooves of cows of LLC Belonosovskoye of Etkul district of Chelyabinsk region is carried out. To solve this problem two groups of clinically healthy and patients with pododermatitis cows of 20 heads each were formed. As a result of the studies it was found that in the group of sick cows the total protein content in the blood serum was significantly lower than in healthy cows by 10,5% ( $P < 0,05$ ) mainly due to a decrease in albumins by 11,9% ( $P < 0,05$ ) and gammaglobulins by 15,3% ( $P < 0,05$ ). In the case of pyo-necrotic diseases of the hooves in cows, there is a decrease in glucose level by 34,7% ( $< 0,05$ ). Against this background, the anaerobic oxidation process (glycolysis) begins to prevail, as evidenced by an increase in lactic acid in the blood serum of sick cows. Anaerobic oxidation of carbohydrates, a catabolic nature of protein metabolism leads to the stimulation of lipolysis and activation of lipid peroxidation. Against the background of hoof diseases there is a development of endogenous intoxication of cows, as evidenced by an increase in the content of SMP, MDA and lactate. Along with this, an imbalance in the system of mineral metabolism was established, namely: a decrease in calcium content by 50,9% ( $P < 0,01$ ), phosphorus – by 18,9% ( $P < 0,01$ ), a significant increase in copper content by 23,0% ( $P < 0,01$ ) and a tendency to increase zinc by 11,1% ( $P < 0,1$ ) and iron – by 10,0% ( $P < 0,1$ ). There was a decrease in the total number of peripheral blood leukocytes due to a decrease in basophils, eosinophils and nuclear shift to the left, T - and B-populations of lymphocytes by 25,0 and 22,1%, respectively ( $P < 0,05$ ), which indicates the development of immunodeficiency of the cellular component of the immune system and the need for pharmacological correction of indicators of immunobiochemical status of sick cows.

*Keywords:* pyo-necrotic diseases of hooves, immune deficiency, metabolic disorders, endogenous intoxication.

**Bezin Alexander Nikolaevich**, Dr. of vet. Sciences, Professor of the Department of non-communicable diseases, FSBEI HE South Ural state agrarian university.

E. mail: bezin74@mail.ru.

**Miftahutdinov Alevtin Viktorovich**, Dr. of Biol. Sciences, head of the Department of morphology, physiology and pharmacology, FSBEI HE South Ural state agrarian university.

E-mail: nirugavm@mail.ru.

**Gumerov Tengiz Bulatovich**, post-graduate student of the Department of non-communicable diseases, FSBEI HE South Ural state agrarian university.

E. mail: gumerov.tengiz@mail.ru.

### Toxicity of Nabikat

Z. P. Mukhamedyarova

Nabikat is a feed additive that is used in animal husbandry as a growth-stimulating drug that increases meat productivity. In a series of experiments were conducted economically advantageous refinement of the current dose of Nabikat on laboratory animals. This was determined as acute, chronic toxicity, threshold and optimally effective dose of Nabikat. The studied parameters of toxicity allowed to carry Nabikat to low-toxic drugs.

*Keywords:* feed additive Nabikat, acute and chronic toxicity, threshold dose, maximum effective dose.

### References

1. Podobed L. I. Vliyanie kremniya na organizm pticz // Suchasne ptaxivnicztvo. 2014. № 7. S. 11–14.
2. Mizhevikina A. S., Ly`kasova I. A. Myasnaya produktivnost` svinej pri primenenii v racionax kremnejsoderzhashhej smesi // Uspexi sovremennoj nauki i obrazovaniya. 2016. T. 1. № 4. S. 20–25.
3. Bochkarev A. K. E`ffektivnost` primeneniya kormovoj dobavki «Nabikat» v kormlenii suporosny`x svinomatok // Sel`skoxozyajstvenny`e nauki. 2017. № 11. S. 107–110.
4. Bochkarev A. K. Vliyanie skarmlivaniya mineral`noj kormovoj dobavki sorbcionnogo dejstviya na obmen veshhestv v organizme svinej // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Orenburg, 2017. S. 139–161.
5. Mizhevikina A. S., Ly`kasova I. A., Poluboyarov D. V. Issledovanie izmerenij v kishechnike cyplyat pri primenenii Sinbilajta i Nabikata // Pticza i pticevodstvo. 2017. № 4. S. 56–59.
6. Rukovodstvo po e`ksperimental`nomu (doklinicheskomu) izucheniyu novy`x farmakologicheskix veshhestv : metod. rekom. po izuch. obshhetoksicheskogo dejstviya lekarstvenny`x sredstv. M. : Grif i K, 2012. Ch. 1 : Izuchenie ostroj toksichnosti. S. 15–17.
7. Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskix issledovanij lekarstvenny`x sredstv : metod. ukaz. po izuch. obshhetoksicheskogo dejstviya farmakologicheskix veshhestv. M. : Medicina, 2005. S. 41–47.
8. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu toksicheskix svojstv preparatov, primenyaemy`x v veterinarii i zhivotnovodstve, utverzhdenny`e Minzdravom i GUV. 1991.
9. Miller L.S., Tainter V.L. Estimation of the LD50 and its error bu means of logarif – vic – probit graph paper // proc.Soc.Exper.Biol. and med. 1944. Vol. 57.2. P. 261–264.

**Mukhamedyarova Zulfiya Petrovna**, the teacher of the FSBEI HE South Ural state agrarian university.

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





## Правила предоставления рукописей статей в научный журнал «АПК России»

Представленная в электронном варианте статья должна соответствовать **научному профилю** журнала.

Объем текста статьи не должен превышать 15 стр. для доктора наук, для остальных авторов объем статьи составляет от 5 до 10 стр. Ответственность за использование данных, не предназначенных для открытой публикации, несут авторы статей в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Статья должна содержать: аннотацию, ключевые слова, основной текст, сведения об авторах (фамилия, имя, отчество авторов полностью; место работы, занимаемая должность; ученая степень, звание; адрес для переписки, e-mail и телефоны для связи), список литературы.

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 – не более 5–7 строк. Не следует начинать аннотацию с повторения названия статьи! В аннотации необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (желательно с приведением количественных данных), кратко и четко сформулировать выводы. В аннотации не допускается разбивка на абзацы и использование вводных слов и выражений, элементы сложного форматирования (индексы, символы и т. п.).

Структура статьи должна содержать следующие **основные** разделы:

1. Введение.
2. Методы исследования.
3. Результаты исследований.
4. Обсуждения.
5. Список литературы (ГОСТ Р 7.0.5–2008)

Новизна может быть не общенаучной, а отраслевой. Статья не должна иметь фактических ошибок, выводы и заключения не должны противоречить известным законам природы и общенаучным истинам.

Автор (авторы) заполняют анкету при представлении в редакцию статьи.

Невыполнение вышеуказанных требований в полном объеме является поводом для отказа в приеме материала статьи.

Статьи, соответствующие указанным требованиям, регистрируются редакцией.

Решение о публикации статьи принимается по результатам **рецензирования** и обсуждения на редколлегии.

Информацию о прохождении статьи авторы могут уточнить по тел. редакции: +7 (351) 266-65-20, а также по электронной почте: [gusapk@bk.ru](mailto:gusapk@bk.ru).

Представляя свои материалы для опубликования, автор тем самым дает согласие на размещение электронной версии своей статьи на сайте и в научной библиотеке вуза, а также в электронной научной библиотеке eLibrary в открытом доступе.

Все статьи рецензируются, отклоненные статьи авторам не возвращаются, о причинах отклонения автор уведомляется на основании заключения редколлегии.

Гонорар за публикации не предусмотрен.

### **Правила оформления статьи**

Указать тематическую рубрику (код УДК) в верхнем левом углу статьи.

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  $\lim$ ,  $\lg$ ,  $\text{const}$ ,  $\cos$ ,  $\sin$ ,  $\max$ ,  $\min$  и др. – прямого начертания.

Набор формул в стандартных редакторах формул MathType либо Equation, шрифт Times New Roman. Нумеровать только те формулы, на которые есть ссылки в тексте. Номер формулы ставить с правой стороны в конце формулы с выравниванием по правой границе страницы. Обозначения в формулах: прямо – русские буквы, греческие символы, функции, цифры; курсив – латинские буквы.

Таблицы и рисунки помещать за первой ссылкой на них в тексте после окончания абзаца. Графики и диаграммы должны быть активны и сохранены в отдельной папке с обозначением каждого рисунка, согласно тексту статьи. Рисунки выполнять, используя программные продукты, и представлять в виде отдельного файла: в растровом формате Tiff, JPG, BMP (300 dpi); в векторных форматах CDR, EPS, wmf; рисунки Word – в формате DOC.

Фотографии выполнять с разрешением не менее 600 dpi.

Обозначения, термины и иллюстративный материал должны соответствовать действующим государственным стандартам.

Список литературы должен быть оформлен в соответствии с последовательностью ссылок в тексте согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Все аббревиатуры необходимо расшифровать.

Название статьи, аннотация, ключевые слова, ФИО авторов полностью, сведения об авторах дублируются на английском языке.

*С уважением,  
редакция журнала*



**Анкета автора\***  
**представленной в редакцию рукописи статьи:**

(название статьи)

ФИО (полностью)	
Ученая степень	
Ученое звание (при наличии)	
Должность	
Место работы, учебы (полное наименование организации)	
Адрес места работы, учебы (с указанием индекса)	
Контактный телефон (с указанием кода города)	
Адрес электронной почты	
Адрес, на который следует выслать авторский экземпляр журнала (с указанием индекса)	
Иные сведения	

\* – В случае подготовки статьи в соавторстве сведения предоставляются каждым из авторов.





---

Вниманию читателей!  
Подписку на журнал можно оформить  
в почтовых отделениях ФГУП «Почта России».  
Издание включено в объединенный  
и электронный каталог «Пресса России».

Требования к статьям, представляемым  
к публикации, размещены на 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](http://www.biblioclub.ru).

Dear Readers, attention, please!  
Subscription to the journal can be obtained at post  
offices «Russian Post».  
The journal is included in the combined  
and the electronic catalog «Press of Russia.»

Requirements for articles submitted for publication,  
available on the 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](http://www.biblioclub.ru).

---



Заместитель главного научного редактора –  
доктор биологических наук  
*А. В. Мифтахутдинов*  
E-mail: [rusapk@bk.ru](mailto:rusapk@bk.ru)

The deputy of the editor-in-chief  
is Doctor of Biological Sciences  
*A. V. Miftakhutdinov*  
E-mail: [rusapk@bk.ru](mailto:rusapk@bk.ru)

Верстка  
*М. В. Шингареева*

Корректор  
*М. В. Вербина*

Design  
*M. V. Shingaryova*

Proof reader  
*M. V. Verbina*

Перевод на англ. язык – *Д. Л. Зайкова*

English rendering – *D. L. Zaikova*

Подписано в печать 15.12.2018.  
Формат 60×84/8. Гарнитура Times.  
Усл. печ. л. 12,3. Тираж 300 экз.  
Заказ № 235

Signed to print 15.12.2018.  
Format 60×84/8. Times script.  
Conventional printed sheet 12,3.  
Circulation 300 copies.  
Order № 235

Адрес редакции: 454080, г. Челябинск,  
пр. им. В. И. Ленина, 75. Тел.: 8(351) 266-65-20

Editors office: 454080, Chelyabinsk,  
Lenin Avenue, 75. Phone: 8(351) 266-65-20

Адрес издателя: Южно-Уральский  
государственный аграрный университет  
457100, г. Троицк, ул. Гагарина, 13  
Тел.: 8(35163) 2-00-10, факс: 8(35163) 2-04-72  
E-mail: [tvi\\_t@mail.ru](mailto:tvi_t@mail.ru)

Publishers address: South-Ural State  
Agrarian University  
457100, Troitsk, Gagarin Str, 13  
Phone: 8(35163) 2-00-10, Fax: 8(35163) 2-04-72  
E-mail: [tvi\\_t@mail.ru](mailto:tvi_t@mail.ru)

Отпечатано: ИПЦ Южно-Уральского ГАУ,  
Адрес: 454080, г. Челябинск, ул. Энгельса, 83

Printed in South-Ural State Agrarian University  
Publishing House: 454080, Chelyabinsk,  
Engels Str., 83

Свободная цена

Free-market price