

# Известия

САМАРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ

№ 3/2014

16+



**Современные технологии и средства  
механизации растениеводства**

**Эффективность и эксплуатационная  
надежность сельскохозяйственной техники**

**Машиноиспользование в специализированных  
технологиях АПК**

ISSN 1997-3225



9 771997 322635

**ИЗВЕСТИЯ**  
Самарской государственной  
сельскохозяйственной академии

**ИЮЛЬ-СЕНТЯБРЬ №3/2014**

Самара 2014

**Bulletin**  
Samara State  
Agricultural Academy

**JULY-SEPTEMBER №3/2014**

Samara 2014

УДК 619  
И-33

# Известия

Самарской государственной  
сельскохозяйственной академии

№3/2014

В соответствии с решением Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России от 19 февраля 2010 года №6/6 журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук

УЧРЕДИТЕЛЬ и ИЗДАТЕЛЬ:  
ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2

Главный научный редактор, председатель  
редакционно-издательского совета:

*А. М. Петров, кандидат технических наук, профессор*

Зам. главного научного редактора:

*А. В. Васин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор*

Редакционно-издательский совет:

Васин В. Г., д. с.-х. наук, профессор, Самарская ГСХА  
Дулов М. И., д. с.-х. наук, профессор, Самарская ГСХА  
Курочкин А. А., д. техн. наук, профессор, Пензенская ГТА  
Фатыхов И. Ш., д. с.-х. наук, профессор, Ижевская ГСХА  
Косшеляев В. В., д. с.-х. наук, профессор, Пензенская ГСХА  
Марковский А. А., канд. биол. наук, доцент, Самарская ГСХА  
Баймишев Х. Б., д. биол. наук, профессор, Самарская ГСХА  
Ухтверов А. М., д. с.-х. наук, профессор, Самарская ГСХА  
Николаев С. И., д. с.-х. наук, профессор, Волгоградский ГАУ  
Алан Фахи, д. с.-х. наук, Университет Колледж Дублин Ирландия, Белфилд  
Лалина Т. И., д. биол. наук, профессор, Северо-Кавказский зональный НИВИ РАСХН  
Крючин Н. П., д. техн. наук, профессор, Самарская ГСХА  
Иншаков А. П., д. техн. наук, профессор, Мордовский ГУ им. Н. П. Огарева  
Сенин П. В., д. техн. наук, профессор, Мордовский ГУ им. Н. П. Огарева  
Коновалов В. В., д. техн. наук, профессор, Пензенский ГТУ  
Петрова С. С., канд. техн. наук, доцент, Самарская ГСХА  
Заводчиков Н. Д., д. экон. наук, профессор, Оренбургский ГАУ  
Мамай О. В., д. экон. наук, доцент, Самарская ГСХА  
Бондина Н. Н., д. экон. наук, профессор, Пензенская ГСХА  
Хайнрих Шюле, д. экон. наук, профессор, Университет Нюртинген-Гайслинген, Германия  
Косырев В. П., д. пед. наук, профессор, Московский ГАУ им. В. П. Горячкина  
Сычёва Г. В., канд. истор. наук, доцент, Самарская ГСХА

Выпуск №3

*Современные технологии и средства механизации растениеводства*

*Эффективность и эксплуатационная надежность  
сельскохозяйственной техники*

*Машиноиспользование в специализированных технологиях АПК*

Редакция научного журнала:

*Петрова С. С. – ответственный редактор*

*Панкратова О. Ю. – технический редактор*

*Меньшова Е. А. – корректор*

Адрес редакции: 446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2  
Тел.: (84663) 46-2-44, 46-2-47

Факс: 46-2-44

Е-mail: [ssaariz@mail.ru](mailto:ssaariz@mail.ru)

Отпечатано в типографии

ООО Издательство «Книга»

г. Самара, ул. Песчаная, 1

Тел.: (846) 267-36-82.

Е-mail: [slovo@samaramail.ru](mailto:slovo@samaramail.ru)

Подписной индекс в каталоге «Почта России» – 72654

Цена свободная

Подписано в печать 24.06.2014

Формат 60×84/8

Печ. л. 15,88

Тираж 1000. Заказ №1067

Дата выхода 24.07.2014

Журнал зарегистрирован в Поволжском Управлении регистрации и лицензионной работы в сфере массовых коммуникаций Федеральной службы по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия 29 ноября 2006 г.  
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС7 – 4086

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2014

УДК 630  
I-33

# Bulletin

Samara State Agricultural  
Academy

№3/2014

According to the decision of the highest certifying commission of Russian Federation Ministry of Education and Science from February the 19th, 2010 №6/6 the magazine is included in the list of leading reviewed science journals and editions in which the main scientific theses resolutions on candidate and doctor scientific degrees have to be published

ESTABLISHER and PUBLISHER:  
FSBEI HVE Samara SAA

446442, Samara Region, settlement Ust'-Kinel'skiy, 2 Uchebnaya str.

Chief Scientific Editor,

Editorial Board Chairman:

*A. M. Petrov, Ph. D. in Techn. Sciences, Professor*

Deputy Chief Scientific Editor:

*A. V. Vasin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor*

Editorial and Publishing Council:

Vasin V. G., Dr. of Ag. Sci., Professor, Samara SAA  
Dulov M. I., Dr. of Ag. Sci., Professor, Samara SAA  
Kurochkin A. A., Dr. of Techn. Sci., Professor, Penza STA  
Fatykhov I. Sh., Dr. of Ag. Sci., Professor, Izevsk SAA  
Kosheljaev V. V., Dr. of Ag. Sciences, Professor, Penza SAA  
Markovskiy A. A., Cand. of Biol. Sci., Associate prof., Samara SAA  
Baymishov H. B., Dr. of Biol. Sci., Professor, Samara SAA  
Uhtverov A. M., Dr. of Ag. Sci., Professor, Samara SAA  
Nikolaev S. I., Dr. of Ag. Sci., Professor, Volgograd SAU  
Alan Fahey, Dr. of Ag. Sci., University College Dublin Ireland, Belfield  
Lapina T. I., Dr. of Biol. Sci., Professor, North-Caucasian zone research veterinary institute RAAS  
Kryuchin N. P., Dr. of Techn. Sci., Professor, Samara SAA  
Inshakov A. P., Dr. of Techn. Sci., Professor, Mordovian SU of N. P. Ogarev  
Senin P. V., Dr. of Techn. Sci., Professor, Mordovian SU of N. P. Ogarev  
Konovalov V. V., Dr. of Techn. Sci., Professor, Penza STU  
Petрова S. S., Cand. of Techn. Sci., Associate prof., Samara SAA  
Zavodchikov N. D., Dr. of Econ., Professor, Orenburg SAU  
Mamaj O. V., Dr. of Econ., Associate professor, Samara SAA  
Bondina N. N., Dr. of Econ., Professor, Penza SAA  
Heinrich Schuele, Dr. of Econ., Professor, University Nyurtingen-Gayslingen, Germany  
Kosyrev V. P., Dr. of Ped., Professor, Moscow SAU of V. P. Goryachkin  
Syhcheva G. V., Cand. of Histor. Sci., Associate prof., Samara SAA

Issue №3

*Modern technologies and means of mechanization of plant growing*

*Efficiency and operational reliability of farm machinery*

*Machines in specialized technologies of agrarian and industrial complex*

Edition science journal:

*Petrova S. S. – editor-in-chief*

*Pankratova O. Yu. – technical editor*

*Men'shova E. A. – proofreader*

Editorial office: 446442, Samara Region, settlement Ust'-Kinel'skiy, 2 Uchebnaya str.

Тел.: (84663) 46-2-44, 46-2-47

Fax: 46-6-70

Е-mail: [ssaariz@mail.ru](mailto:ssaariz@mail.ru)

Printed in Print House

LLC «Media Book»

Samara, 1 Peschanaya str.

Тел.: (846) 267-36-82.

Е-mail: [izdatkniga@yandex.ru](mailto:izdatkniga@yandex.ru)

Subscription index in catalog «Mail of Russia» – 72654

Price undefined

Signed in print 24.06.2014

Format 60×84/8

Printed sheets 15,88

Print run 1000. Edition №1067

Publishing date 24.07.2014

The journal is registered in Povolzhskiy Department for registration and licensing work in Mass Communications of Federal Service for Supervision of Legislation in Mass Communications and Cultural Heritage Protection 29 November 2006  
The certificate of registration of the PI number FS7 – 4086

© FSBEI HVE Samara SAA, 2014

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

УДК 631.331

## РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКИ ДЛЯ ЗЕРНОВЫХ, МЕЛКОСЕМЯННЫХ И ТРУДНОВЫСЕВАЕМЫХ КУЛЬТУР

**Петров Александр Михайлович**, канд. техн. наук, проф., зав. кафедрой «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 8-а.

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

**Крючин Николай Павлович**, д-р. техн. наук, проф., зав. кафедрой «Механика и инженерная графика», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 8-а.

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

**Ключевые слова:** рядовой, посев, сеялка, аппарат, семена, качество, конструкция.

*Цель исследований – повышение эффективности универсальной сеялки за счет совершенствования ее конструктивно-технологической схемы. В современном растениеводстве исключительно важная роль принадлежит энергосберегающим технологиям. Это одно из важнейших перспективных и приоритетных направлений требует применения сельскохозяйственных машин нового поколения, обеспечивающих высокое качество работ на всех технологических операциях, в том числе и при посеве. Конструкция машин должна разрабатываться с учетом требований многофункциональности, энергоемкости и ресурсосбережения, а компоновочные схемы этих машин должны соответствовать блочно-модульному функционированию. Для посева зерновых, мелкосемянных и трудновысеваемых культур разработана навесная универсальная пневматическая сеялка группового дозирования с шириной захвата 4,5 м имеющая блочно-модульный принцип функционирования. Коэффициент вариации интервалов между семенами на посевах экспериментальной сеялкой составил:  $v = 87\%$  (козлятник восточный, семена замоченные);  $v = 68\%$  (козлятник восточный, семена сухие),  $v = 75\%$  (гречиха),  $v = 73\%$  (пшеница), а на посевах серийной сеялкой данный показатель в среднем по вышеперечисленным культурам составил 112%. При норме высева до 15 кг/га, катушечные аппараты сеялки СЗТ-3,6 не обеспечивают и высевают замоченных семян. Количество семян, заделанных в почву экспериментальной сеялкой с комбинированными сошниками в заданном горизонте глубины, составляет 83%. Дисковыми сошниками сеялки СЗТ-3,6 уложено в заданном горизонте 65% семян. Установлено, что экспериментальная машина обеспечивает выполнение технологического процесса рядового посева сельскохозяйственных культур с различными физико-механическими свойствами семян с необходимыми эксплуатационными и агротехническими показателями.*

В современном растениеводстве исключительно важная роль принадлежит энергосберегающим технологиям. Это одно из важнейших перспективных и приоритетных направлений требует применения сельскохозяйственных машин нового поколения, обеспечивающих высокое качество работ на всех технологических операциях, в том числе и при посеве [1].

Конструкция машин должна разрабатываться с учетом требований многофункциональности, энергоёмкости и ресурсосбережения, а компоновочные схемы этих машин должны соответствовать блочно-модульному функционированию [2].

Эти обстоятельства вызывают необходимость более глубокой научной и технологической проработки вопросов универсализации посевной техники.

Потребность в универсальных посевных машинах часто возникает не только по организационно-технологическим причинам, но и в случае биологических особенностей высеваемых культур и агротехники их возделывания. Примером этому может служить возделывание высокобелковой кормовой культуры козлятника восточного (галеги восточной) на семена и зелёный корм.

Для получения высокопродуктивных семенных посевов эту культуру рекомендуется высевать широко-рядным способом с шириной междурядий 45-70 см, в то же время, более высокий урожай зелёной массы достигается при обычном рядовом посеве с междурядьем 15-20 см.

Кроме того, из-за твердокаменности семян козлятника восточного для повышения их полевой всхожести применяется технология предпосевного замачивания семян в водных растворах без последующего высушивания. Эта операция существенным образом меняет физико-механические свойства семян, превращая их из категории сыпучих в трудносыпучие [3].

Из этого следует, что для возделывания козлятника восточного в производственных условиях необходимо наличие трех видов сеялок, а именно: сеялки способной высевать мелкие семена широко-рядным способом, сеялки для сплошного рядового посева и сеялки для посева трудносыпучих семян. Подобные обстоятельства могут возникать и при возделывании других сельскохозяйственных культур. Если для крупных сельскохозяйственных производителей эта ситуация приемлема, так как высевается множество других сельскохозяйственных культур на значительных площадях, то для мелких производителей иметь широкий набор техники используемой короткое время, весьма неэкономично.

**Цель исследований** – повышение эффективности универсальной сеялки за счет совершенствования ее конструктивно-технологической схемы.

**Задачи исследований** – разработка конструктивно-технологической схемы универсальной пневматической сеялки для рядового посева сельскохозяйственных культур с различными физико-механическими свойствами семян; проведение лабораторно-полевых испытаний экспериментальной сеялки.

В связи с этим для посева зерновых, мелкосемянных и трудновысеваемых культур разработана навесная универсальная пневматическая сеялка группового дозирования. Универсальная сеялка, с шириной захвата 4,5 м агрегируемая с тракторами класса 1,4 представляет собой конструкцию, в которой реализован блочно-модульный принцип функционирования с использованием технологических и технических решений подтвержденных патентами РФ [4, 5, 6].

Основой для универсализации сеялки служит модуль (рис. 1), с помощью которого осуществляется пневматический высеv семян сыпучих, мелкосемянных и трудновысеваемых культур рядовым способом с междурядьем от 6 до 90 см, а так же посев полосовым и ленточным способами, с нормой посева от 1 до 250 кг/га совместно с минеральными удобрениями.

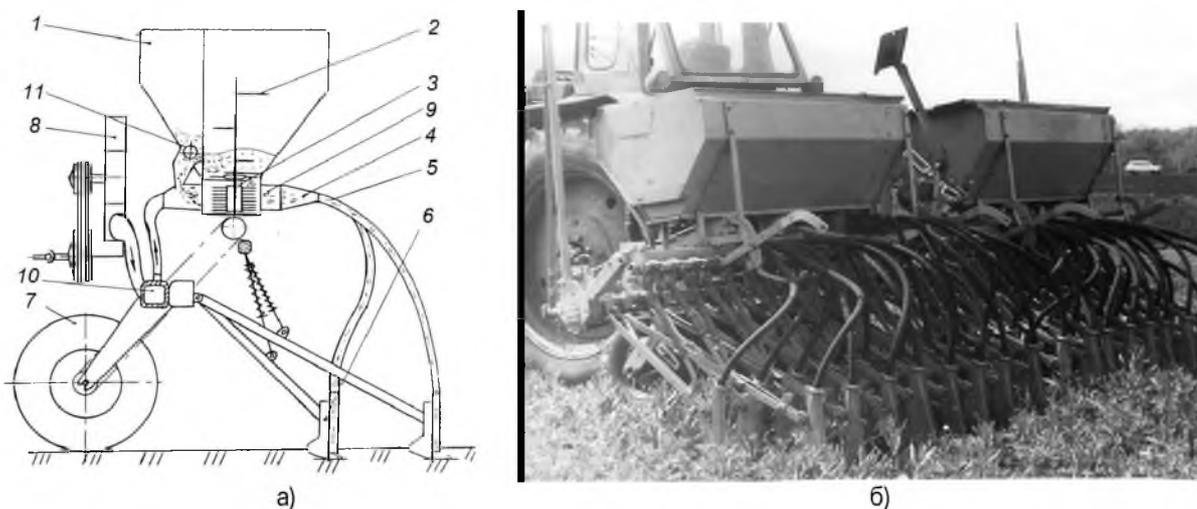


Рис. 1. Технологическая схема (а) и общий вид (б) универсальной пневматической сеялки – модуль для рядового посева:

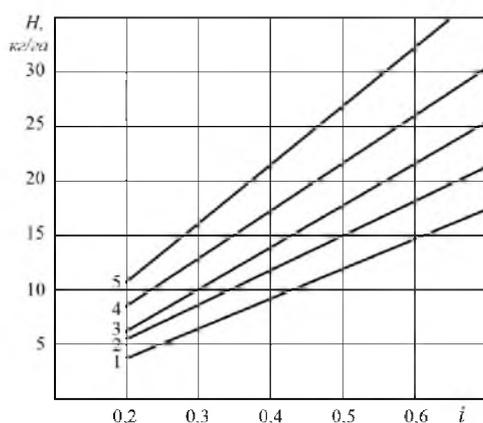
1 – бункер; 2 – ворошилка; 3 – высеваящий аппарат с формирователем потока; 4 – распределительная головка; 5 – семяпровод; 6 – сошник; 7 – опрно-приводное колесо; 8 – вентилятор (экспаустер); 9 – эжектор; 10 – рама-рессивер; 11 – туковысевающий аппарат

Этот модуль состоит из рамы, выполняющей так же роль ресивера, вентилятора, приводимого от ВОМ трактора, который в зависимости от способа посева настраивается на нагнетание или всасывание. На раме смонтированы два бункера с 6 высевальными аппаратами штифтового типа с формователями потока [5] для высева семян и 6 высевальными аппаратами для дозирования удобрений. В качестве высевальных устройств для удобрений были взяты штифтовые катушки от зерновой сеялки, которые объединены в блоки по три штуки.

Для подачи семян от высевальных аппаратов в сошники используется одно- или двухступенчатая распределительно-транспортная система с плоскими распределительными головками [7], с помощью которой сеялка настраивается на высев с необходимым количеством сошников. Для быстрой переналадки сеялки на различное междурядье использовалось оригинальное крепление сошниковых секций к раме [8].

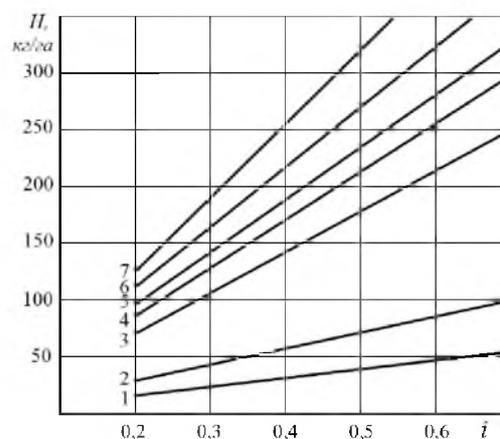
Привод высевальных аппаратов и туковых дозаторов осуществляется от опорно-приводных колёс сеялки через цепные редукторы с широким диапазоном изменения передаточных чисел.

Установка нормы высева семян и удобрений осуществляется по номограммам (рис. 2) с помощью многоступенчатых редукторов, а также за счет регулировок, заложенных в конструкции высевальных аппаратов и дозаторов удобрений.



а)

- 1 – коострец [ $B=10\text{ мм}$ ];
- 2 – подсолнечник [ $B=12\text{ мм}$ ,  $D^k=70\text{ мм}$ ]\*;
- 3 – козлятник (замоченные семена) [ $B=8\text{ мм}$ ];
- 4 – козлятник; донник [ $B=8\text{ мм}$ ];
- 5 – кукуруза [ $B=12\text{ мм}$ ,  $D^k=70\text{ мм}$ ]



б)

- 1 – просо, донник [ $B=8\text{ мм}$ ,  $D^k=115\text{ мм}$ ];
- 2 – коострец [ $B=10\text{ мм}$ ];
- 3 – гречиха [ $B=10\text{ мм}$ ];
- 4 – овес [ $B=12\text{ мм}$ ];
- 5 – ячмень [ $B=10\text{ мм}$ ];
- 6 – пшеница [ $B=12\text{ мм}$ ];
- 7 – горох [ $B=12\text{ мм}$ ]

\* $B$  – размер высевной щели;  $D^k$  – диаметр штифтовой катушки.

Рис. 2. Номограммы для установки нормы высева семян:

а) широкорядный посев; б) рядовой посев

Чтобы производить пунктирный посев, на несущую раму сеялки устанавливаются секции для точного высева, причем, эти секции могут быть, как с механическим высевом, так и с пневматическим, благодаря наличию вентилятора работающего на создание разрежения в системе.

Секции пунктирного посева могут комплектоваться стандартными сошниками либо комбинированными сошниками для мелкосеменных культур [6, 9].

При рядовом посеве зернобобовых культур устанавливаются килевидные сошники от зернотравяной сеялки СЗТ-3,6, которые имеют меньшую по сравнению с дисковыми сошниками металлоемкость и в большей степени приспособлены для пневматического высева.

Кроме того, в комплект сеялки входит набор двухканальных делительных головок для узкорядного посева и 9-ти канальная делительная головка для реализации рядового посева с междурядьем 45 см.

Универсальная пневматическая сеялка разработана в лаборатории посевных машин Самарской ГСХА. Основные конструктивно-технологические элементы сеялки, большинство из которых имеют патентную новизну, прошли лабораторные и полевые исследования и получили одобрение, как учёных академии, так и специалистов хозяйств области.

Применение этих оригинальных технических решений позволяет производить настройку сеялки на заданные условия работы силами тракториста без привлечения дополнительного обслуживающего персонала за короткий промежуток времени.

Агротехнические требования к работе сеялки сводятся главным образом к тому, что сеялка должна обеспечить равномерное распределение семян в почвенном слое по площади и глубине.

**Метод исследований.** Для оценки качественных показателей работы универсальной пневматической сеялки были проведены полевые испытания на посеве козлятника восточного сухими и замоченными семенами, гречихи и пшеницы.

**Результаты исследований** экспериментальной сеялки анализировались в сравнении с результатами, полученными на посевах серийной зернотравяной сеялкой СЗТ-3,6 при равных условиях испытаний.

На основании лабораторно-полевых исследований были получены показатели равномерности распределения семян в рядах при различных способах формирования потока семян высевальным устройством.

На рисунке 3 показаны вариационные кривые распределения интервалов между высевальными семенами по длине ряда.

Лучшие показатели по равномерности распределения семян в ряду получены при высеве экспериментальной сеялкой.

Полученные материалы по серийной сеялке подтвердили результаты, которые приводятся в литературных источниках о низком качестве распределения семян в рядах [10]. Значительный разброс интервалов между семенами наблюдался при высеве их сеялкой СЗТ-3,6 с катушечными высевальными аппаратами и индивидуальной схемой дозирования. При этом более 40% семян укладываются в рядке порционно в виде чередующихся скоплений и пропусков, которые не сглаживаются семяпроводящими и сошниковыми элементами сеялки, а при высеве замоченными семенами, катушечный аппарат, в большинстве случаев, и вовсе был не способен отдозировать массу семян.

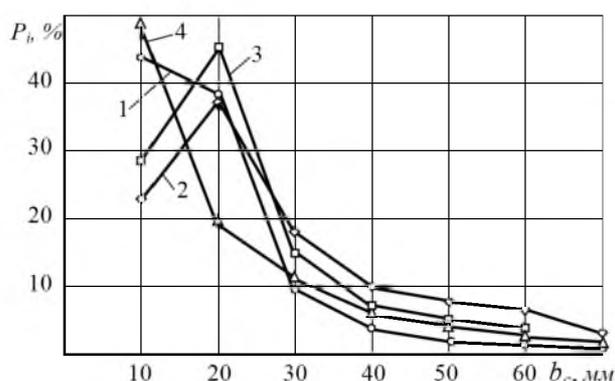


Рис. 3. Распределение интервалов между семенами в рядах при различных способах посева:

- 1 – универсальная сеялка (козлятник, семена замоченные);
- 2 – универсальная сеялка (козлятник, семена сухие);
- 3 – универсальная сеялка (гречиха);
- 4 – сеялка СЗТ-3,6 (козлятник, сухие семена)

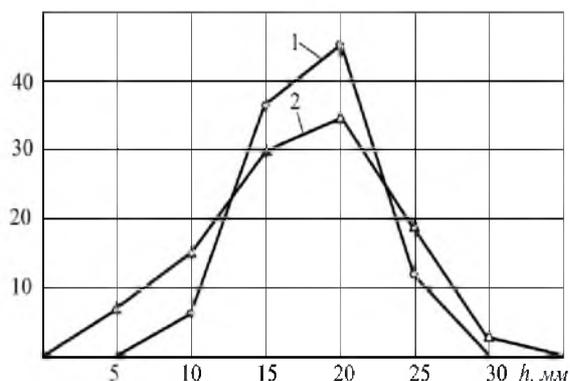


Рис. 4. Распределение семян по глубине в зависимости от способа посева:

- 1 – универсальная сеялка с комбинированными сошниками;
- 2 – сеялка СЗТ-3,6

Коэффициент вариации интервалов между семенами на посевах экспериментальной сеялкой составил:  $v = 87\%$  (козлятник восточный, семена замоченные);  $v = 68\%$  (козлятник восточный, семена сухие),  $v = 75\%$  (гречиха),  $v = 73\%$  (пшеница), а на посевах серийной сеялкой данный показатель в среднем по вышеперечисленным культурам составил 112%. Было отмечено, что высевальная система сеялки СЗТ-3,6 высевает замоченные семена козлятника с большими отклонениями, значительно превышающими агротехнические требования к посеву данной культуры. При норме высева до 15 кг/га, катушечные аппараты сеялки СЗТ-3,6 и вовсе не обеспечивают дозирование и высев замоченных семян.

Применение высевальных аппаратов штифтового типа с формирователями потока позволило повысить равномерность распределения семян и растений в рядах практически на 50%. Из анализа гистограмм распределения (рис. 3) интервалов между семенами в зависимости от способа посева видно, что распределение семян по длине ряда у экспериментальной сеялки больше всего соответствует агротехническим требованиям. Одним из важных критериев работы сеялки является обеспечение необходимой равномерности распределения семян в почве по глубине. Результаты статистической обработки измерений глубины заделки семян на посевах экспериментальной пневматической сеялки и производственной сеялкой СЗТ-3,6 показали, что при заделке семян с помощью комбинированных сошников с пневматическим транспортированием их на дно бороздки качество распределения по глубине значительно выше, чем при укладке семян обычным способом дисковыми и килевидными сошниками. Как видно из графических зависимостей (рис. 4), количество семян, заделанных в почву экспериментальной сеялкой с комбинированными сошниками,

в заданном горизонте глубины составляет 83%. Дисковыми сошниками производственной сеялки СЗТ-3,6 уложено в заданном горизонте 65% семян. Более высокое качество распределения семян при посеве экспериментальной сеялкой объясняется наличием пневматического транспортирования семян, за счет чего семяна, приобретая определенный запас кинетической энергии, фиксируются в почве, что практически полностью исключает их отскоки и перекачивание в бороздке при достижении ее дна.

**Заключение.** Таким образом, по результатам лабораторно-полевых испытаний универсальной пневматической сеялки установлено, что экспериментальная машина обеспечивает выполнение технологического процесса рядового посева сельскохозяйственных культур с различными физико-механическими свойствами семян с необходимыми эксплуатационными и агротехническими показателями.

#### Библиографический список

1. Ивженко, С. А. Повышение плодородия почв с использованием ресурсосберегающих технологий и технических средств при выращивании зерновых культур / С. А. Ивженко, А. М. Марадудин, П. В. Тарасенко // Вестник Саратовского государственного университета им. Н.И. Вавилова. – 2013. – №2. – С. 50-53.
2. Булавицнев, Р.А. Обоснование конструктивных технологических параметров катушечно-штифтового высевального аппарата зерновой сеялки : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Булавицнев Роман Алексеевич. – М. : МГАУ, 2006. – 19 с.
3. Петров, А. М. Обоснование технологии посева и параметров штифтового высевального аппарата пневматической сеялки для посева замоченных семян козлятника восточного : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Петров Александр Михайлович. – Саратов, 1994. – 214 с.
4. Пат. 2142685 Российская Федерация. Высевальный аппарат / Крючин Н. П., Петров А. М., Ларионов Ю. В., Андреев А.Н. [и др.]. – №98107606/13; заявл. 21.04.98; опубл. 20.12.99, Бюл. № 35. – 10 с. : ил.
5. Пат. 2081546 Российская Федерация. Устройство для посева семян / Киров А. А., Крючин Н. П., Петров А. М. [и др.]. – № 93003545/13; заявл. 21.01.93; опубл. 20.06.97, Бюл. №17. – 6 с. : ил.
6. Пат. 2053624 Российская Федерация. Сошник сеялки для мелкозерновых культур / Киров А. А., Крючин Н. П., Куцын Л. М. [и др.]. – № 92005219/15; заявл. 11.11.92; опубл. 10.02.96, Бюл. № 4. – 6 с. : ил.
7. Крючин, Н. П. Повышение эффективности распределительно-транспортирующих систем пневматических посевных машин : монография. – Самара : РИЦ СГСХА, 2008. – 176 с.
8. Пат. 2104627 Российская Федерация. Устройство для крепления сошника сеялки / Киров А. А., Крючин Н. П., Ларионов Ю. В. – № 94004108/13; заявл. 08.02.94; опубл. 20.02.98, Бюл. № 5. – 10 с. : ил.
9. Крючин, Н. П. Разработка комбинированного сошника для мелкозерновых кормовых культур // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – №3. – С. 21-23.
10. Ларюшин, Н. П. Результаты лабораторных исследований катушечного высевального аппарата / Н. П. Ларюшин, А. В. Шуков, Т. Г. Федина // Нива Поволжья. – 2009. – №1. – С. 77-82.

УДК 539.74.4

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТИТАНА И НИКЕЛЯ С УГЛЕРОДОМ ПРИ ОБРАБОТКЕ ИСКРОВЫМИ РАЗРЯДАМИ В СРЕДАХ, СОДЕРЖАЩИХ УГЛЕРОД

**Миронов Денис Владимирович**, канд. физ.-мат. наук, доцент, зав. кафедрой «Математические методы и информационные технологии», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Россия, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

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

**Мазанко Владимир Федорович**, д-р техн. наук, зав. отделом «Нестационарный массоперенос», Институт металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины.

03680, Украина, Киев, бульвар академика Вернадского, 36.

E-mail: [vmazancko@imp.kiev.ua](mailto:vmazancko@imp.kiev.ua)

**Герцикен Дина Соломоновна**, канд. физ.-мат. наук, ст. научный сотрудник отдела «Нестационарный массоперенос», Институт металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины.

03680, Украина, Киев, бульвар академика Вернадского, 36.

E-mail: [dina\\_izotop@mail.ru](mailto:dina_izotop@mail.ru)

**Перетятку Павел Васильевич**, канд. техн. наук, ст. преподаватель Педагогического университета им. А. Руссо.

3100, Молдова, г. Бельцы, ул. Пушкина, 38.

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

**Ключевые слова:** электроискровой, легирование, фаза, диффузия.

*Целью исследования является исследование взаимодействия металлов и металлов с исходным покрытием с газообразными и жидкими средами под действием искровых разрядов. Методами послеполового радиометрического анализа, микро-, макро- и электронномикроскопической автордиографии, рентгеноструктурного, микрорентгено-спектрального и микродюретрического анализов изучены фазовый состав образующегося при электроискровом*

легировании покрытия и диффузионной зоны между покрытием и подложкой, протяженность диффузионной зоны и локализация легирующих атомов при обработке титана и никеля в средах, содержащих углерод. Показана роль плотности и агрегатного состояния среды в проникновении и растворении атомов углерода. Определены механические свойства обработанных материалов. Работа проводилась с использованием трех сред в разном агрегатном состоянии, содержащих различное количество углерода. Диффузию легирующего элемента (углерод) и атомов основных металлов (никель, титан), а также фазовый состав образующихся покрытий рассматривали на металлах, подвергнутых ЭИП в газообразных средах: метане  $\text{CH}_4$  и углекислом газе  $\text{CO}_2$  при давлении в камере 0,1 МПа, и углеродосодержащей жидкой среде глицерине. Для гальванических покрытий были подобраны электролиты и режимы нанесения, позволяющие получать слои с зеркальным блеском, с хорошей адгезией, постоянными толщиной и составом по всей обрабатываемой поверхности. Обработка образцов искровыми разрядами и нанесение покрытий проводилась на промышленной установке Элитрон-22. В экспериментах применяли бесконтактный метод легирования, при котором варьировалась величина межэлектродного промежутка МЭП  $l_{\text{мэп}}$  от 0,5 до 2 мм. Эксперименты проводили в специальной камере, куда помещали соответствующие среды. Установлено, что применение исходных многокомпонентных покрытий и использование жидких и газообразных сред с высоким содержанием углерода в сочетании с угольным анодом в процессе электроискрового легирования металлов позволяет придавать приповерхностным слоям титана и никеля новые свойства, обеспечивающие необходимые эксплуатационные характеристики.

Известно, что в процессе электроискрового легирования (ЭИП) происходит внедрение в катод (образец) не только атомов элементов анода (источника легирующих добавок), но и компонентов газовой или жидкой среды, в которой производится обработка [1-6]. Это может приводить как к улучшению, так и ухудшению эксплуатационных характеристик в зависимости от химического и фазового состава среды. Данный эффект может быть использован для модифицирования поверхности изделий и придания им разнообразных полезных свойств.

**Целью исследования** является исследование взаимодействия металлов и металлов с исходным покрытием с газообразными и жидкими средами под действием искровых разрядов. Исходя из поставленной цели, в **задачи исследований** входило:

- изучить взаимодействие титана и никеля с углеродом при обработке искровыми разрядами в различных углеродосодержащих средах;
- изучить влияние параметров электроискровой обработки на диффузионные характеристики и определить роль этих факторов;
- определить особенности в формировании структуры и свойств, фазообразования и взаимодействия материала образцов с углеродосодержащими средами при электроискровой обработке.

**Материалы и методы исследований.** Работа проводилась с использованием трех сред в разном агрегатном состоянии, содержащих различное количество углерода. Диффузию легирующего элемента (углерод) и атомов основных металлов (никель, титан), а также фазовый состав образующихся покрытий рассматривали на металлах, подвергнутых ЭИП в газообразных средах: метане  $\text{CH}_4$  и углекислом газе  $\text{CO}_2$  при давлении в камере 0,1 МПа, и углеродосодержащей жидкой среде – глицерине. Согласно формуле глицерина  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$  [ $\text{HOCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{-CH}_2\text{OH}$ ], он содержит углерода около четверти атомного состава. Его температура кипения равна 563 К. Поэтому при действии искрового разряда повышение  $T$ , доходящее при жестких режимах почти до  $T_{\text{кпл}}$ , приводит к частичной диссоциации, протекающей, как известно, при нагреве до предпереходных температур.

Эксперименты проводили на образцах, изготовленных из четырех материалов: никеля;  $\alpha$ -титана; титана, на поверхность которого было нанесено гальваническое никелевое покрытие толщиной ~ 10 мкм, и титана с нанесенным осаждением никель-фосфорным покрытием.

Для гальванических покрытий были подобраны электролиты и режимы нанесения, позволяющие получать слои с зеркальным блеском, с хорошей адгезией, постоянными толщиной и составом по всей обрабатываемой поверхности.

Никелирование осуществляли в слабокислом электролите следующего состава: сернокислый никель  $\text{NiSO}_4$  – 140 г; сернокислый натрий  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  – 50 г; сернокислый магний  $\text{MgSO}_4$  – 30 г; поваренная соль  $\text{NaCl}$  – 5 г; борная кислота  $\text{H}_3\text{BO}_3$  – 20 г; вода – 1000 г. Температура электролита – 18-25°C, плотность тока – 0,8-1 А/дм<sup>2</sup>. Требуемое значение pH = 4,5 получали добавлением небольшого количества (нескольких капель) водного раствора аммиака. Слой никеля толщиной до 1 мкм при плотности тока 0,15 А/дм<sup>2</sup> оседает за 20 мин, а при 0,1 А/дм<sup>2</sup> – за 30 мин. При использовании радиоактивного изотопа Ni его вливали в готовый электролит в виде нескольких капель меченого по никелю сульфата  $\text{NiSO}_4$ .

Для осаждения титана использовали электролит следующего состава: титанат натрия  $\text{Na}_2\text{TiO}_3$  – 75 г/л, уксуснокислый натрий  $\text{CH}_3\text{COONa}$  – 30 г/л, едкий натр  $\text{NaOH}$  – 35 г/л. При температуре электролита 50°C и катодном токе  $1 \div 5$  А/дм<sup>2</sup> слой Ti в 1 мкм образуется за 10 мин. При использовании радиоактивного изотопа Ti его вливали в готовый электролит в виде нескольких капель меченой по титану соли  $\text{Na}_2\text{TiO}_3$ .

Для создания упрочненных слоев сложного состава использовали методику химического осаждения. При нанесении никель-фосфорного покрытия толщиной от 10 до 40 мкм применялись последовательно химическое обезжиривание поверхности титана, сушка, пескоструйная обработка электрокорундом №10, гибридная обработка в смеси HCl и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в соотношении 1:1. После этого производилось химическое никелирование при T = 87-92°C в течение 2-3 ч в растворе следующего состава: 20-30 г/л NiSO<sub>4</sub>, 20-25 г/л гипофосфита натрия NaHPO<sub>2</sub>, 20-25 г/л аминокислоты (глицина) NH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-COOH, 14-17 г/л уксуснокислого натрия CH<sub>3</sub>-COONa, 0,002-0,003 мг/л этилмочевины C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>O. Полученное покрытие состояло из пересыщенного раствора фосфора в никеле, причем микронапряжения в покрытии настолько велики, что на рентгенограммах отражения от кристаллографических плоскостей сливаются в одну чрезвычайно уширенную линию (рис. 1, кривая 1).

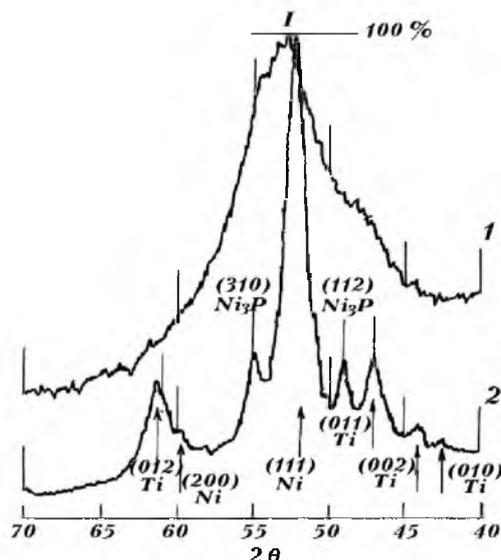


Рис. 1. Рентгенограммы образцов с никель-фосфорным покрытием на титане в исходном состоянии (1) и после часового отжига при 573 К (2)

Однако после отжига в течение 1 ч при 300-350°C происходит выход избыточного фосфора из твердого раствора внедрения и возникают 2 фазы: твердый раствор фосфора в никеле (ГЦК-решетка) и ~ 15% дисперсного (менее 0,05 мкм) фосфида никеля Ni<sub>3</sub>P с тетрагональной симметрией (рисунок 1, кривая 2). Диффузионная зона между покрытием и подложкой при столь низких температурах и малых временах составляла сотые доли микрона. Поскольку взаимная диффузия незначительна, концентраций растворенных друг в друге никеля и титана недостаточно для образования интерметаллических фаз даже в микрообъемах.

Обработка образцов искровыми разрядами и нанесение покрытий проводилась по методике, описанной в работе [7], на промышленной установке Элитрон-22, состоящей из генератора импульсных токов и блока нагрузок. Энергия искрового разряда составляла 0,9 и 6,4 Дж. Частота следования разрядных импульсов >60 Гц. Длительность импульса составляла 200 мкс. В экспериментах применяли бесконтактный метод легирования, при котором варьировалась величина межэлектродного промежутка МЭП  $I_{мэп}$  от 0,5 до 2 мм. Время обработки единицы площади 1 см<sup>2</sup> составляло 1 мин ( $t_{обработки} = 1 \text{ см}^2/\text{мин}$ ). Эксперименты проводили в специальной камере, куда помещали соответствующие среды [8]. При исследовании особенностей проникновения атомов углерода и его локализации среда была меченой по углероду. Для всех экспериментов анод был изготовленным из графита, но при определении подвижности атомов углерода использовали анод, содержащий равномерно распределенный изотоп углерода <sup>14</sup>C (β-, 150 кэВ, 5000 лет). Для металлов мечеными атомами служили нанесенные на поверхность слои (до 1 мкм) изотопов титана <sup>44</sup>Ti (электронный захват ε, 75,3 кэВ, 60 лет) и <sup>63</sup>Ni (β-, 65 кэВ, 125 лет). В экспериментах по определению фазового состава радиоактивные элементы отсутствовали. Все подобные исследования проводились с помощью стабильных изотопов.

Исследования процессов взаимодействия никеля и титана с углеродом анода и сред проводили комплексом методов физико-химического анализа, основанных на разных принципах: послойный радиометрический анализ с применением изотопов углерода <sup>14</sup>C, титана <sup>44</sup>Ti и никеля <sup>63</sup>Ni, микро-, макро-, электронномикроскопическая автордиография, рентгеноструктурный микрорентгеноспектральный, микродюретрический анализы. Также проводились трибологические испытания.

#### **Результаты исследований.**

**Электроискровое легирование никеля.** Обработка никеля графитовым анодом в среде углекислого газа CO<sub>2</sub>, меченого по углероду <sup>14</sup>C, приводит к образованию в диффузионной зоне на протяжении 50 и

75 мкм при энергии импульса 0,9 и 6,4 Дж концентрационного профиля с переменной концентрацией углерода, в приповерхностном слое до 5 мкм – пересыщенного твердого раствора внедрения с содержанием углерода, достигающим до 2,95 %. Это превышает максимальную концентрацию в равновесных условиях – 2,7 ат. % при 1326°С [9]. Практически те же значения глубин проникновения атомов изотопа углерода  $^{14}\text{C}$  в зависимости от энергии искрового разряда имеют место при поступлении углерода в никель из анода при обработке в среде, не содержащей меченых атомов, причем рост глубины проникновения с увеличением энергии разряда наблюдается при обоих значениях межэлектродного промежутка – 0,5 и 2 мм. Отметим, что при всех величинах МЭП и энергии в диффузионной зоне, начиная с 5-10 мкм, наблюдается экспоненциальная зависимость распределения атомов от глубины и равномерное распределение меченых атомов как углерода, так и никеля в плоскостях, параллельных обрабатываемой поверхности (рис. 2). Это проявляется практически до конца диффузионной зоны, однако на расстоянии от поверхности порядка 0,9-0,95 глубины проникновения количество восстановленных  $\beta$ -излучением атомов  $^{14}\text{C}$  кристаллов бромистого серебра невелико, и поэтому трудно судить о равномерности их распределения в матрице. Самодиффузия никеля из предварительно нанесенного слоя толщиной до 1 мкм в глубь металла при обработке графитным анодом в среде  $\text{CO}_2$  также описывается экспоненциальной зависимостью концентрации от квадрата глубины проникновения, что в сочетании с однородностью распределения параллельно поверхности на различных глубинах указывает на объемный характер миграции атомов. Отметим, что самодиффузия никеля происходила одновременно с проникновением в никель углерода.

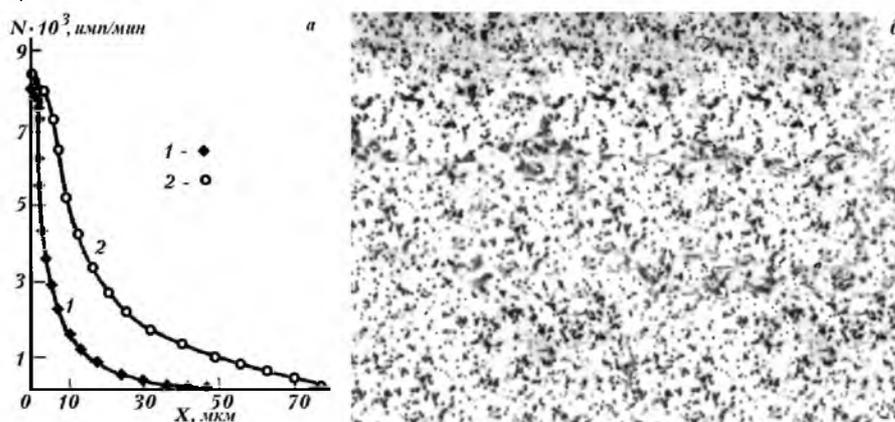


Рис. 2. Концентрационные профили распределения атомов углерода  $^{14}\text{C}$  в никеле (а) при обработке в среде углекислого газа, МЭП 0,5 мм: 1 – 0,9; 2 – 6,4 Дж, автордиограмма-реплика никеля (б), снятая с помощью  $^{63}\text{Ni}$  параллельно поверхности на глубине 10 мкм,  $\times 4800$ , 6,4 Дж, 2 мм

Аналогичные результаты (значения максимальной концентрации на поверхности – 3,05 ат. % и глубины проникновения – 78-80 мкм) получены при электроискровой обработке никеля в среде метана, меченого по углероду, при энергии 6,4 Дж (рис. 3). Величина параметра решетки доходит до 0,3546 нм (в исходном состоянии – 0,3524 нм), при этом, несмотря на столь значительное увеличение параметра, решетка остается гранецентрированной.

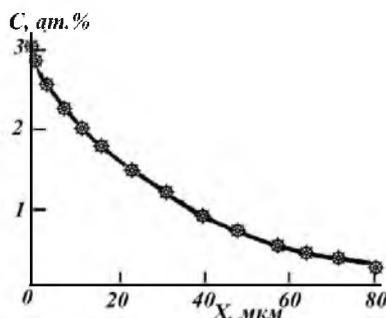


Рис. 3. Концентрационный профиль распределения атомов углерода  $^{14}\text{C}$  в никеле при обработке в среде метана, МЭП 0,5 мм, 6,4 Дж

Отметим, что при обработке в данной среде также с ростом энергии импульса происходит увеличение глубины проникновения и количества растворенного углерода. Так, при  $W = 0,9$  и 3,14 Дж значения  $C_{\text{max}}$  и  $X_{\text{max}}$  составляют соответственно 2,81 и 2,95 ат. %, 52 и 72 мкм (в среднем по 10 образцам).

Следует обратить внимание на тот факт, что при обработке в среде метана наблюдается проникновение большего количества углерода, чем при обработке в среде углекислого газа. То есть несмотря на то, что в молекуле  $\text{CH}_4$  атом углерода приходится на 4 атома другого элемента, а в молекуле  $\text{CO}_2$  – на 2, в первом случае имеют место более интенсивные миграция и растворение. По-видимому, это связано с тем обстоятельством, что масса молекулы метана практически определяется массой углерода (соотношение 12:4, т.е. 3:1), а в углекислом газе масса углерода составляет менее одной трети массы молекулы. Следовательно, введение углерода из среды при использовании одного и того же материала анода (графита в данном случае) в определенной степени лимитируется его количеством в среде.

Действительно, проведенное для сравнения ЭИЛ никеля по вышеуказанным режимам графитовым анодом на воздухе, содержащем, как известно, всего  $\sim 0,03\%$   $\text{CO}_2$ , показало, что концентрация углерода на поверхности не превышает 2,05 %, что, по-видимому, связано с проникновением атомов углерода из материала анода. Это подтверждается результатами ЭИЛ никеля в данных условиях обработки на воздухе никелевым анодом. В этом случае максимальная концентрация растворенного углерода в никеле (на поверхности и в приповерхностном слое до 10 мкм) не превышает 0,015%. Следовательно, находящийся в аноде углерод проникает в большем количестве в образец, чем вводится из среды. Отметим, что сходные результаты были показаны в работе [6] при изучении взаимодействия молибдена с углекислым газом, находящемся в воздухе, и углеродом, дополнительно поступающим в молибден из малоуглеродистой стали Ст.45.

Взаимодействие никеля с глицерином при ЭИЛ никелевым анодом приводит к образованию только пересыщенного твердого раствора углерода в никеле с ГЦК-решеткой. Концентрация углерода на поверхности при 0,9 Дж составляет 3,07 ат. % С, а на глубине свыше 70 мкм углерод не выявляется даже с помощью изотопа  $^{14}\text{C}$ . При обработке в средах  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  даже при энергии разряда 6,4 Дж максимальная концентрация была ниже. Следовательно, при обработке в глицерине, т.е. в среде с большей плотностью и большим содержанием углерода возникает раствор с большим пресыщением. Однако фазы внедрения  $\text{Ni}_3\text{C}$  при взаимодействии с метаном, углекислым газом и глицерином, как и при изотермическом отжиге, обнаружены не были.

*Электроискровое легирование титана.* Проведенные эксперименты показали, что при обработке титана титановым анодом в среде углекислого газа на поверхности и по толщине формирующегося покрытия наблюдаются 2 фазы: карбид титана  $\text{TiC}$  и раствор внедрения углерода в титане  $\alpha\text{-Ti}$ , то есть одновременно с образованием покрытия происходит растворение углерода в титане ( $\alpha\text{-Ti}$ ) и упорядочение твердого раствора ( $\text{TiC}$ ). Концентрация углерода в тонком приповерхностном слое достигает почти 60%, а концентрация кислорода еще выше, что является следствием его большего содержания в среде (рис. 4).

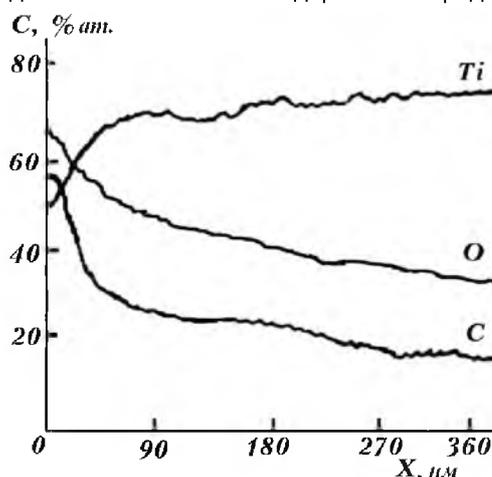


Рис. 4. Распределение O и C, поступающих из среды  $\text{CO}_2$ , по глубине диффузионной зоны титана при обработке титановым анодом ( $E_{\text{и}}=0,9$  Дж,  $t_{\text{и}}=200$  мкс,  $t = 10$  с,  $l_{\text{мэл}} = 2$  мм)

При проникновении углерода из глицерина при обработке по режиму 0,9 Дж, 200 мкс, 1 см<sup>2</sup>/с,  $l_{\text{мэл}} = 2$  мм в слое до 200 нм, т.е. непосредственно на поверхности концентрация С составляет почти 90%, преимущественно находящегося в карбидах, что несомненно связано с большей плотностью среды. Так как эта фаза мелкодисперсна, то различие в содержании углерода в разных точках на поверхности не превышает 5%. Разброс микротвердости по поверхности составил не более 5-7%. Максимальное значение  $H_{\mu} \sim 8,7$  ГПа, что почти в 3 раза выше  $H_{\mu}$  титана в исходном состоянии.

Поскольку в процессе ЭИЛ происходит не только образование фаз, но и одновременно с образованием их распад, высвободившиеся атомы углерода мигрируют в глубь титана, также образуя твердый

раствор и карбид титана, количество которых спадает с глубиной. Описать полученный профиль можно достаточно корректно с помощью экспоненциальной зависимости концентрации от квадрата глубин проникновения подобно распределению концентраций меченых атомов никеля в никеле, представленной на рисунках 2а и 3.

*Электроискровое легирование титана с никелевым покрытием.* При обработке титана с исходным никелевым покрытием в глицерине графитным анодом образуется многофазная система. В покрытии и диффузионной зоне присутствуют твердые растворы титана и углерода в никеле, углерода и никеля в титане, карбид титана TiC с ГЦК решеткой типа NaCl и периодом решетки  $a$ , равным 0,4321 нм. С ростом энергии искрового разряда и длительности обработки увеличивается глубина проникновения в титан никеля и углерода, концентрационный профиль и распределение  $H_{\mu}$  спадает с глубиной более полого, но максимальные значения концентрации и микротвердости практически не изменяются. Трибологические испытания показали, что в тонком приповерхностном слое (до  $X \cong 2-5$  мкм) стойкость к истиранию незначительна. Затем на протяжении 10-25 мкм износостойкость практически не изменяется и является максимальной для каждого режима ЭИЛ. На больших глубинах износостойкость резко падает.

При введении углерода из газовой среды в титан с исходным никель-фосфорным покрытием возникают твердый раствор углерода и титана в уже существующем растворе фосфора в никеле, раствор углерода и титана в никеле, карбид титана в небольших количествах, и часть атомов углерода и титана из подложки попадает в фосфид никеля. Атомы кислорода растворяются в основном металле и покрытии, но в фосфиде никеля и карбиде титана их нет. Окислы также не обнаружены. Отметим, что новые фазы внедрения не появляются.

Обработка титана с исходным покрытием (твердый раствор и фосфид) как графитным, так и никелевым анодом в глицерине способствует появлению дополнительно к вышеуказанным следующим фаз: раствора фосфора в титановой основе и формирующемся никелевом покрытии, небольших количеств фосфида титана  $Ti_3P$  с тетрагональной решеткой и недостатком фосфора. В области между формирующимся покрытием и основным металлом, где находится исходное покрытие, также частично сохранился фосфид  $Ni_3P$ . Фазовый состав при взаимодействии титана с исходным покрытием с никелем и глицерином представлен на рисунке 5.

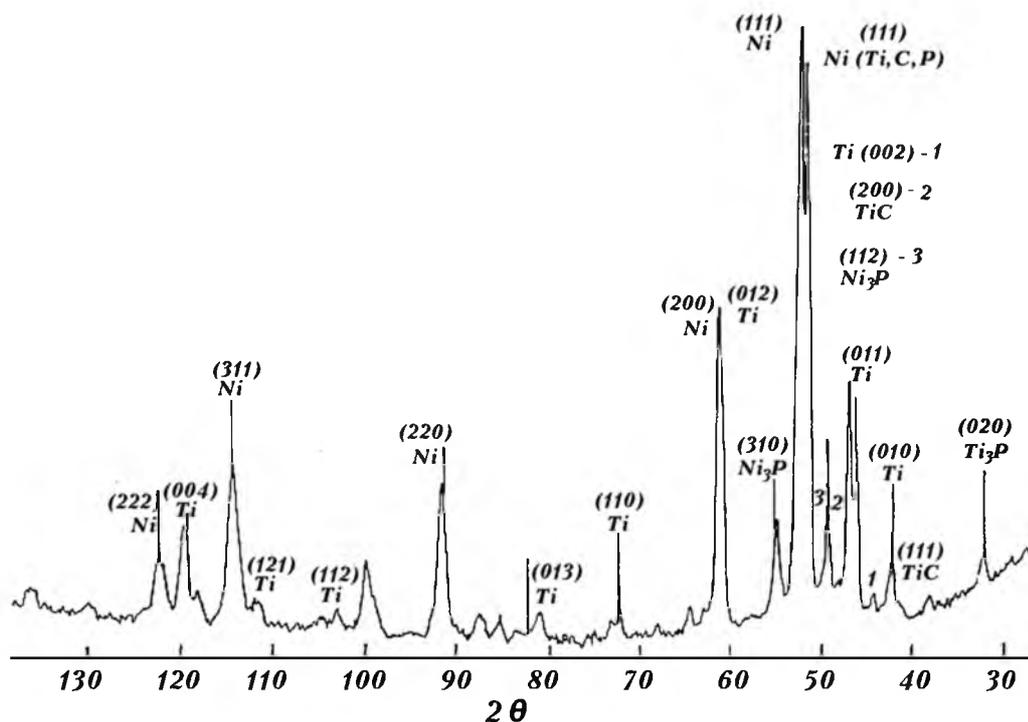


Рис. 5. Рентгенограмма титана с никель-фосфорным покрытием после ЭИЛ никелевым анодом в глицерине, Со-излучение, 6,4 Дж, 2 мм, 200 мкс, 1 см<sup>2</sup>/мин

Как видно из рисунка 5, в диффузионной зоне помимо следующих фаз, определяемых по рентгеновским рефлексам:  $Ti_3P$  [(020)], TiC [(111), (200)],  $Ni_3P$  [(112), (310)], Ti [(010), (002), (011), (012), (110), (013), (112), (121), (004)], Ni [(111), (200), (220), (311), (222)], твердый раствор C; P; Ti в Ni (111), присутствуют также неидентифицируемые фазы.

Образование в формирующемся покрытии, исходном покрытии и диффузионной зоне мелкодисперсных упрочняющих фаз TiN и Ti<sub>3</sub>P наряду с существовавшим до ЭИЛ фосфидом Ni<sub>3</sub>P приводит к росту износостойкости (от 1,2 раза при W = 0,9 Дж до 1,7 раз при 6,4 Дж) и микротвердости за пределами исходного покрытия. Это видно из рисунка 6, представляющего результаты, полученные при обработке искровыми разрядами по режиму: 3,14 Дж, 2 мм, 200 мкс, 1 см<sup>2</sup>/мин. В то же время применение газообразных сред и никелевого покрытия гораздо слабее влияет на микротвердость поверхностных слоев.

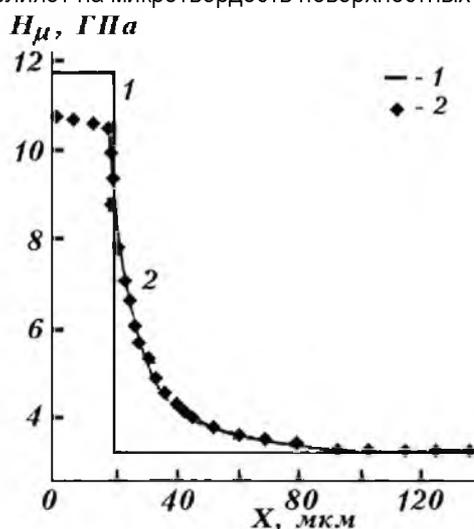


Рис. 6. Микротвердость Ti с Ni-P покрытием: исходное состояние (1), после легирования в глицерине анодом из графита (2)

Изучение взаимодействия никель-фосфорного покрытия на титане с атомами углерода в процессе ЭИЛ показало, что фазовый состав образующихся слоев не зависит от того, были ли в исходном покрытии пересыщенный твердый раствор или двухфазное состояние. Из этого следует, что выход избыточного фосфора из кристаллической решетки никеля происходит в течение процесса ЭИЛ, то есть за несколько секунд, в то время как при изотермических отжигах на это требуется не менее 1 ч. Следовательно, как и для атомов легирующих примесей, для атомов основного материала имеет место увеличение их подвижности.

Необходимо отметить, что, как следует из сравнения рентгенограмм на рисунке 7, увеличение энергии искрового разряда приводит не только к росту подвижности атомов и увеличению концентрации растворенного углерода в никеле, титане, а также в покрытиях на них, но и увеличению гомогенности образующихся и исходных фаз, в частности, карбидов и фосфидов.

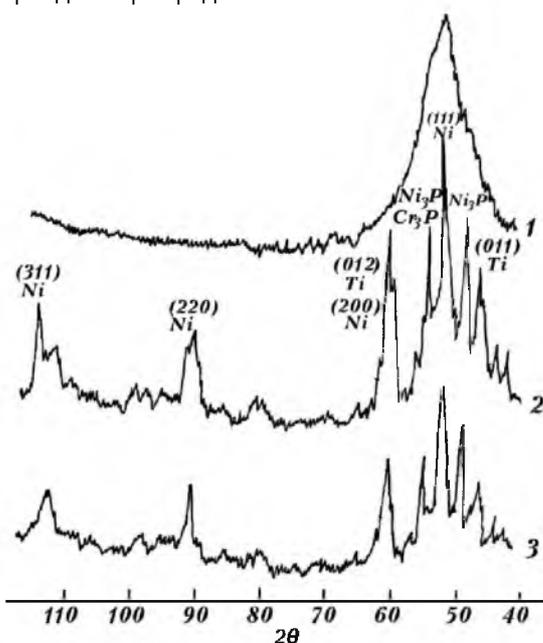


Рис. 7. Рентгенограмма титанового образца с никель-фосфорным покрытием в исходном состоянии (1) после легирования углеродом в среде углекислого газа с энергиями 0,9 Дж (2) и 3,14 Дж (3)

Проведенные для сравнения эксперименты при использовании тех же режимов и среды CO<sub>2</sub>, но титанового и никелевого анодов, показали, что с ростом энергии разряда возрастает гомогенность твердых растворов и фаз внедрения.

**Заключение.** Следовательно, как вытекает из определенных в работе особенностей образования фазового состава покрытия и переходной зоны между покрытием и основным металлом, локализации и распределения атомов в диффузионной зоне, а также механических характеристик, применение исходных многокомпонентных покрытий и использование жидких и газообразных сред с высоким содержанием углерода в сочетании с угольным анодом в процессе электроискрового легирования металлов позволяет придавать приповерхностным слоям титана и никеля новые свойства, обеспечивающие необходимые эксплуатационные характеристики.

#### Библиографический список

1. Тышкевич, В. М. Особенности формирования многокомпонентных покрытий на титановом сплаве BT-20 при электроискровом легировании / В. М. Тышкевич, Д. С. Герцрикен, В. М. Фальченко, А. И. Янович // Вісник Черкаського Державного університету. – 1999. – №9. – С. 16-23. – (Сер. фіз.-мат.).
2. Арсенюк, В. В. Вплив електроіскрової обробки на фазовий склад молібденових покриттів на сталі 20 / В. В. Арсенюк, Д. С. Герцрикен, В. Ф. Мазанко [и др.] // Металознавство та обробка металів. – 2002. – №4. – С. 3-8.
3. Мазанко, В. Ф. Вплив газового середовища на формування покриттів на залізі за електроіскрового легування / В. Ф. Мазанко, Є. В. Іващенко, С. П. Ворона, К. М. Храновська // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2008. – №44 (2). – С. 117-119.
4. Герцрикен, Д. С. Взаимодействие железа с газами воздуха под действием искровых разрядов / Д. С. Герцрикен, В. Ф. Мазанко, Чао Шенжу [и др.] // Взаимодействие излучений с твердым телом : мат. 8-й Международной конференции. – 2009, 23-25 сент. – Минск : Издательский центр БГУ, 2009. – С. 24-26.
5. Герцрикен, Д. С. Взаимодействие меди с газами воздуха под действием искровых разрядов / Д. С. Герцрикен, В. Ф. Мазанко, Чао Шенжу [и др.] // Взаимодействие излучений с твердым телом : мат. 8-й Международной конференции. – 2009, 23-25 сент. – Минск : Издательский центр БГУ, 2009. – С. 27-29.
6. Герцрикен, Д. С. Взаимодействие никеля и молибдена с газами воздуха под действием искровых разрядов / Д. С. Герцрикен, В. Ф. Мазанко, Чао Шенжу [и др.] // Актуальные проблемы прочности : мат. 50 Международного симпозиума. – 2010, 27 сент. – 1 окт. – Витебск : Издательский центр Института технической акустики НАН Беларуси, 2010. – Ч. 2. – С. 164-167.
7. Верхотуров, А. Д. Технология ЭИЛ металлических поверхностей. – Киев : Техника, 1982. – 181 с.
8. Храновська, К. М. Масоперенесення, структурні та фазові зміни у залізі та міді при їх легуванні за умов температурних градієнтів. : автореф. дис. ...канд. техн. наук / Храновська Катерина Миколаївна. – Київ : Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, 2009. – 21 с.
9. Коваль, Ю. Н. Кристаллическая структура металлов и сплавов / Ю. Н. Коваль, О. М. Барабаш. – Киев : Наукова Думка, 1986. – 599 с.

УДК 631.358.459(088.8)

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СЕПАРИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРУТКОВЫХ ЭЛЕВАТОРОВ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН ЗА СЧЕТ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО РАЗРУШЕНИЯ КЛУБНЕННОГО ПЛАСТА**

**Воронков Владимир Витальевич**, ст. преподаватель кафедры «Тракторы и сельскохозяйственные машины», ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. академика Д.К. Беляева.  
153022, г. Иваново, ул. Ташкентская, д. 77.  
E-mail: [voronkov58@list.ru](mailto:voronkov58@list.ru)

**Ключевые слова:** прутковый, элеватор, сепарация, почва, битер, фартук, траектория.

*Цель исследования – повышение сепарирующей способности прутковых элеваторов картофелеуборочных машин за счет предварительного разрушения клубненого пласта. Для этого необходимо интенсифицировать процесс сепарации почвы прутковыми элеваторами уборочных машин. Поставленную задачу можно решить путем разрушения почвенных комков, находящихся в клубненосном пласте, до сепарируемых размеров. Прутковый элеватор вследствие недостаточной площади активной зоны полностью решить эту проблему не способен. В связи с этим в статье рассматривается использование дополнительных устройств, служащих для деформации клубненого пласта на стадии его схода с рабочих органов подкапывающих секций картофелеуборочных машин. Наиболее оптимальным способом разрушения почвенных комков является динамическое воздействие на них со стороны рабочих органов таких устройств. Предложена конструкция активного битера с гибкими прутками, на которые посажены шарообразные ударники, имеющие эластичную поверхность. Это позволяет обеспечить процесс разрушения почвенных комков с наименьшими усилиями и деформациями, что минимизирует повреждаемость клубней*

картофеля. Для обеспечения максимальной площади рабочей поверхности пруткового элеватора обосновывается графо-аналитическим методом место установки прорезиненного фартука, служащего для гашения кинетической энергии элементов клубненосного пласта, отбрасываемых активным битером.

Себестоимость клубней при комбайновом способе уборки во многом зависит от степени засоренности картофельного вороха почвенными частицами, большое наличие которых увеличивает транспортные издержки, а также затраты на послеуборочную обработку урожая [1]. Анализ работы существующих конструкций картофелеуборочных комбайнов отечественного производства показывает, что при их эксплуатации даже на почвах средней связности в бункер машин поступает до 14,1% почвенных примесей [2]. В связи с этим увеличивается необходимое количество транспортных средств для доставки картофельного вороха от комбайнов к пункту доработки, снижается производительность картофелесортировок, а также уменьшается толщина плодородного слоя почвы.

**Цель исследования** – повышение сепарирующей способности прутковых элеваторов картофелеуборочных машин за счет предварительного разрушения клубненосного пласта.

**Задачи исследований** – создание конструкции устройства для эффективного динамического воздействия на клубненосный пласт в момент схода его с лемехов и теоретическое обоснование местоположения фартука-гасителя кинетической энергии частиц, отбрасываемых битером.

**Материалы и методы исследований.** Современные картофелеуборочные машины работают по принципу подкапывания клубненосного пласта и частичного его разрушения с помощью плоских и криволинейных лемехов с последующим выделением клубней картофеля из общей массы на сепараторах, пальчиковых горках и т.п. В настоящее время в большинстве конструкций отечественных и зарубежных картофелекопателей и картофелеуборочных комбайнов прутковый элеватор остается наиболее распространенным сепаратором почвы [3].

Существенным минусом пруткового элеватора является недостаточная площадь активной зоны, где происходит дополнительное разрушение клубненосного пласта. Эта зона находится только в непосредственной близости от пассивного или активного встряхивателей. В результате остаются неразрушенными достаточно большое количество почвенных комков диаметром свыше 25 мм, что снижает эффективность работы сепарирующего устройства [4].

Разрушение оставшихся комков до сепарируемых размеров (0-25 мм), когда основная масса почвы отсеяна, сопровождается повреждениями клубней. Это объясняется тем, что действие сил сепарирующих органов на разделяемую массу передается как почвенным комкам, так и клубням картофеля. В результате комки разрушаются, а клубни получают механические повреждения [5].

Очевидно, что для обеспечения наилучших условий разрушения комков и исключения повреждения клубней надо стремиться к тому, чтобы характер нагружения и вид деформации комка были такими, при которых разрушение происходило бы с наименьшими усилиями и деформациями.

При статическом нагружении допустимой нагрузкой на клубень, которую он выдерживает без повреждений, является усилие 150-250 Н, тогда как почвенные комки выдерживают значительно большую нагрузку. При ударном (динамическом) нагружении допустимой скоростью соударения клубней с металлической поверхностью является скорость 2,2 м/с, при которой разрушается всего 8-13% комков. И все же способ динамического нагружения при разрушении комков более эффективен и имеет преимущественное применение на картофелеуборочных машинах [6].

Наиболее перспективным рабочим органом для разрушения почвенного пласта без повреждения клубней является битер, динамически воздействующий на пласт в момент схода его с лемехов.

Установлено, что повреждаемость клубней возрастает с увеличением окружной скорости лопастей битера, но до скорости  $U = 6,5$  м/с рост поврежденных клубней незначителен и составляет 1,5-3,0% от общей массы [7]. Такая окружная скорость неприемлема ни для одного известного комкоразрушающего рабочего органа картофелеуборочных машин. Это отчасти объясняется тем, что клубни составляют всего 2-3% в подкапываемом пласте.

С точки зрения минимизации повреждаемости клубней заслуживает внимания прутковый двухрядный битер, у которого прутки второго ряда препятствуют просеиванию мелкой почвы сквозь живое сечение битера, благодаря чему заметно возрастает защитная роль почвы. Однако жесткий металлический пруток не позволяет полностью исключить травмирования клубней, что особенно важно при уборке семенных участков.

На кафедре ТСХМ Ивановской ГСХА разработано комкоразрушающее устройство, конструкция которого представлена на рисунке 1. Основу битера составляет трубчатый вал 1, имеющий цапфы 2 и 3, служащие для крепления вала с помощью подшипниковых узлов 5 к боковым продольным балкам рамы картофелеуборочной машины. На левой (по ходу движения) цапфе с помощью шпоночного соединения посажена ступица приводной звездочки 12.

К валу битера приварены три диска 15, крайние из которых имеют ребра жесткости 16. Диаметр дисков составляет 240 мм, а их толщина – 10 мм.

Каждый из дисков имеет двенадцать сквозных отверстий. Центры наружных отверстий расположены по окружности диаметром  $\varnothing 180$  мм через угол  $60^\circ$ , а центры внутренних отверстий – по окружности  $\varnothing 120$  мм. Отверстия левого диска с внешней стороны рассверлены под конус с целью фиксации узла троса 17 посредством воронкообразной втулки 18. Средний диск имеет отверстия  $\varnothing 25$  мм, в которые вставлены втулки 19, предохраняющие диск от износа при работе битера.

В качестве троса был выбран канат 12,0 – ГЛ-В-Л-О-Н-180 ГОСТ 2688-89. К правому (по ходу движения) концу троса припаян резьбовой наконечник 20, служащий для натяжения троса посредством гайки и контргайки 21.

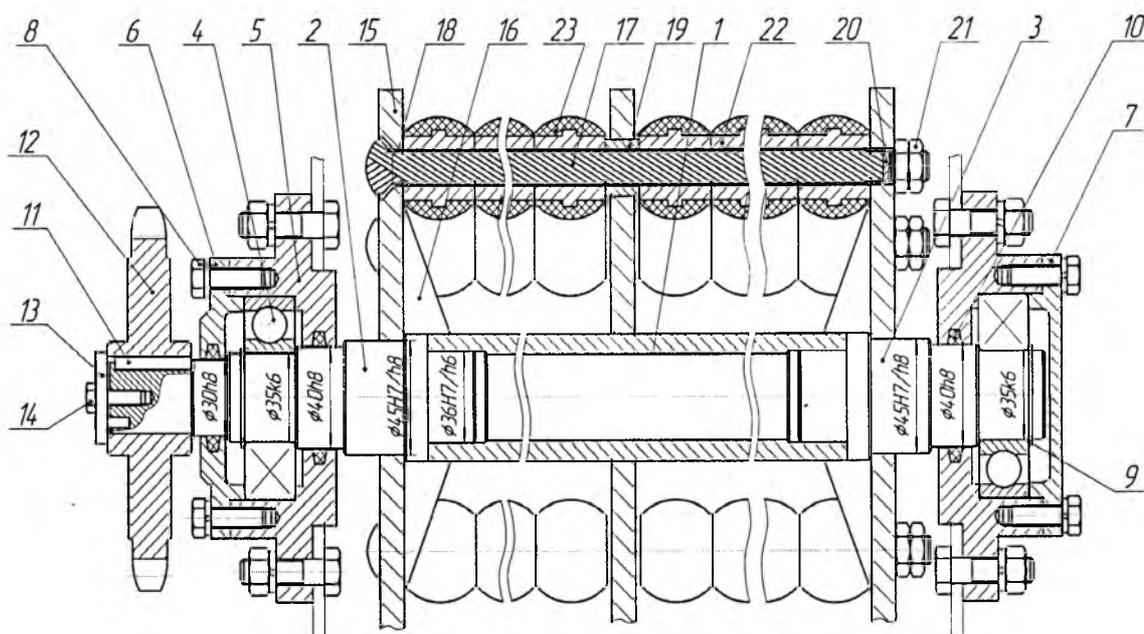


Рис. 1. Схема битера с эластичными прутками:

- 1 – труба вала; 2, 3 – цапфы; 4 – подшипник; 5 – корпус подшипника; 6 – крышка сквозная; 7 – крышка глухая; 8 – болт; 9 – кольцо стопорное; 10 – уплотнение; 11 – шпонка; 12 – звездочка; 13 – шайба; 14 – болт; 15 – диск; 16 – ребро жесткости; 17 – канат; 18 – втулка воронкообразная; 19 – втулка защитная; 20 – наконечник резьбовой; 21 – контргайка; 22 – втулка; 23 – бандаж резиновый сферического ударника

К валу битера приварены три диска 15, крайние из которых имеют ребра жесткости 16. Диаметр дисков составляет 240 мм, а их толщина – 10 мм.

Каждый из дисков имеет двенадцать сквозных отверстий. Центры наружных отверстий расположены по окружности диаметром  $\varnothing 180$  мм через угол  $60^\circ$ , а центры внутренних отверстий – по окружности  $\varnothing 120$  мм. Отверстия левого диска с внешней стороны рассверлены под конус с целью фиксации узла троса 17 посредством воронкообразной втулки 18. Средний диск имеет отверстия  $\varnothing 25$  мм, в которые вставлены втулки 19, предохраняющие диск от износа при работе битера.

В качестве троса был выбран канат 12,0-ГЛ-В-Л-О-Н-180 ГОСТ 2688-89. К правому (по ходу движения) концу троса припаян резьбовой наконечник 20, служащий для натяжения троса посредством гайки и контргайки 21.

На каждом из тросов свободно надеты двенадцать сферических ударников, состоящих из втулок 22, на которые напекается слой износостойкой резины 23. Предложенная конструкция битера за счет упругой подвески ударников и их эластичной поверхности практически исключает повреждение клубней картофеля и улучшает деформирующие свойства устройства. Последнее обусловлено упругими колебаниями тросов битера, возникающими за счет циклического воздействия ударников на почвенный пласт.

Битер, вращаясь, сферическими ударниками наносит удары снизу по наиболее плотной части пласта, структура которого еще мало нарушена. Благодаря этому битер хорошо разрыхляет подкопанный лемехами пласт и отделяет клубни от столонов. Клубни, камни и встречающиеся в гребне инородные тела выталкиваются ударниками битера на поверхность пласта, что значительно облегчает отделение почвы на элеваторе.

Важным фактором эффективного использования пруткового элеватора является максимальное использование площади его рабочей поверхности. Поэтому для ориентации подачи разрушенного клубненосного пласта на начало полотна элеватора предусмотрен прорезиненный фартук, снижающий скорость полета массы, выбрасываемой битером.

**Результаты исследований.** В процессе работы любая крайняя точка поверхности битера участвует в двух движениях: относительно (вращаясь относительно оси вала) и переносном (перемещаясь совместно с машиной). Складывая эти два перемещения мы получаем траекторию абсолютного движения крайних точек ударников, которая представляет из себя удлиненную циклоиду (трохоиду).

Для определения точки начала взаимодействия элементов битера с нижними слоями клубненосного пласта (рис. 2) продолжим до пересечения с трохойдой линии рабочей поверхности плоского лемеха (т.ч. А). По касательной к траектории абсолютного движения крайних точек ударников битера (под углом  $\beta_m=68^\circ$  к горизонту) в направлении вектора абсолютной скорости  $V_a$  начинают двигаться элементы пласта: клубни, камни, почвенные комки, растительные остатки. Величину абсолютной скорости ударников битера можно определить из выражения:

$$V_a = U + V_m \quad (1)$$

Угол  $\beta_m$  имеет место лишь в том случае, когда исследуют взаимодействие ударников с элементарным почвенным комком или единичным клубнем.

Вследствие того, что подкопанный пласт имеет связность и определенную толщину, при ударе происходит расслоение почвы: нижние слои движутся с большей скоростью, чем верхние. В результате вектор абсолютной скорости полета частиц уменьшает свой угол к горизонтали почти вдвое, т.е.  $\beta_a \approx 34^\circ$ . Следовательно, изменяется местоположение точки  $A_a$  начала отрыва частиц от элементов битера.

После взаимодействия ударников с почвенным пластом масса по параболической траектории движется в пространстве до тех пор, пока не коснется поверхности прорезиненного фартука. Уравнение траектории движения частиц имеет следующий вид:

$$y_i = x_i \cdot \operatorname{tg} \beta_a - \frac{x_i^2 \cdot g}{2V_a \cdot \cos \beta_a}, \quad (2)$$

где  $x_i$  – текущее значение перемещения частицы по оси абсцисс, м;  
 $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Подставив в формулу (2) значение  $x_i = 0,025$  м получим ординату точки 1\*.

$$y_1 = 0,025 \cdot \operatorname{tg} 34 - \frac{9,81 \cdot 0,025^2}{2 \cdot 7,4 \cdot \cos 34} = 0,0065 \text{ м.}$$

Для построения траектории движения частиц задаемся еще несколькими значениями  $x_i$  и полученные значения  $y_i$  заносим в таблицу 1.

Таблица 1

Координаты траектории полета частиц пласта, м

$x_i$	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
$y_i$	0,0065	0,0130	0,0185	0,0240	0,0290	0,0330	0,0370	0,0410	0,0450	0,0475
$x_i$	0,275	0,300	0,325	0,350	0,375	0,400	0,425	0,450	0,475	0,500
$y_i$	0,050	0,0520	0,0535	0,0550	0,0560	0,0565	0,0570	0,0565	0,0560	0,0550

Исходя из полученной траектории полета частиц и зная межосевое расстояние  $L$  между центрами вращения битера и ведомых поддерживающих звездочек пруткового элеватора из компоновочной схемы картофелеуборочного комбайна конструктивно выбираем: расстояние  $l$  (расстояние по горизонтали между центром вращения битера и рабочей плоскостью прорезиненного фартука) равное 0,12 м; расстояние  $h$  (расстояние по вертикали между центром вращения битера и нижним краем фартука) равное 0,1 м.

Выбранные расстояния справедливы только в нерабочем состоянии уборочной машины. При выполнении технологического процесса отброшенная битером почва отклоняет фартук назад по ходу движения агрегата. Для обеспечения подачи клубней и почвенных комков на начало элеватора с целью уменьшения его длины и, следовательно, металлоемкости машины допустимый угол отклонения  $\gamma_{max}$  не должен

превышать  $30^\circ$ . Данное условие можно обеспечить регулированием массы металлической пластины, закрепленной в нижней части фартука. Как видно из расчетной схемы на рисунке 2, даже при максимально возможном угле отклонения фартука, частицы пласта будут ударяться о его поверхность, не нарушая выбранный режим работы.

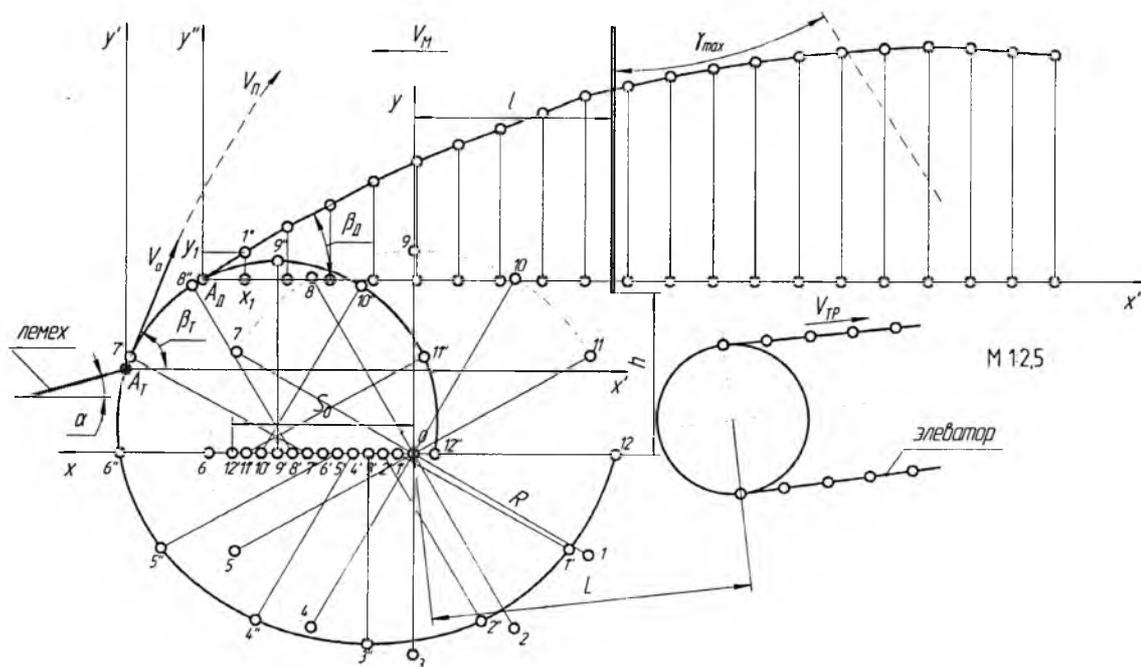


Рис. 2. Расчетная схема к определению места установки фартука

**Заключение.** Предложенная конструкция бitera с эластичными прутками позволит интенсифицировать процесс сепарации почвы на основном элеваторе картофелеуборочных машин, за счет лучшей деформации клубненосного пласта вследствие возникающих вертикальных колебаний сферических ударников. Кроме того, будет наблюдаться минимальное динамическое воздействие рабочих органов бitera на клубни картофеля, что обеспечит их хорошую сохранность.

Полученная траектория свободного полета элементов клубненосного пласта даёт возможность оптимизировать место установки фартука-гасителя.

#### Библиографический список

1. Туболев, С. С. Машинные технологии и техника для производства картофеля / С. С. Туболев, С. И. Шеломенцев, К. А. Пшеченков [и др.]; под общ. ред. Н. Н. Колчина. – М. : Агроспас, 2010. – 316 с. : ил.
2. Колчин, Н. Н. Комплексы машин и оборудования для послеуборочной обработки картофеля и овощей. – М. : Машиностроение, 1982. – 268 с. : ил.
3. Туболев, С. С. Отечественному картофелеводству нужны современные механизированные технологии и машины // Картофель и овощи. – 2006. – №6. – С. 3-5.
4. Прямов, В. В. Эффективность уборки картофеля и овощей машинами различных типов / В. В. Прямов, К. А. Пшеченков, С. В. Мальцев, Н. Н. Колчин // Картофель и овощи. – 2012. – №4. – С. 3-5.
5. Туболев, С. С. Применение машинных технологий производства картофеля в России / С. С. Туболев, К. А. Пшеченков, Н. Н. Колчин // Картофель и овощи. – 2007. – №5. – С. 3-6.
6. Алесенко, В. М. К определению линейной скорости сепарирующего элеватора, расположенного за лопастным битером // Механизация и электрификация сельского хозяйства : Республиканский межведомственный тематический научно-технический сборник. – Минск : Урожай, 1970. – Вып. 8. – С. 144-149.
7. Солодунин, А. П. Исследование эффективности применения удара для разрушения картофельной грядки // Тр. ЦНИИМЭСХ НЗ СССР. – 1964. – Т. 3. – С. 56-67.

## ОСОБЕННОСТИ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ Nb, Mo И Ti СО СТАЛЯМИ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

ГСХА. **Миронова Татьяна Фёдоровна**, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Физика», ФГБОУ ВПО Самарская

446442 Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.  
E-mail: [tmironova51@mail.ru](mailto:tmironova51@mail.ru)

ГСХА. **Миронова Татьяна Васильевна**, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Физика», ФГБОУ ВПО Самарская

446442 Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.  
E-mail: [mirt\\_777@mail.ru](mailto:mirt_777@mail.ru)

**Ключевые слова:** фазообразование, металла, радиоактивные, изотопы, пластическая, деформация.

*Цель исследования – улучшить качество сварных соединений на основе тугоплавких металлов. Эксперименты проводились на образцах в виде цилиндров диаметром 10 мм и высотой 10 мм, изготовленных из чистого металла. Насыщение образцов, используемых в качестве источника углерода, проводилось в твердом карбюризаторе  $\text{BaCO}_3$ , содержащем дополнительно радиоактивный углерод  $^{14}\text{C}$ , при температуре 1253 К в течение 2 ч. Процесс деформирования осуществлялся ударом падающего груза по двум предварительно нагретым образцам. Проникновение атомов металлов в сталь и тугоплавкие металлы фиксировалось с помощью радиоактивных изотопов  $^{44}\text{Ti}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ . Представлены результаты экспериментальных исследований фазообразования и взаимодействия металлов со сталями в условиях пластической деформации со скоростью 250 с<sup>-1</sup>. Показано, что в процессе импульсной пластической деформации при сварке тугоплавких металлов со сталями за миллисекунды происходит частичный распад цементита стали и перераспределение углерода в твердом растворе. Установлено, что карбиды, образуемые ниобием, молибденом и титаном при импульсном воздействии, отличаются морфологией. Твердый раствор углерода в металлах распределен равномерно в плоскости, параллельной поверхности, в то время как фазы внедрения располагаются вблизи межзеренных и межфазных границ.*

Импульсная сварка металлов и сплавов в конденсированном состоянии в последние годы находит всё более широкое применение в промышленности. Это связано, прежде всего, с сокращением длительности процессов обработки, и, следовательно, с существенным снижением энергетических затрат. Однако не менее важным является факт возрастания при этом скоростей взаимной диффузии атомов, который позволяет создавать «развитую» диффузионную зону [1-3]. Серьезное влияние на качество сварного соединения при указанном виде обработки оказывает формирование и изменение различных видов фаз в зоне контакта, в особенности твердых растворов и фаз внедрения [4, 5].

**Цель исследования** – улучшить качество сварных соединений на основе тугоплавких металлов.

**Задачи исследований** – изучить особенности карбидообразования ниобия, молибдена и титана при взаимодействии их со сталью в условиях пластической деформации.

**Материалы и методы исследований.** Процесс деформирования осуществлялся ударом падающего груза по двум образцам, предварительно нагретым до определенной температуры. Насыщение образцов, используемых в качестве источника углерода, проводилось в твердом карбюризаторе  $\text{BaCO}_3$ , содержащем дополнительно радиоактивный углерод  $^{14}\text{C}$ , в течение 2 ч при температуре 1253 К. Приповерхностный слой образца толщиной порядка 10 мкм состоял из твердого раствора углерода в железе и карбида железа. Для «меченых» атомов металлов применялись гальванические покрытия, а также введение их в расплавленный металл. Проникновение атомов металлов в сталь и тугоплавкие металлы фиксировалось с помощью радиоактивных изотопов  $^{44}\text{Ti}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ . Чтобы исключить влияние исходного распределения углерода, а также его перераспределение при остывании на последующие процессы миграции под действием пластической деформации [6], эксперименты проводились на образцах, изготовленных из чистого металла, которые имели контакты с науглероженными образцами исключительно в момент деформации.

**Результаты исследований.** Результаты проведенных экспериментов показали, что при взаимодействии малоуглеродистой стали Ст.3 с ниобием со скоростью деформации 250 с<sup>-1</sup> в зоне контакта и на некотором расстоянии от нее образуются твердые растворы железа в ниобии, ниобия и углерода в железе, а также появляются карбиды ниобия  $\text{Nb}_2\text{C}$  и в небольшом количестве  $\text{NbC}$ . Так как в ниобии до деформации углерод отсутствовал, то его источником являлся частичный распад цементита и твердого раствора углерода в железе, которые содержались в стали. Причем, «следы» твердого раствора углерода в ниобии фиксировались только в зоне контакта. Это позволило сделать вывод, что углерод, поступающий в ниобий, связывался в карбиды и практически не проникал внутрь металла. С помощью радиоактивных изотопов, находящихся перед деформацией на поверхности стали или введенных в сталь в плавке, были изучены особенности фазообразования при взаимодействии различных элементов с ниобием.

Из анализа авторадиограмм (рис. 1) следует, что ниобий и углерод формировали карбиды одинаковой морфологии. При этом атомы железа частично создавали свои карбиды, а частично встраивались в карбиды ниобия. Для атомов никеля было характерно равномерное распределение в ниобии, по-видимому, в качестве твердого раствора замещения никеля в ниобии или сложного раствора железа, никеля и углерода в ниобии. По мере удаления от поверхности образца атомы углерода  $^{14}\text{C}$  практически не фиксировались, а атомы исследуемых металлов располагались равномерно по параллельной поверхности плоскости образца.

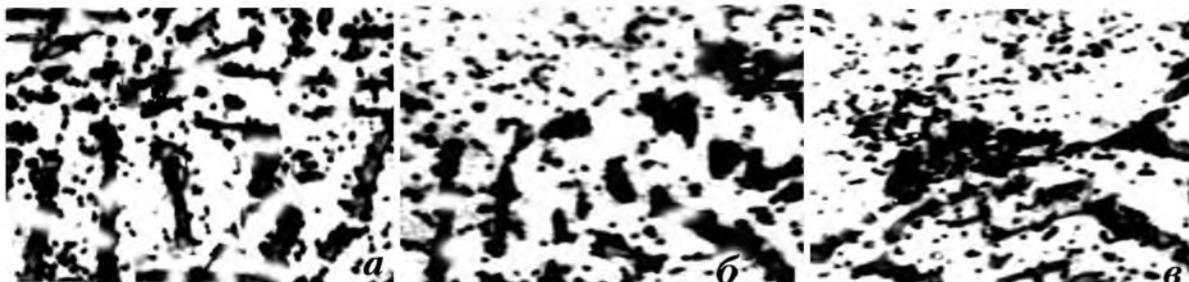


Рис. 1. Типичные авторадиограммы распределения на поверхности ниобия: ниобия  $^{95}\text{Nb}$  (а), углерода  $^{14}\text{C}$  (б), железа  $^{55}\text{Fe}$  (в),  $\times 3400$

При взаимодействии стали марки Ст. 3, меченой по углероду, с молибденом при пластической деформации со скоростью  $250\text{ с}^{-1}$ , содержание углерода составило 1% от его содержания в карбиде молибдена. Количество углерода и железа, а также их распределение в молибдене существенно различались. Железо находилось преимущественно в твердом растворе, хотя отмечалось присутствие и некоторой доли карбидов. По мере удаления от поверхности образца концентрация углерода резко уменьшалась, в то же время глубина проникновения железа распространялась далее на 10 мкм. Следует отметить, что в любых случаях проведения экспериментов, наличие атомов железа не оказывало влияние на взаимодействие молибдена с углеродом. Возможно, наблюдаемый эффект связан с различием в скоростях миграции атомов углерода и железа [7].

При изучении возникающих изменений фазового состава по глубине зоны массопереноса углерода и молибдена было установлено (рис. 2), что в диффузионной зоне имели место два максимума концентрации углерода. Один из них был связан с наличием в зоне контакта карбида молибдена, а другой был связан с карбидом железа и находился на некотором расстоянии, которое существенно зависело как от скорости, так и от температуры пластической деформации.

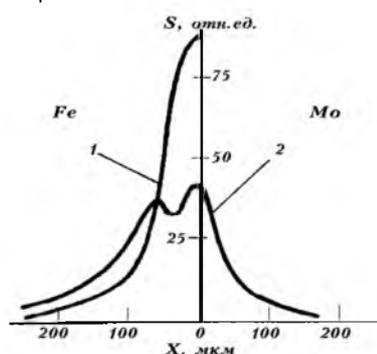


Рис. 2. Перераспределение предварительно введенного углерода  $^{14}\text{C}$  (1) при взаимодействии железа с молибденом при 1373 К и  $20\text{ с}^{-1}$  (2)

Подобный результат имел место при взаимодействии стали марки Ст. 3 с титаном при пластической деформации со скоростью от 20 до  $100\text{ с}^{-1}$ . В зоне контакта малоуглеродистой стали и титана, которая содержала радиоактивный изотоп углерода  $^{14}\text{C}$ , возникал слой карбидов титана с ГЦК решеткой и нарушенной стехиометрией (рис. 3). Причем, как и в случае с молибденом, толщина слоя существенно зависела от температуры и скорости пластической деформации. С помощью рентгеноструктурного анализа было установлено, что указанные характеристики пластической деформации оказывали влияние также на содержание углерода в карбиде титана и твердом растворе титана, куда с большой скоростью вместе с углеродом мигрировали и атомы железа. Следовательно, в отличие от взаимодействия металлов, при котором наблюдалась их взаимная растворимость, атомы углерода формировали также фазы внедрения.

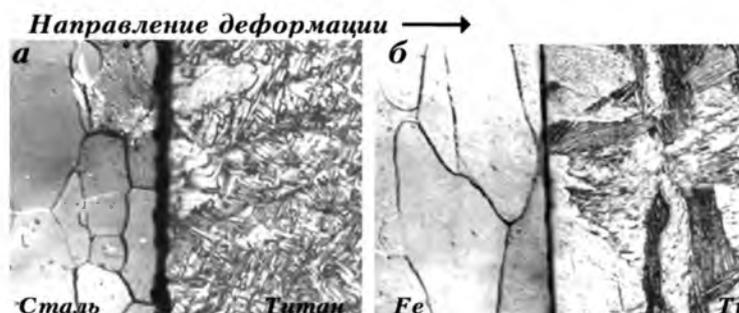


Рис. 3. Микроструктуры неразъемного соединения сталь-титан,  $\times 200$  (а) и железо-титан,  $\times 400$  (б)

В случае наличия прослойки между сталью и тугоплавким металлом в виде медной фольги толщиной 100 мкм проникновение углерода в металл не фиксировалось (рис. 4), карбиды формировались лишь в стали. Однако атомы железа регистрировались и в ниобии, и в молибдене, и в титане на глубинах до 100 мкм. При введении прослоек из железа или никеля в зону контакта между сталью и тугоплавким металлом наблюдалось замедление процесса проникновения углерода, а также уменьшение его концентрации в приповерхностных слоях молибдена и ниобия. Этот факт можно объяснить тем, что подвижность атомов углерода в металле прослойки в 4-9 раз меньше, чем у атомов железа.

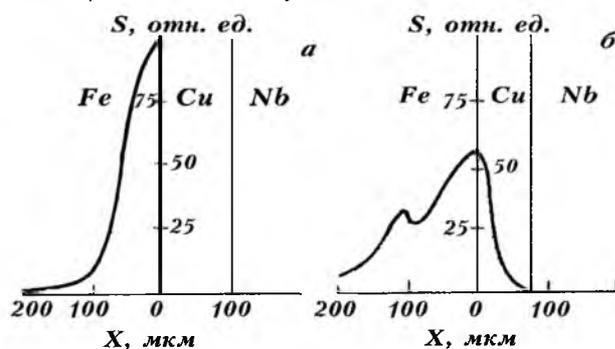


Рис. 4. Распределение изотопа  $^{14}\text{C}$  в стали и ниобии при помещении между ними медной прослойки до (а) и после (б) деформации ( $T=1073\text{ K}$ ;  $\dot{\epsilon} = 25\text{ c}^{-1}$ )

Следует отметить, что в зоне контакта прослойки с тугоплавким металлом карбиды не возникали, а в самой прослойке фиксировались пересыщенные твердые растворы углерода. Причем максимальная концентрация углерода в растворе соответствовала значению концентрации в приповерхностных слоях стали.

**Заключение.** По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы: 1) в процессе импульсной пластической деформации при сварке тугоплавких металлов со сталями за миллисекунды происходит частичный распад цементита стали и перераспределение углерода в твердом растворе; 2) в ходе импульсной пластической деформации, высвободившиеся из стали атомы углерода диффундируют в ниобий, молибден, титан и образуют карбиды металлов, которые имеют неправильную форму и отличаются своей морфологией; 3) твердые растворы углерода в металлах распределены равномерно в плоскости, параллельной поверхности, в то же время фазы внедрения располагаются вблизи межзеренных и межфазных границ, при этом концентрация растворенного углерода убывает с глубиной по экспоненциальному закону.

#### Библиографический список

1. Мазанко, В. Ф. Диффузионные процессы в металлах под действием магнитных полей и импульсных деформаций : в 2 т. Т. 2 / В. Ф. Мазанко, А. В. Покоев, В. М. Миронов [и др.]. – М. : Машиностроение, 2006. – 320 с.
2. Петушков, В. Г. Применение взрыва в сварочной технике. – Киев : Наукова думка, 2005. – 754 с.
3. Лашенко, Г. И. Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом. – Киев : Экотехнология, 2006. – 384 с.
4. Харченко, Г. К. Изготовление переходников нержавеющей сталь–алюминий способом сварки давлением в вакууме / Г. К. Харченко, Ю. В. Фальченко, В. Е. Федорчук [и др.] // Автоматическая сварка. – 2012. – №1. – С. 30-32.
5. Неклюдов, И. М. Особенности формирования соединения разнородных металлов при сварке горячей прокаткой в вакууме / И. М. Неклюдов, Б. В. Борц, В. И. Ткаченко // Автоматическая сварка. – 2011. – №8. – С. 31-37.
6. Бобыр, С. В. Анализ процесса графитизации в железоуглеродистых сплавах на основе термодинамики необратимых процессов // Металлофизика и новейшие технологии. – 2013. – Т. 35, вып. 2. – С. 199-208.
7. Панин, А. В. Особенности пластической деформации и разрушения технического титана и малоуглеродистой стали, подвергнутых ультразвуковой обработке // Физика металлов и металловедение. – 2004. – Т. 98, №1. – С. 109-118.

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО ДИСКОВО-ЩЕТОЧНОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА

**Вдовкин Сергей Владимирович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механика и инженерная графика», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 8-а.

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

**Крючин Павел Владимирович**, канд. техн. наук, ассистент кафедры «Электрификация и автоматизация АПК», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 8-а.

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

**Исаев Юрий Михайлович**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Математика и физика», ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина.

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1.

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

**Семашкин Николай Михайлович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Математика и физика», ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА им. П. А. Столыпина.

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1.

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

**Ключевые слова:** аппарат, диск, валик, винт, частица, семена.

*Цель исследования – теоретически обосновать технологический процесс работы универсального дисково-щеточного высевающего аппарата. На основании анализа универсальных высевающих аппаратов на кафедре «Механика и инженерная графика» Самарской ГСХА был разработан дисково-щеточный высевающий аппарат для высева семян с различными физико-механическими свойствами. В статье представлено описание конструктивно-технологической схемы и процесс работы универсального дисково-щеточного высевающего аппарата (патент РФ на изобретение №2452166). Для обеспечения устойчивого транспортирования семенного материала из бункера к семясбрасывающему валику исследован процесс транспортирования семенного материала высевающим диском и получено выражение, позволяющее установить зависимость угловой скорости вращения высевающего диска от конструктивно-технологических параметров, при которых будет обеспечиваться устойчивое транспортирование семенного материала из бункера к семясбрасывающему валику. Так же был исследован процесс перемещения семян упругими элементами семясбрасывающего валика по поверхности высевающего диска, в результате которого было получено дифференциальное уравнение, описывающее перемещение частицы семенного материала винтовой поверхностью семясбрасывающего валика по высевавшему диску в воронку семяпровода. В результате теоретических исследований было получено аналитическое выражение, устанавливающее функциональную зависимость угловой скорости вращения высевающего диска от конструктивно-технологических параметров, при которых будет обеспечиваться устойчивое транспортирование семенного материала из бункера к семясбрасывающему валику и дифференциальные уравнения перемещения частицы семенного материала винтовой поверхностью семясбрасывающего валика по высевавшему диску в воронку семяпровода.*

В настоящее время в селекционном производстве в основном используются сеялки с катушечными высевающими устройствами, которые способны с требуемым качеством высевать семена определенных культур. Однако селекционная работа, как правило, связана с выведением широкого набора культур, семена которых имеют различные физико-механические свойства. Невысокая универсальность этих высевающих аппаратов приводит к необходимости увеличения парка посевных машин, что ведет к удорожанию производимой продукции [9].

**Цель исследований** – теоретически обосновать технологический процесс работы универсального дисково-щеточного высевающего аппарата.

**Задача исследований** – выполнить теоретические исследования технологического процесса дозирования семян универсальным дисково-щеточным высевающим аппаратом.

На кафедре «Механика и инженерная графика» Самарской ГСХА был разработан универсальный дисково-щеточный высевающий аппарат для высева семян с различными физико-механическими свойствами (рис. 1) [3, 5, 7, 10].

**Материалы и методы исследований.** Разработанный высевающий аппарат состоит из следующих элементов: корпуса 1, неподвижного диска 2, приводного вала 3, загрузочного окна 4, неподвижных штифтов 5, козюха 6, козырька 7, семясбрасывающего валика 8, высевающего диска 9, воронки семяпровода 10.

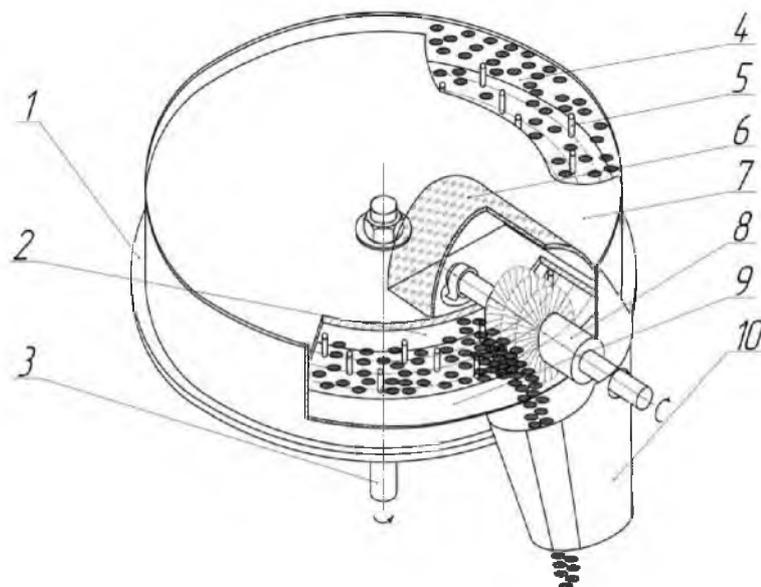


Рис. 1. Схема универсального дисково-щеточного высевального аппарата

Высевающий аппарат работает следующим образом. При вращении высевального диска 9 неподвижные штифты 5, заходя в зону загрузочного окна 4, увлекают определенную порцию семенного материала под козырек 7 и транспортируют ее к семябрасывающему валлику 8, который, вращаясь навстречу движению высевального диска за счет упругих элементов, расположенных по винтовой линии, перемещает семена в воронку семяпровода 10, образуя непрерывный поток семенного материала [7, 10].

Норма высева регулируется передаточным отношением в механизме привода приводного вала высевального аппарата.

Для обеспечения устойчивого транспортирования семенного материала из бункера к семябрасывающему валлику необходимо исследовать процесс транспортирования семенного материала высевальным диском.

Одним из важных этапов работы высевального аппарата является процесс транспортирования семян высевальным диском от бункера к зоне работы семябрасывающего валлика. Перемещение семенного материала происходит с использованием жестко закрепленных на высевальном диске штифтов. Проведем анализ взаимодействия штифтов с семенным материалом для определения условий непрерывного равномерного транспортирования семян с применением основных положений механики насыпных грузов [2].

При выходе из бункера семенной материал попадает на высевальный диск. Благодаря невысокой окружной скорости вращения диска и установленным по образующей логарифмической спирали штифтам скорость семян за короткий промежуток времени сравнивается со скоростью высевального диска и протекает устойчивое транспортирование. Для эффективной работы высевального аппарата необходимо, чтобы семена, под действием центробежных сил, возникающих при вращении высевального диска, не смещались на периферию диска, образуя слой семян различной плотности [8].

Перемещение семенного материала от бункера в зону работы семябрасывающего валлика происходит за счёт совместного действия сил трения семян о поверхность высевального диска и штифта.

Силу трения семенного материала о высевальный диск можно определить из выражения

$$F_{тр,д} = N_{д} \cdot f_{мп}, \quad (1)$$

где  $N_{д}$  – нормальная сила, Н;

$f_{мп}$  – коэффициент трения покоя семян о высевальный диск.

Так как

$$N_{д} = \sigma_n \cdot S_{м.ш},$$

где  $\sigma_n$  – нормальное давление семенного материала на поверхность высевального диска, Па;

$S_{м.ш}$  – площадь высевального диска между штифтами, м<sup>2</sup>.

$$S_{м.ш} = \frac{(D^2 - d^2) \cdot \alpha_0}{8}, \quad (2)$$

где  $D$  – наружный диаметр высевающего диска, м;

$d$  – внутренний диаметр рабочей поверхности высевающего диска, м;

$\alpha_0$  – угол сектора, соседних заходностей штифтов, рад.

На основании этого выражение (1) запишется:

$$F_{тр.д} = \sigma_n \cdot S_{м.ш} \cdot f_{тр}, \quad (3)$$

Определить нормальное давление, возникающее в слое семенного материала толщиной  $h$ , можно из выражения

$$\sigma_n = \gamma \cdot g \cdot h, \quad (4)$$

где  $\gamma$  – объемная масса семенного материала, кг/м<sup>3</sup>;

$h$  – высота слоя семян, м.

Для определения условия непрерывного транспортирования семенного материала выделим элементарный объем  $abcd$  и рассмотрим его напряженное состояние. На все грани элементарного объема будут действовать нормальные  $\sigma_n, \sigma_y$  и касательные  $\tau_{xy}, \tau_{xz}$  напряжения (рис. 2). Условие равновесия для линии  $ad$  элементарного объема, принадлежащей свободной поверхности сыпучего тела, запишем в виде:

$$F_{б.д} = F_{тр.д} + 2F_{тр.ш} - F_{ин}, \quad (5)$$

где  $F_{б.д}$  – сила бокового давления рассматриваемого элементарного объема, Н;

$F_{тр.ш}$  – сила трения о поверхность штифта, Н;

$F_{ин}$  – центробежная сила инерции, действующая на семенной материал при вращении высевающего диска.

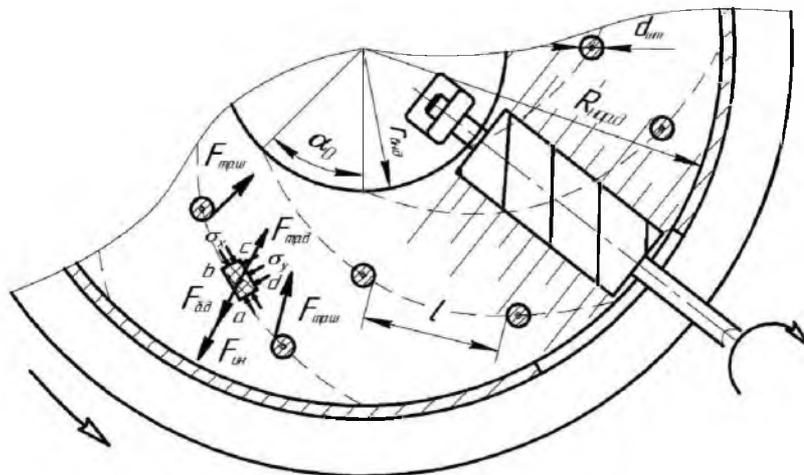


Рис. 2. Схема сил, касательных и нормальных напряжений, действующих на выделенный элемент

Силу бокового давления, действующую на элемент, найдём по формуле

$$F_{б.д} = \int_0^h \int_0^l \sigma_y dh \cdot dl, \quad (6)$$

где  $l$  – расстояние между штифтами, м;

$\sigma_y$  – боковое давление, Па.

Боковое давление рассчитывали из выражения

$$\sigma_y = \varepsilon \cdot \sigma_n, \quad (7)$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент бокового давления.

Подставляя выражения (4) и (7) в формулу (6) интегрируя по переменным  $h$  и  $l$ , получим:

$$F_{\sigma_0} = \int_0^h \int_0^l \varepsilon \cdot \gamma \cdot g \cdot h \cdot dh \cdot dl = \varepsilon \cdot \gamma \cdot g \cdot \frac{h^2}{2} \cdot l = \frac{1}{2} \varepsilon \cdot \gamma \cdot g \cdot h^2 \cdot l. \quad (8)$$

Силу трения рассматриваемого элементарного объёма семян о поверхность штифта найдём из выражения

$$F_{mp.u} = \sigma_0 \cdot S_{um} \cdot f_n, \quad (9)$$

где  $\sigma_0$  – давление семенного материала на штифт, Па;

$S_{um}$  – площадь штифта, м<sup>2</sup>;

$f_n$  – коэффициент трения покоя семян о штифт.

$$S_{um} = \frac{\pi \cdot d_{um} \cdot h_0}{2}, \quad (10)$$

где  $h_0$  – высота штифта, м;

$d_{um}$  – диаметр штифта, м.

Давление семенного материала на штифт устанавливали с учетом равнонаправленного бокового давления. С учетом этого давление  $\sigma_0$  на штифт принимали постоянной величиной. В результате чего запишем формулу

$$\sigma_0 \cong \sigma_n \cdot \mu, \quad (11)$$

где  $\sigma_n$  – нормальное давление на высевающий диск;

$\mu$  – коэффициент неустойчивости семенного материала.

Коэффициент неустойчивости семенного материала  $\mu$ , определяли из выражения

$$\mu = 1 + 2f_\varepsilon^2 - 2f_\varepsilon \sqrt{1 + f_\varepsilon^2}, \quad (12)$$

где  $f_\varepsilon$  – коэффициент внутреннего трения семенного материала.

Подставив выражение (11), (10) и (4) в формулу (9), получим

$$F_{mp.u} = \gamma \cdot g \cdot h \cdot \mu \frac{\pi \cdot d_{um} \cdot h_0}{2} \cdot f_n. \quad (13)$$

Силу инерции, действующую на выделенный элементарный объём, определим из выражения

$$F_{um} = m \cdot \omega_0^2 \cdot r, \quad (14)$$

где  $\omega_0$  – угловая скорость вращения высевающего диска, рад/с;

$r$  – расстояние от центра вращения высевающего диска до рассматриваемого объёма, м;

$m = \gamma \cdot h \cdot \frac{(D^2 - d^2) \alpha_0}{8}$  – масса выделенного элемента семенного материала, кг.

Запишем условие равновесия элементарного объёма семенного материала, который под действием центробежной силы не будет перемещаться к периферии высевающего диска:

$$\frac{1}{2} \varepsilon \cdot \gamma \cdot g \cdot h^2 \cdot l = \gamma \cdot g \cdot h \frac{(D^2 - d^2) \cdot \alpha_0}{8} f_{mp} + \mu \cdot \gamma \cdot g \cdot h \cdot f_n \cdot \pi \cdot d_{um} \cdot h_0 - \omega_0^2 \cdot r \cdot \gamma \frac{(D^2 - d^2)}{8} \alpha_0 \cdot h. \quad (15)$$

После соответствующих математических преобразований получим

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g \left( \frac{(D^2 - d^2)}{8} \cdot \alpha_0 \cdot f_{mp} + \mu \cdot f_n \cdot \pi \cdot d_{um} \cdot h_0 - \frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot h \cdot l \right)}{r \frac{(D^2 - d^2)}{8} \cdot \alpha_0}}. \quad (16)$$

**Результаты исследований.** Полученное выражение позволяет установить зависимость угловой скорости вращения высевающего диска от конструктивно-технологических параметров, при которых будет обеспечиваться устойчивое транспортирование семенного материала из бункера к семябрасывающему валу.

От эффективной работы семябрасывающего валика зависит полнота очистки высевающего диска и равномерность высева семенного материала. Использование семябрасывающего валика с упругими элементами, установленными по винтовой линии, и его вращение навстречу движущегося семенного потока даёт возможность осуществлять транспортирование семян от центра к периферии высевающего диска в высевное окно [6].

Для исследования процесса перемещения семян семябрасывающим валиком по поверхности высевающего диска рассмотрим движение частицы семенного материала при установившемся режиме работы высевающего аппарата [1].

Будем считать, что образующая высевающего диска неподвижна, а винтовая поверхность семябрасывающего валика вращается вокруг своей оси с постоянной угловой скоростью  $\omega_B$ . Если в начальный момент времени частица семенного материала находится на поверхности высевающего диска, то через некоторый отрезок времени она окажется затянута силой трения, возникающей между частицей и винтовой поверхностью семябрасывающего валика, перемещаясь по ней, как в аксиальном, так и перпендикулярном к нему направлениях, совершая криволинейный характер движения (рис. 3) [1].

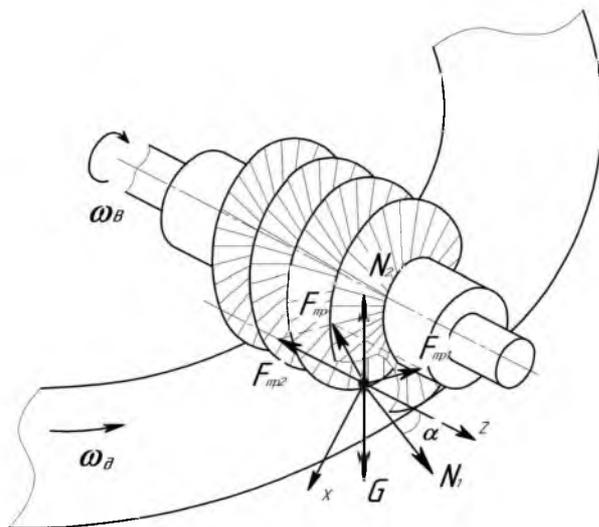


Рис. 3. Схема сил приложенных к частице семенного материала винтовой поверхностью семябрасывающего валика

Приложенными к частице силами будут:  $G = mg$  – сила тяжести, Н;  $N_2$  – нормальная реакция поверхности высевающего диска, Н;  $N_1$  – нормальная реакция упругих элементов винтовой поверхности семябрасывающего валика, Н;  $f_2 N_2$  – сила трения частицы о поверхность высевающего диска, Н;  $f_1 N_1$  – сила трения частицы об упругие элементы винтовой поверхности семябрасывающего валика, Н.

Вектор силы трения частицы семенного материала о высевающий диск является не заданным. Причем вследствие того, что образующие винтовой поверхности семябрасывающего валика перпендикулярны к оси высевающего диска, то реакция  $N_1$  и сила трения  $f_1 N_1$  во всех точках движения будут лежать в плоскости, показанной на рисунке 4.

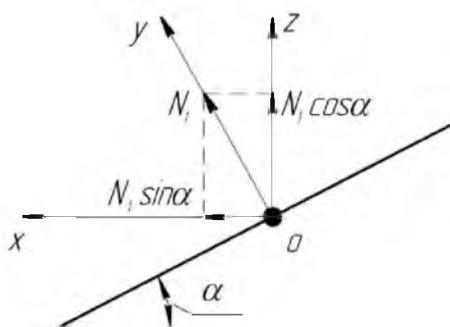


Рис. 4. Разложение нормальной реакции винтовой поверхности семябрасывающего валика в плоскости хоз

Чтобы найти вектор силы трения  $f_2 N_2$  нужно знать нахождение траектории движения частицы семенного материала по высеваящему диску, так как она расположена в сторону, противоположную скорости ее движения. Поэтому, расположение силы трения будет изменяться с изменением вектора скорости частицы семенного материала [1].

Спроецируем перемещение частицы семенного материала на оси координат  $x, z$ , принимая левую систему координат. Дифференциальные уравнения перемещения частицы семенного материала в проекциях на левую систему координат запишутся:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = N_1 \sin\alpha + f_1 N_1 \cos\alpha - f_2 G \frac{\dot{z}}{\sqrt{\dot{z}^2 + \dot{x}^2}} \\ m\ddot{z} = N_1 \cos\alpha - f_1 N_1 \sin\alpha - f_2 G \frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{z}^2 + \dot{x}^2}} \end{cases}, \quad (17)$$

где  $m$  – масса частицы, кг;  $\ddot{x}$  – вторая производная от перемещения по оси  $x$ ,  $\text{м/с}^2$ ;  $f_1$  – коэффициент трения частицы семенного материала о упругие элементы винтовой поверхности;  $\alpha = \text{const}$  – угол уклона винтовой линии семябросывающего валика, град;  $f_2$  – коэффициент трения частицы о поверхность высеваящего диска;  $\dot{x}$  – первая производная от перемещения по оси  $x$ ,  $\text{м/с}$ ;  $\dot{z}$  – первая производная от перемещения по оси  $z$ ,  $\text{м/с}$ ;  $\ddot{z}$  – вторая производная от перемещения по оси  $z$ ,  $\text{м/с}^2$ .

Но при затягивании частицы плоской поверхностью, перпендикулярной к оси семябросывающего валика, частица совершает относительное угловое перемещение в той же плоскости на угол  $(\omega_B t - \alpha)$  (рис. 5).

На рисунке 5  $AC$  равно длине пути скольжения частицы семенного материала по винтовой поверхности семябросывающего валика, а  $BC$  – длине пути переноса частицы самим винтом.

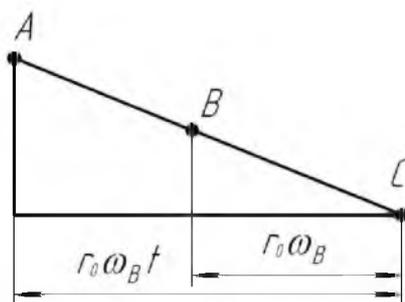


Рис. 5. Схема перемещения частицы семенного материала по развертке винтовой линии семябросывающего валика

Поэтому перемещение, скорость и ускорение частицы в аксиальном направлении можно выразить так:

$$\begin{cases} z = (r_0 \omega_B t - x) \cdot \text{tg} \alpha; \\ \dot{z} = (r_0 \omega_B - \dot{x}) \cdot \text{tg} \alpha; \\ \ddot{z} = -\ddot{x} \text{tg} \alpha, \end{cases} \quad (18)$$

где  $r_0$  – расстояние пройденное частицей семенного материала по винтовой поверхности семябросывающего валика, м;  $t$  – время перемещения частицы, с;  $x$  – перемещение, м.

Тогда система (17) запишется при  $m = 1$ :

$$\begin{cases} \ddot{x} = N_1 (\sin\alpha + f_1 \cos\alpha) - f_2 g \frac{\dot{z}}{\sqrt{(r_0 \omega_B - \dot{x})^2 \text{tg}^2 \alpha + \dot{x}^2}} \\ \ddot{z} = N_1 (\cos\alpha - f_1 \sin\alpha) - f_2 g \frac{\dot{x}}{\sqrt{(r_0 \omega_B - \dot{x})^2 \text{tg}^2 \alpha + \dot{x}^2}} \end{cases}, \quad (19)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

Обозначим:

$$C = \sin \alpha + f_1 \cos \alpha, \quad (20)$$

$$D = \cos \alpha - f_1 \sin \alpha, \quad (21)$$

$$A(\dot{x}) = \frac{(r_0 \omega_B - \dot{x}) \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{(r_0 \omega_B - \dot{x})^2 \operatorname{tg}^2 \alpha + \dot{x}^2}}, \quad (22)$$

$$B(\dot{x}) = \frac{\dot{x}}{\sqrt{(r_0 \omega_B - \dot{x})^2 \operatorname{tg}^2 \alpha + \dot{x}^2}}. \quad (23)$$

Тогда система (19) примет вид:

$$\begin{cases} \ddot{x} = CN_1 - f_2 g A(\dot{x}) \\ -\operatorname{tg} \alpha \ddot{x} = DN_1 - f_2 g B(\dot{x}) \end{cases} \quad (24)$$

Если из системы уравнений исключить нормальную реакцию  $N_1$ , то получим одно уравнение с одним неизвестным относительно координаты  $x$ :

$$\ddot{x} + f_2 g \frac{(r_0 \omega_B - \dot{x}) \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{(r_0 \omega_B - \dot{x})^2 \operatorname{tg}^2 \alpha + \dot{x}^2}} = \left( -\ddot{x} \operatorname{tg} \alpha + f_2 g \frac{\dot{x}}{\sqrt{(r_0 \omega_B - \dot{x})^2 \operatorname{tg}^2 \alpha + \dot{x}^2}} \right) \frac{C}{D}, \quad (25)$$

или

$$\ddot{x} = \frac{f_2 g (C \cdot B(\dot{x}) - D \cdot A(\dot{x}))}{(D + C \cdot \operatorname{tg} \alpha)}, \quad (26)$$

Полученные дифференциальные уравнения описывают перемещение частицы семенного материала винтовой поверхностью семясбрасывающего валика по высевающему диску в воронку семяпровода.

**Заключение.** В результате теоретических исследований было получено аналитическое выражение, устанавливающее функциональную зависимость угловой скорости вращения высевающего диска от конструктивно-технологических параметров, при которых будет обеспечиваться устойчивое транспортирование семенного материала из бункера к семясбрасывающему валику и уравнение, описывающее движение частицы семенного материала по образующей винтовой поверхности семясбрасывающего валика.

#### Библиографический список

1. Григорьев, А. М. Винтовые конвейеры. – М.: Машиностроение, 1972. – 185 с.
2. Зенков, Р. Л. Механика насыпных грузов. – М.: Машгиз, 1952. – 215 с.
3. Крючин, Н. П. Влияние конструктивно-режимных параметров семясбрасывающего валика на качество работы высевающего аппарата / Н. П. Крючин, П. В. Крючин // Вклад молодых ученых в аграрную науку Самарской области: сб. науч. тр. – Самара: РИЦ СГСХА, 2011. – С. 99-101.
4. Крючин, Н. П. Разработка высевающего аппарата для высева семян с различными физико-механическими свойствами / Н. П. Крючин, П. В. Крючин // Известия Самарской ГСХА. – Самара: РИЦ СГСХА, 2010. – №3 – С. 42.
5. Крючин, Н. П. Результаты экспериментальных исследований дисково-штифтового высевающего аппарата / Н. П. Крючин, С. В. Сафонов, П. В. Крючин // Известия Самарской ГСХА. – Самара: РИЦ СГСХА, 2007. – №3 – С. 36-37.
6. Крючин, Н. П. Теоретическое обоснование параметров упругих элементов семясбрасывающего валика / Н. П. Крючин, С. В. Вдовкин, П. В. Крючин // Известия Самарской ГСХА. – Самара: РИЦ СГСХА, 2012. – №3. – С. 25.
7. Крючин, Н. П. Универсальный высевающий аппарат / Н. П. Крючин, П. В. Крючин // Сельский механизатор. – 2011. – №11. – С. 8.
8. Крючин, П. В. Исследования высева семян дисково-щеточным высевающим аппаратом // Наука и молодежь: новые идеи и решения: мат. V Международной науч.-практ. конф. молодых исследователей / ФГБОУ ВПО Волгоградская ГСХА. – Волгоград, 2011. – Ч. III. – С. 259-262.
9. Мухин, С. П. О создании универсальной посевной техники // Техника в сельском хозяйстве. – 1997. – №3. – 22 с.
10. Пат. 2452166 Российская Федерация. Высевающий аппарат / Крючин Н. П., Вдовкин С. В., Крючин П. В., Котов Д. Н. – № 2010152159/13; заявл. 20.12.10; опубл. 10.06.12, Бюл. № 16. – 6 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ БОТВЫ ЛУКА РАБОЧИМ ОРГАНОМ БОТВОУДАЛЯЮЩЕЙ МАШИНЫ

**Фролов Дмитрий Иванович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Пищевые производства», ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ.

440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

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

**Курочкин Анатолий Алексеевич**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Пищевые производства», ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ.

440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: [anatolii\\_kuro@mail.ru](mailto:anatolii_kuro@mail.ru)

**Шабурова Галина Васильевна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Пищевые производства», ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ.

440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

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

**Ключевые слова:** ботвоудаляющая, машина, листостебельная, масса, ботва, лук.

*Цель исследования – обосновать оптимальные параметры процесса удаления ботвы лука рабочим органом ботвоудаляющей машины в лабораторных условиях. Для решения проблемы удаления сорной растительности перед уборкой была разработана конструкция и изготовлен макетный образец ботвоудаляющего устройства для удаления листостебельной массы перед уборкой лука, лабораторные исследования которого проводились на почвенном канале. Для получения математической модели процесса удаления ботвы лука, учитывающей совокупное влияние изучаемых факторов на эффективную работу обрезчика, и определения оптимального сочетания параметров, было использовано планирование многофакторного эксперимента. При исследовании процесса удаления ботвы лука были выявлены факторы, влияющие на процесс работы. Первоначально их было выбрано более 12, которые характеризовали конструктивные и режимные параметры рабочего органа обрезчика, технологические условия протекания процесса, а также физико-механические свойства посевов лука. Обработку экспериментальных данных начинали с их графического представления на исходной диаграмме рассеивания. Степень влияния факторов оценивали по разности медиан значений опытных данных верхних и нижних уровней факторов и по числу выделяющихся точек. По этим признакам были выделены 4 фактора. При обработке результатов отсеивающего эксперимента получили линейное уравнение, описывающее поверхность отклика по показателю полноты удаления ботвы лука и сорных растений. Построенная математическая модель процесса удаления ботвы лука рабочим органом ботвоудаляющей машины в лабораторных условиях позволила выделить следующие значимые факторы, влияющие на полноту удаления ботвы лука и сорных растений: частоту вращения рабочего органа, высоту установки рабочего органа относительно поверхности поля, угол установки ножей.*

Качественная работа теребильных машин обеспечивается лишь при надлежащей подготовке поля перед уборкой. Как показали исследования на период уборки засоренность полей достигает 60-70%, высота сорных растений при этом доходит до 50 см. Это объясняется тем, что время между последней обработкой посевов гербицидами и уборкой проходит две-три недели, что способствует росту сорных растений [1].

При уборке машинами теребильного типа, если поле предварительно не было подготовлено, происходит забивание вращающихся элементов теребильного аппарата, что приводит к снижению производительности машины, поломке и увеличению количества остановок для очистки [2, 3]. В связи с этим возникает необходимость удаления сорной растительности перед уборкой.

**Цель исследования** – обосновать оптимальные параметры процесса удаления ботвы лука рабочим органом ботвоудаляющей машины в лабораторных условиях.

**Задача исследования** – выделить значимые факторы, влияющие на полноту удаления ботвы лука и получить уравнение, описывающее поверхность отклика по этому критерию.

**Материалы и методы исследований.** Для решения проблемы удаления сорной растительности перед уборкой была разработана конструкция и изготовлен макетный образец ботвоудаляющего устройства для удаления листостебельной массы перед уборкой лука, лабораторные исследования которого проводились на почвенном канале (рис. 1, 2).

Методика проведения опыта следующая. На почвенном канале вкапывается лук и сорные растения, привезенные с поля (размещение лука и сорных растений в полосе – приближенное к полевым).

При вращении вала, с установленными на нем попарно напротив друг друга ножами, внутри кожуха создается воздушный поток, который поднимает полегшую ботву лука и подводит в зону резания, где растения срезаются и измельчаются. Для дальнейших исследований устанавливали необходимый угол наклона ножей, скорость вращения рабочего органа, высоту установки рабочего органа относительно поверхности,

линейную скорость перемещения рабочего органа. После того как были установлены все оптимальные параметры устройства, включали электродвигатель, приводя в движение рабочий орган, и запускали мотор-редуктор для привода тележки по направляющим полозьям почвенного канала, в результате чего производилось удаление ботвы лука. После скашивания подсчитывали полноту удаления ботвы в процентах.

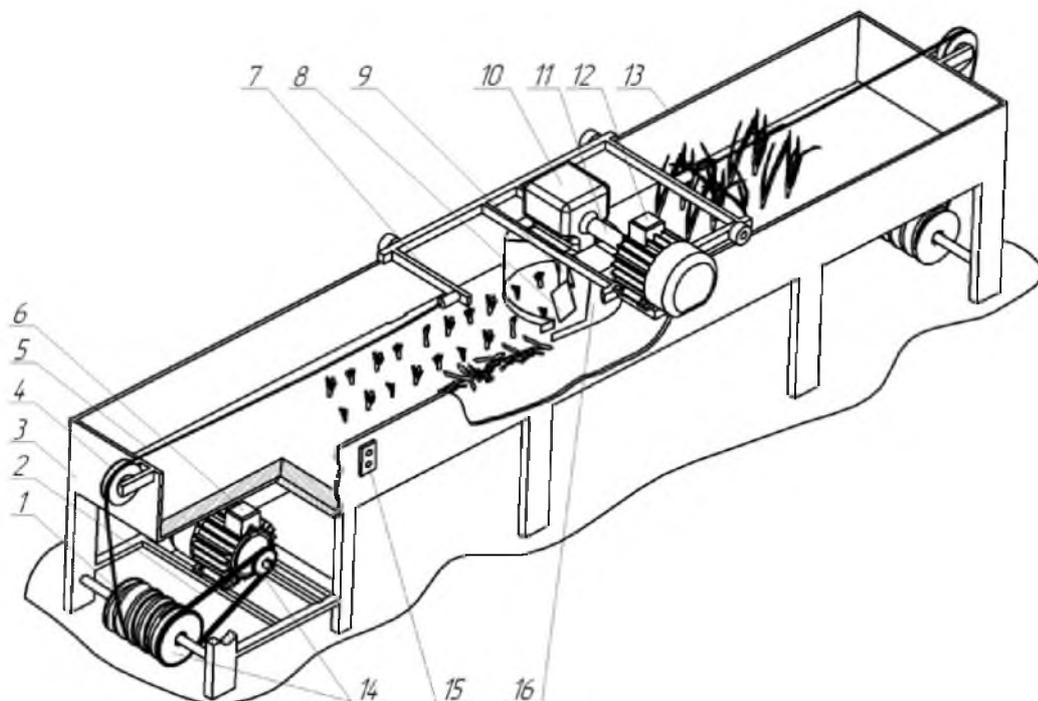


Рис. 1. Схема лабораторной установки:

1 – система полиспастов; 2 – цепь; 3 – почвенный канал; 4 – ролик; 5 – трос; 6 – мотор-редуктор; 7 – тележка; 8 – ножи; 9 – вал; 10 – конический редуктор; 11 – гибкий вал; 12 – электродвигатель; 13 – направляющие полозья почвенного канала; 14 – звездочки; 15 – пульт управления; 16 – кожух



Рис. 2. Общий вид рабочего органа

Для получения математической модели процесса удаления ботвы лука, учитывающей совокупное влияние изучаемых факторов на эффективную работу обрезчика, и определения оптимального сочетания параметров было использовано планирование многофакторного эксперимента. При планировании эксперимента первоначально выбирался критерий оптимизации, то есть параметр, по которому оценивается исследуемый объект и который связывает факторы в математическую модель. Для любого обрезчика оценочными критериями процесса являются полнота удаления, травмирование, производительность и энергоёмкость. В данном случае в качестве критерия оптимизации была принята полнота удаления, а остальные критерии использовались как ограничения [4].

**Результаты исследований.** При исследовании процесса удаления ботвы лука были выявлены факторы, влияющие на процесс работы. Первоначально их было выбрано более 12, которые характеризовали конструктивные и режимные параметры рабочего органа обрезчика, технологические условия протекания процесса, а также физико-механические свойства посевов лука. При исследованиях невозможно охватить влияние всех факторов и их взаимодействия. Поэтому, на основании априорной информации, а также исходя из конкретных задач исследования, были выделены наиболее существенные факторы. Причем некоторые из них в процессе исследований не изменялись и были закреплены на постоянных уровнях [5].

Оставшиеся наиболее существенные факторы, влияющие на полноту удаления ботвы лука, и уровни их варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Факторы, влияющие на полноту удаления ботвы лука

Обозначение	Наименование факторов	Уровни варьирования	
		-1	+1
$X_1$	Скорость движения агрегата, м/с	0,156	0,956
$X_2$	Частота вращения рабочего органа, мин <sup>-1</sup>	1200	2200
$X_3$	Высота установки рабочего органа относительно поверхности поля, м	0,04	0,10
$X_4$	Угол установки ножей, град	45	65
$X_5$	Ширина ножей, м	0,10	0,18
$X_6$	Ширина ботвоотводящего окна, м	0,14	0,22
$X_7$	Угол установки рабочих органов относительно продольной оси рамы, град	15	25
$X_8$	Расстояние между крайними точками ножей соседних рабочих органов, м	0,01	0,03

С целью сокращения общего объема опытов проводили отсеивающий эксперимент. Для проведения отсеивающего эксперимента составляли матрицу с учетом первоначально выделенных факторов (табл. 2) путем случайного смешивания двух полуреплик типа  $2^{4-1}$ . Одну полуреплику отнесли к факторам  $X_1 - X_4$ , другую – к факторам  $X_5 - X_8$ . Число опытов в матрице должно быть кратным  $2k$  и превышать число  $k+1$  ( $k$  – число факторов). Поэтому в матрицу были включены опыты 9 и 10, образованные случайной выборкой из обеих полуреплик. План эксперимента был рандомизирован с помощью таблиц случайных чисел.

Матрица планирования отсеивающего эксперимента с результатами опытов представлены в таблице 2, в левой части которой приведен план эксперимента в кодированной форме, в столбце  $Y$  даны средние арифметические значения полноты удаления ботвы лука, а в столбцах  $Y_1$  и  $Y_2$  – результаты экспериментов после корректировок.

Таблица 2

Матрица и результаты отсеивающего эксперимента

№ опыта	Факторы								Параметр оптимизации		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$Y$	$Y_1$	$Y_2$
1	-	-	-	-	-	+	-	-	97,1	97,1	97,1
2	-	-	+	+	-	+	+	+	97,6	97,6	97,6
3	+	+	+	-	-	-	-	-	98,2	97,4	97,0
4	-	-	+	-	+	-	+	-	97,2	97,2	97,2
5	+	+	-	+	-	-	+	+	98,0	97,2	96,8
6	+	-	-	-	+	+	+	+	97,1	97,2	97,0
7	+	+	-	+	+	+	-	-	98,2	97,4	97,0
8	-	+	+	+	+	-	-	-	98,5	97,5	97,3
9	-	+	-	+	+	+	-	-	98,4	97,4	97,2
10	+	-	+	-	-	-	+	+	97,6	97,6	97,4

В первую очередь производилась проверка воспроизводимости планов путем проверки гипотезы однородности дисперсий.

Обработку экспериментальных данных начинали с их графического представления на исходной диаграмме рассеивания.

Степень влияния факторов оценивали по разности медиан значений опытных данных верхних и нижних уровней факторов и по числу выделяющихся точек.

По этим признакам на первом этапе выделены факторы  $X_1$  («Скорость движения агрегата») и  $X_2$  («Частота вращения рабочего органа»).

После определения эффектов факторов ( $\Theta_{X_1} = -0,133$ ;  $\Theta_{X_2} = 0,967$ ) проверяли их значимость по t-критерию ( $t_{X_1} = -0,874$ ;  $t_{X_2} = 6,340$ ).

Таким образом, фактор  $X_1$  («Скорость движения агрегата») оказался значимым с вероятностью меньше 0,9, а фактор  $X_2$  («Частота вращения рабочего органа») – с вероятностью 0,95.

После выделения факторов  $X_1$  и  $X_2$  проводили корректировку результатов отсеивающего эксперимента с целью более четкого выделения остальных факторов и их парных взаимодействий. По скорректированным результатам параметра оптимизации строили вторую диаграмму рассеивания, анализ которой позволил выделить два фактора  $X_3$  («Высота установки рабочего органа относительно поверхности поля») и  $X_4$  («Угол установки ножей»).

Оценку значимости этих факторов проводили аналогично оценкам  $X_1$  и  $X_2$ . В результате расчетов получили:  $\Theta_{X_3} = 0,233$ ;  $t_{X_3} = 3,077$ ;  $\Theta_{X_4} = 0,167$ ;  $t_{X_4} = 2,198$ .

Таким образом, фактор  $X_3$  значим с вероятностью 0,95, а вероятность значимости фактора  $X_4$  – 0,9.

Совместно с проведением оценки значимости эффектов факторов на каждом этапе осуществляли статистический анализ скорректированных результатов наблюдений, в результате чего выявлялась необходимость дальнейшего выделения значимых факторов [6, 7].

После второй корректировки получили, что расчетное значение F-критерия равно 1,87, а табличное значение при 5%-м уровне значимости и числа степеней свободы  $f_1 = 10$  и  $f_2 = 9$  равно –  $F_T = 3,02$ , следовательно, можно считать, что все значимые факторы выделены. На этом выделение факторов было закончено, а результаты отсеивания сведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты оценки эффекта выделенных факторов

Этапы	Выделенные факторы	Значение факторов	Расчетное значение t-критерия
По исходным данным	$X_1$	-0,133	-0,874 <sup>XXX</sup>
После первой корректировки	$X_2$	0,967	6,340 <sup>X</sup>
	$X_3$	0,233	3,077 <sup>X</sup>
	$X_4$	0,167	2,198 <sup>XX</sup>

Примечание: X – значим с 95%-й вероятностью; XX – значим с 90%-й вероятностью; XXX – значим с вероятностью менее 90% (незначимый фактор).

По результатам корректировки экспериментальных данных строили точечную диаграмму распределения значений параметра оптимизации.

Крутое восхождение по поверхности отклика решено было не проводить, так как при реализации матрицы планирования значения параметра оптимизации в большинстве случаев оказалось в почти стационарной области.

При отсеивающих экспериментах предполагается, что поверхность отклика описывается линейной моделью вида:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_{n-1}x_{n-1} + d, \quad (1)$$

где  $b_0, b_1, b_{n-1}$  – коэффициенты регрессии при выделенных линейных членах;

$n$  – общее число линейных факторов;

$n-1$  – число эффектов отсеивания;

$d$  – составляющая отклика, отнесенная к шумовому полю вместе с ошибкой опыта.

При обработке результатов отсеивающего эксперимента получили:

$$b_0 = \frac{\sum_{j=1}^N Y_i}{N} = 97,16; \quad b_2 = \frac{\sum_{j=1}^N X_{2j} Y_i}{N} = -0,1; \quad (2)$$

$$b_3 = \frac{\sum_{j=1}^N X_{3j} Y_i}{N} = 0,14; \quad b_4 = \frac{\sum_{j=1}^N X_{4j} Y_i}{N} = 0,02.$$

Таким образом, получили линейное уравнение, описывающее поверхность отклика по показателю полноты удаления ботвы лука и сорных растений:

$$Y = 97,16 - 0,1X_2 + 0,14X_3 + 0,02X_4. \quad (3)$$

**Заключение.** Построенная математическая модель процесса удаления ботвы лука рабочим органом ботвоудаляющей машины в лабораторных условиях позволила выделить следующие значимые факторы, влияющие на полноту удаления ботвы лука и сорных растений: частоту вращения рабочего органа, высоту установки рабочего органа относительно поверхности поля, угол установки ножей.

#### Библиографический список

1. Ларюшин, Н. П. Оптимальные параметры ботвоудаляющего рабочего органа обрезчика листостебельной массы / Н. П. Ларюшин, А. М. Ларюшин, Д. И. Фролов // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – №2. – С. 15-17.
2. Ларюшин, Н. П. Уборка без задержек / Н. П. Ларюшин, А. М. Ларюшин, Д. И. Фролов // Сельский механизатор. – 2007. – №7. – С. 48-49.
3. Фролов, Д. И. Разработка обрезчика ботвы лука и сорных растений с обоснованием конструктивных и режимных параметров : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Фролов Дмитрий Иванович. – Пенза, 2008. – 153 с.
4. Фролов, Д. И. Обоснование оптимальной частоты вращения рабочего органа ботвоудаляющей машины / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской ГСХА. – 2013. – №3. – С. 18-23.
5. Фролов, Д. И. Разработка обрезчика ботвы лука и сорных растений с обоснованием конструктивных и режимных параметров : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Фролов Дмитрий Иванович. – Пенза, 2008. – 18 с.
6. Ларюшин, Н. П. Обоснование конструктивно-режимных параметров ботвоудаляющего устройства при лабораторных исследованиях / Н. П. Ларюшин, А. М. Ларюшин, Д. И. Фролов // Нива Поволжья. – 2008. – №2 (7). – С. 46-51.
7. Курочкин, А. А. Регулирование структуры экструдатов крахмалсодержащего сырья / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 94-99.

УДК 631.33.022.96:633.21

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕМЯН ТРАВ

**Савельев Юрий Александрович**, д-р техн. наук, проф. Кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 8-а.

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

**Крючин Александр Николаевич**, аспирант кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 8-а.

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

**Ключевые слова:** дозирование, мятлик, аппарат, свод, сыпучесть, высев.

*Цель исследований – оптимизация конструктивно-технологических параметров дисково-штифтового высевающего аппарата определением физико-механических свойств семян трав. Для посева трав в селекционном производстве разработана самоходная пневматическая мини-сеялка, оборудованная специальным высевающим аппаратом для дозирования трудносипучих и связанных посевных материалов, таких как семена мятлика лугового. Мятлик луговой благодаря устойчивости к климатическим и механическим воздействиям применяется в составе большинства кормовых травосмесей для образования высокопродуктивных многолетних пастбищных травостоев. Однако посев мятлика является затруднительным из-за особенностей его семян. Качество работы дозирующей и пневмотранспортирующей систем сеялок существенно зависит от размеров и формы семян. Для оптимизации конструктивно-технологических параметров разработанного высевающего аппарата были исследованы физико-механические свойства семян мятлика лугового. В статье приведены результаты измерений длины, ширины и толщины зерновок. Определена объемная масса сыпучего материала, а так же среднее значение массы 1000 семян. Проведены исследования фрикционных свойств семян мятлика лугового и кормовой травосмеси, в состав которой входят семена овсяницы луговой и красной, мятлика лугового и райграса. Определены динамический угол естественного откоса, коэффициент сыпучести и угол обрушения (статический угол естественного откоса). Построены диаграммы напряжений в сыпучих телах, по которым установлены средние значения углов и коэффициентов трения семян мятлика лугового и семян кормовой травосмеси. Полученные в ходе лабораторных исследований данные о размерно-массовых характеристиках и фрикционных свойствах семян мятлика лугового будут учтены при математическом описании процесса дозирования и оптимизации конструктивно-технологических параметров высевающего аппарата в ходе лабораторных исследований процесса его работы.*

Семена мятлика лугового применяются в составе большинства кормовых травосмесей при закладке пастбищ и лугов [1]. Мятлик луговой устойчив к вытаптыванию скотом, вынослив к климатическим условиям, а его зеленая масса обладает высокой питательностью. Посев многолетних злаковых трав традиционно осуществляется зернотравяными сеялками с катушечными высевающими аппаратами. Проблема посева семян

мятлика лугового и травосмесей с его участием заключается в том, что они покрыты шерстистыми волосками в виде крючков [2]. Это способствует образованию сводов в бункерах сеялок и затрудняет дозирование материала.

В лаборатории посевных машин Самарской ГСХА разработана самоходная пневматическая мини-сеялка для посева трав на селекционных участках [3], оборудованная дисково-штифтовым высевальным аппаратом с активатором истечения трудносыпучего семенного материала из бункера [4]. Технологическая схема, реализованная в данном дозирующем устройстве, позволяет разрушать образующиеся над загрузочным отверстием своды, устраняя тем самым так называемые «мертвые зоны», и повышая качество посева материала.

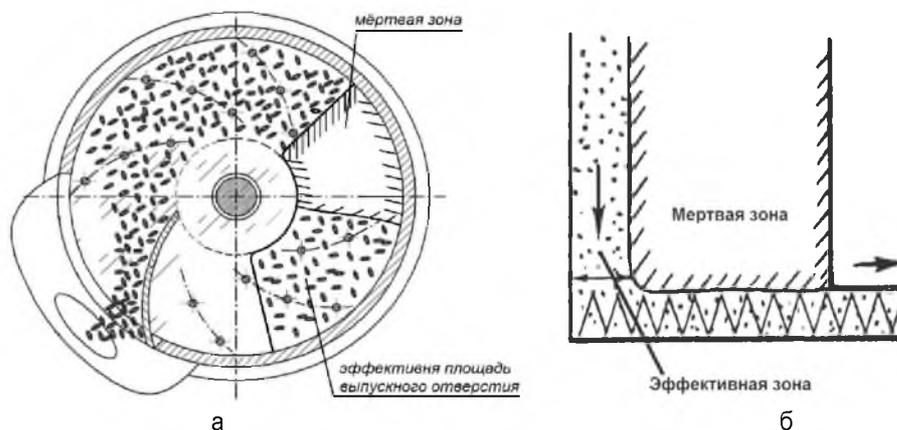


Рис. 1. Схема истечения семян из бункера в экспериментальном высевальном аппарате (а) и по Дженнике (б)

В процессе предварительных испытаний экспериментального высевального аппарата (рис. 1, а), а так же на основании существующих исследований процесса дозирования трудносыпучих и связных посевных материалов [5] (рис. 1, б) установлено, что на истечение семян из бункера в зоны дозирования оказывают влияние характеристики рабочей среды, участвующей в технологическом процессе.

**Цель исследований** – оптимизация конструктивно-технологических параметров дисково-штифтового высевального аппарата определением физико-механических свойств семян трав.

**Задача исследований** – исследовать размерно-массовые и фрикционные свойства семян трав.

**Методы исследований.** Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях по общепринятым методикам на специализированных устройствах с использованием приборов, предназначенных для определения характеристик дозируемых сыпучих материалов. Расчеты и обработка полученных результатов выполнялись на ЭВМ с применением методов математической статистики.

К первичным характеристикам семян, прежде всего, относят их размер и форму. Были проведены исследования по определению геометрических размеров семян мятлика лугового. Исследования проводились микроскопом МПБ-2. Отбор проб семян для измерений проводили по ГОСТ 12036-85. Бралась проба массой 0,5 кг. Из нее выделялась порция семян в количестве 100 шт. Проводилось измерение толщины, ширины и длины каждой зерновки. По итогам замеров выявлено, что семена мятлика имеют длину 2,6-3,4 мм, ширину 0,7-0,9 мм и толщину 0,6-0,8 мм. Согласно полученным значениям, по классификации С. В. Першиной [6] семена мятлика лугового можно отнести к крупнозернистым материалам.

Абсолютный вес семян (вес 1000 шт.), являясь одним из показателей качества семенного материала, служит основой при исчислении норм посева на единицу площади. Было определено среднее значение массы 1000 семян, которое составило 0,42 г. Величина объемной массы семян необходима при расчетах и проектировании высевальных аппаратов. Объемная масса (натура) – это масса зерна стандартного объема в 1 л [7]. Установленное в ходе исследований значение объемной массы семян мятлика лугового составляет 0,3 кг/л.

**Результаты исследований.** К важным характеристикам семян, оказывающих непосредственное влияние работу дозирующих устройств сеялок, предназначенных для посева связных посевных материалов, относится сыпучесть. Для определения данного показателя применялся цилиндр (рис. 2, а), который при опущенном поршне наполнялся исследуемым материалом. После снятия скребком излишков семян над цилиндром, производим поднятие поршня до верхней кромки, выталкивая из цилиндра часть семян. В зависимости от показателей сыпучести материала, их часть остается на поршне над цилиндром, а другая часть семян осыпается. По отношению массы осыпавшихся семян к общей массе семян вычисляется показатель сыпучести. Среднее значение коэффициента сыпучести семян мятлика лугового, полученное в результате

измерений и расчетов составило 0,58. Установленная величина коэффициента сыпучести свидетельствует о малой сыпучести материала.

Несмотря на то, что и размеры, и форма частиц, и насыпная плотность зернистого материала влияют на точность непрерывного весового дозирования, наиболее существенное влияние оказывают такие характеристики, как углы и коэффициенты трения. Это можно объяснить тем, что именно от коэффициентов трения в основном зависит характер движения отдельных частиц и всего материала в целом [6].

Наиболее распространенным способом для определения динамического угла естественного откоса является насыпание конуса через воронку на горизонтальную поверхность. По измеренным радиусу основания и высоте конуса определяется искомая характеристика сыпучего материала. Основным недостатком вышеупомянутого способа для определения динамического угла естественного откоса является то, что от высоты падения семян и скорости их истечения из бункера зависит величина угла наклона образующей конуса. К тому же, изучаемый материал контактирует с горизонтальной площадкой, а это означает, что на характер поведения семенного вороха будет оказывать влияние угол внешнего трения семян о поверхность из другого материала. Вышеупомянутые условия, по всей видимости, ведут к нестабильности результатов экспериментов по определению углов естественного откоса.

Экспериментальные исследования по определению динамического угла естественного откоса проводились на специальном устройстве [8], в котором устранены все указанные недостатки. Его особенностью является то, что семена высыплются на круглое основание с острыми краями через трубу, на поверхность которой нанесена шкала. После насыпания конуса трубу опускают вниз до контакта с семенами. По известным значениям диаметров основания и трубы, и высоте усеченного конуса рассчитывается динамический угол естественного откоса. Среднее арифметическое пяти измерений принимали за окончательный результат. Для мятлика лугового его значение составило  $34^\circ$ .

По методике В. Ф. Першина [9] (рис. 2, б) был определен статический угол естественного откоса, так же его называют углом обрушения. Среднее значение угла обрушения семян мятлика лугового, полученное в ходе измерений, –  $49^\circ$ .



Рис. 2. Исследование сыпучести (а) и угла обрушения (б) семян мятлика лугового

Важнейшей характеристикой, оказывающей влияние на поведение сыпучего материала при его дозировании, является величина сопротивления сдвигу.

Определение значений угла внутреннего трения  $\varphi$ , начального сопротивления сдвигу  $\tau_0$  и угла сопротивления сдвигу  $\varphi_\sigma$  проводилось по методике С. В. Першиной [6]. Прибор состоит из прямоугольной коробки, заполненной семенным материалом, вдоль длинной стороны которой, сверху перемещается рамка, содержащая этот же материал. Семена в рамке через прижимную пластину нагружаются сменными грузами, создающими нормальное напряжение  $\sigma$ . Рамка соединена шнуром, перекинутым через блок, с грузовой чашей, вес которой увеличивают до тех пор, пока не произойдет сдвиг рамки на 10-20 мм.

По полученным в ходе исследований данным строится диаграмма напряжений (рис. 3).

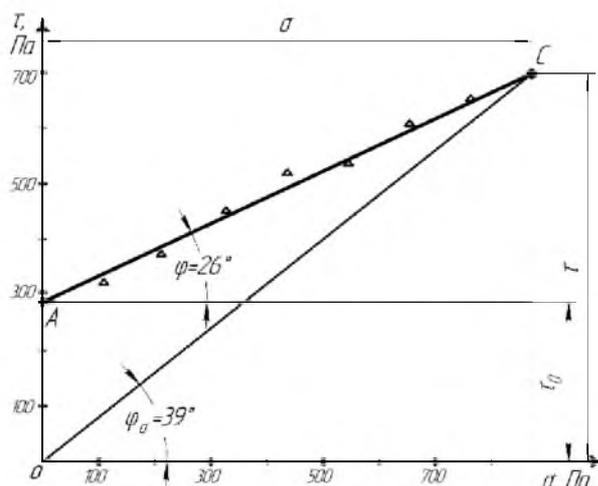


Рис. 3. Диаграмма напряжений в сыпучем теле (семена мятлика лугового)

Линия AC отражает зависимость наибольших предельных касательных напряжений  $\tau$  от величины нормальных напряжений  $\sigma$  в семенном материале. Угол внутреннего трения насыпного материала  $\varphi$  – угол наклона прямой AC к оси абсцисс. Коэффициентом внутреннего трения называется тангенс этого угла. Соединив начало координат и точку C, получили линию OC. Ее угол наклона  $\varphi_\sigma$  к оси абсцисс характеризует сопротивление сдвигу сыпучего материала. Чем больше этот угол, тем соответственно больше сопротивление насыпного материала сдвигу при данной величине нормального напряжения. Угол  $\varphi_\sigma$  именуют углом сопротивления сдвигу, или углом внутреннего сдвига. Коэффициентом внутреннего сдвига называют  $\operatorname{tg}\varphi_\sigma$ . Отрезок  $\tau_0$  характеризует величину начального сопротивления сдвигу и определяет силу сцепления семян между собой.

В результате проведенных исследований было установлено, что угол внутреннего трения  $\varphi$  семян мятлика лугового равен  $26^\circ$ , а коэффициент внутреннего трения  $f = 0,49$ , угол сопротивления сдвигу, или угол внутреннего сдвига для мятлика лугового  $\varphi_\sigma = 39^\circ$ , коэффициент внутреннего сдвига  $f_\sigma = 0,81$ .

Для оценки фрикционных свойств травосмеси, состоящей из овсяницы красной и луговой, мятлика лугового и райграса были проведены эксперименты по определению углов и коэффициентов внутреннего трения. Полученные коэффициент и угол внутреннего трения смеси оказались ниже, чем у мятлика лугового,  $0,42$  и  $23^\circ$  соответственно. Коэффициент внутреннего сдвига травосмеси  $f_\sigma$ , так же оказался меньшим, чем у мятлика и составил  $0,67$ , а угол сопротивления сдвигу составил  $34^\circ$ .

**Заключение.** Полученные в ходе исследований данные о характеристиках семян мятлика лугового и кормовой травосмеси, в состав которой входят его семена, будут учтены при математическом описании процесса дозирования и оптимизации конструктивно-технологических параметров высевающего аппарата в ходе лабораторных исследований процесса его работы.

#### Библиографический список

1. Семена кормовых травосмесей для закладки долготлетних культурных сенокосов и пастбищ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://agroprogress.ru/category\\_72.html/](http://agroprogress.ru/category_72.html/) (дата обращения: 1.05.2014).
2. Мятлик луговой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.apk.kolos.ru/index.php?option=comcontent&view=article&id=112&Itemid=121/> (дата обращения: 1.05.2014).
3. Пат. 125430 Российская Федерация. Самоходная пневматическая мини-сеялка / Крючин Н. П., Сафонов С. В., Котов Д. Н., Крючин А. Н. – № 2012136414 ; заявл. 24.08.12 ; опубл. 10.03.2013, Бюл. № 7. – 2 с.
4. Пат. 133677 Российская Федерация. Высевающий аппарат / Савельев Ю. А., Крючин Н. П., Котов Д. Н., Крючин А. Н. – № 2013121148 ; заявл. 7.05.13 ; опубл. 27.10.13, Бюл. № 30. – 2 с.
5. Дженике, Э. В. Складирование и выпуск сыпучих материалов / под ред. М. И. Агошкова. – М. : Мир, 1968. – 163 с.
6. Першина, С. В. Весовое дозирование зернистых материалов / С. В. Першина, А. В. Каталымов, В. Г. Однолько, В. Ф. Першин. – М. : Машиностроение, 2009. – 260 с.
7. Технологические свойства семян [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mehanic-ua.ru/lektcii-po-mtsskhm/178-tehnologicheskie-svoystva-semjan.html/> (дата обращения: 1.05.2014).
8. А. с. 1226000 СССР, МКИЗ G 01 B 3/56. Устройство для определения углов естественного откоса сыпучих материалов / В. Ф. Першин, Е. А. Мандрыка, А. Н. Цетович (СССР). – № 3776750/25-28 ; заявл. 30.07.84 ; опубл. 23.04.86, Бюл. № 15. – 2 с.
9. А. с. 1295201 СССР, МКИЗ G 01 B 5/24. Устройство для измерения углов обрушения и естественного откоса / В. Ф. Першин, Е. А. Мандрыка, В. С. Молочков, А. Н. Цетович (СССР). – № 3950780/25-28 ; заявл. 10.09.85 ; опубл. 07.03.87, Бюл. № 9. – 4 с.

## ПОЧВОЗАЩИТНЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКА ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

**Милюткин Владимир Александрович**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Оборудование и автоматизация перерабатывающих производств», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: oiapp@mail.ru

**Долгоруков Николай Васильевич**, канд. тех. наук, доцент кафедры «Высшая математика», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 8-а.

E-mail: oiapp@mail.ru

**Ключевые слова:** технологии, техника, почвозащита, стерня, влагосбережение, засуха.

*Цель исследований – обосновать аналитический показатель эффективности почвозащитных технологий по укрытию почвы стерней и разработать технические средства для технологии «Strip-Till». В работе рассматриваются почвозащитные технологии возделывания сельскохозяйственных культур с использованием стерни и растительных остатков для отражения солнечной радиации и перегрева почвы, уменьшения непродуктивной потери влаги. для оценки эффективности почвозащитных технологий вводится коэффициент укрытия  $K_u$  поверхности почвы стерней и растительными остатками: при полном укрытии хотя бы в один слой  $K_u=1$ , при наличии отдельных открытых участков  $K_u<1$ , при укрытии поверхности растительными остатками в несколько слоев  $K_u>1$ . Повторяющиеся аномальные по климатическим проявлениям годы (засуха, недостаток почвенной влаги, и т.п.) требуют постоянного совершенствования технологий возделывания сельскохозяйственных культур, снижающих негативные неблагоприятные погодные обстоятельства. Для эффективного использования технологии «Strip-Till», являющейся развитием технологии «No-Till», разработан и испытан адаптер ко всем конструкциям зерновых жаток – простой конструкции, не меняющей принципиального устройства жатки, и адаптер к сеялке для измельчения соломы и разбрасывания ее на образованные полосы, для защиты почвы и посевов от перегрева и непродуктивных потерь влаги.*

Традиционная, широко распространенная технология возделывания сельскохозяйственных культур в Мире и Российской Федерации с глубокой отвальной вспашкой, в степных зонах (Казахстан, Канада, Австрия, Америка, Россия – Оренбуржье, Поволжье и т.д.) рискованного земледелия в последние десятилетия в большей степени стали заменять почвозащитными технологиями с глубокой безотвальной обработкой почвы и максимальным оставлением стерни на поверхности.

Значительный рост стоимости энергоресурсов (ГСМ) и необходимость, в целях положительной экономики, снижения себестоимости сельскохозяйственной продукции требует более широкого внедрения технологии с минимальной обработкой почвы и прямым посевом «No-Till» с учетом региональных почвенно-климатических особенностей и материально-технической возможности агропредприятий.

Дальнейшим совершенствованием технологии «No-Till» является технология полосового земледелия «Strip-Till» [6], когда сельскохозяйственные культуры возделываются в обработанных по технологии «мульчирования» (измельчение стерни и перемешивание ее с почвой) полосах, а между полосами остается высокая стерня, служащая защитой почвы от интенсивной солнечной радиации, суховея и частичным притенением посевов, что в итоге способствует лучшему сохранению влаги в почве и получению достаточно хорошей урожайности даже в засушливые годы. Так же высокая стерня дает возможность полностью сохранить зимние осадки (снег) за счет высокоэффективного, но без больших затрат, снегозадержания, проводившегося раньше снегопахами-валкообразователями (в настоящее время вероятность возврата данной технологической операции в том виде, в котором она применялась в 50-90-е годы, с использованием снегопахов, – мала).

Развитие технологий «No-Till» и «Strip-Till» главным образом связано с сохранением продуктивной влаги в почве, которая в настоящее время более интенсивно испаряется из-за возрастающей солнечной радиации и глобального потепления на планете, что напрямую влияет на снижение урожайности сельскохозяйственных культур и снижение продуктивности земледелия.

По сообщению экологического сайта ENN [1], ученые из Университета Канзаса тщательно изучили данные, касающиеся урожая пшеницы на территории штата за 26 лет – с 1985 по 2011 г. Моделирование позволило предположить, что рост температур на один градус Цельсия приводит к снижению урожайности на 21%. В итоге рост температур может продолжаться, и это может изменить ситуацию в худшую сторону.

Примерно такие же выводы были сделаны сотрудниками Оксфордского университета и Университета Экзетера (Великобритания).

Исследования, проведенные в институте экологии Волжского бассейна, показали, что для Средней полосы русской равнины в первом десятилетии XXI века ожидается рост температуры воздуха в теплый период года [2]. Средняя температура воздуха в июле увеличится на 1,3°C по сравнению со средними многолетними показателями этого месяца.

Несмотря на то, что среднегодовая сумма осадков увеличится на 60-80 мм, произойдет дальнейшее иссушение северной степи. Общее потепление климата сопровождается температурными экстримами в зимний и летний периоды, которые оказывают отрицательное влияние на урожайность озимых и яровых культур.

Особенностью климата лесостепи Поволжья является частая повторяемость засух. За 124 года, с 1889 по 2013 г., на территории Самарской, Ульяновской, Пензенской областей и Республики Татарстан 39-42 лет были с засухами (32-34%).

Изучение защитных свойств растительных остатков (стерня и остатки) от перегрева почвы от повышенной солнечной радиации и непродуктивных потерь влаги, выявление из известных почвозащитных технологий – наиболее эффективных, разработка машин и приспособлений для этих технологий (сеялка с измельчением стерни, адаптер для жаток к зерноуборочным комбайнам для уборки зерновых методом «очеса») позволит обеспечить гарантированную достаточно высокую урожайность с/х культур даже, в неблагоприятные засушливые годы [6, 7].

**Цель исследований** – обосновать аналитический показатель эффективности почвозащитных технологий по укрытию почвы стерней и разработать технические средства для технологии «Strip-Till».

**Задачи исследований** – проведение аналитических исследований энергетической защиты почвы необходимым (оптимальным) количеством растительных остатков, создание адаптеров к зерноуборочным комбайнам и сеялкам с исследованием эффективности адаптера на зерновой жатке для уборки методом «очеса».

**Материалы и методы исследований.** Исследованиями урожайности яровой пшеницы [3], проводившимися в течение 16 лет (1998-2013 г.) в различные по увлажненности и температурному режиму годы, установлена отрицательная связь урожайности с суммой эффективных температур с 1600 до 2000°C (25%), снижение урожайности составило с 5,5 до 1,5 т/га (в 3,5 раза).

Снизить отрицательное влияние указанного агроклиматического фактора в таких условиях могут лишь специально разработанные и применяемые влагосберегающие технологии и техника, а также широкое внедрение в производство скороспелых засухоустойчивых сортов сельскохозяйственных культур, которые обеспечивают получение стабильно высоких урожаев.

Различные технологии возделывания сельскохозяйственных культур основываются на защите верхнего корнеобитаемого слоя почвы от перегрева и пересушивания интенсивной солнечной радиацией.

И главным здесь является отражающая способность поверхности почвы. Чем меньше поверхность отражает солнечную радиацию, тем сильнее она нагревается, тем интенсивнее происходит непродуктивная потеря влаги. Чем светлее поверхность, тем больше солнечных лучей она отражает. Особенно сильно отражает радиацию снег (90%), слабее песок (35%), еще слабее чернозем (4%).

За вегетационный период на территории европейской части России каждый квадратный сантиметр поверхности почвы получает за сутки 1 ккал тепла. Почва поглощает в среднем 43%, излучает обратно 24%. Следовательно, только одна пятая часть солнечной энергии остается в почве, но и это тепло в основном расходуется на испарение воды с поверхности почвы. В процессе фотосинтеза солнечной энергии используется в среднем около 0,8% [3]. Поэтому оставление стерни и растительных остатков на поверхности в любом состоянии: измельченная разбросанная, не измельченная разбросанная, скошенная на низкий срез, сохраненная высокая стерня без колосков (уборка методом «очеса»), способствует отражению солнечных лучей от поверхности земли, меньшему прогреванию почвы и частичному затенению (наряду с лучшим снегозадержанием, накоплением органики и формированием гумуса). Фактор тени тоже очень важный, так как тень уменьшает действие ультрафиолетовых (УФ) лучей солнца до 50%. В связи с чем, оценку эффективности различных технологий обработки стерневых фонов, как предшественников, и посева возможными способами с учетом состояния поверхности почвы, отражающей солнечную радиацию, целесообразно рассматривать по следующей схеме (рис. 1 (I, II, III, IV)):

- I – традиционная классическая вспашка на 22-27 см, с оборотом пласта (рис. 1, I), в результате которой стерня заделывается на глубину обработки, поверхность почвы получается открытой, не защищенной от солнечных лучей. В этом случае почва максимально поглощает солнечную радиацию  $Q$  и минимально ее отражает  $Q_1$ , интенсивно прогревается и теряет влагу в большом количестве;

- II – стерневая безотвальная обработка почвы и мульчирующий посев (рис. 1, II) за счет подрезания стерни, ее перемешивания с почвой, образования более светлой поверхности обеспечивает в большей степени отражение солнечной радиации  $Q_2$  по сравнению с первой технологией, что несколько снижает непродуктивную потерю влаги из верхнего слоя;

- III – технология «No-Till» с минимальной обработкой почвы и «прямым» посевом (рис. 1, III) обеспечивает максимальное количество стерни на поверхности (по агротребованиям не менее 60%), что при достаточном ее количестве, за счет более светлой поверхности обеспечивает большее отражение солнечной радиации  $Q_3$ , меньшее прогревание почвы и непродуктивную потерю влаги;
- IV – технология «Strip-Till» (полосовой посев) особенно при высоком срезе стерни от предшествующего посева (уборка методом «очеса») с мульчирующей обработкой почвы в полосах за счет отражающего эффекта более светлой поверхностью и притенения высокой стерней обеспечивает минимальное поглощение солнечной радиации  $Q$ , максимальное ее отражение  $Q_4$  и наименьшие непродуктивные потери влаги.

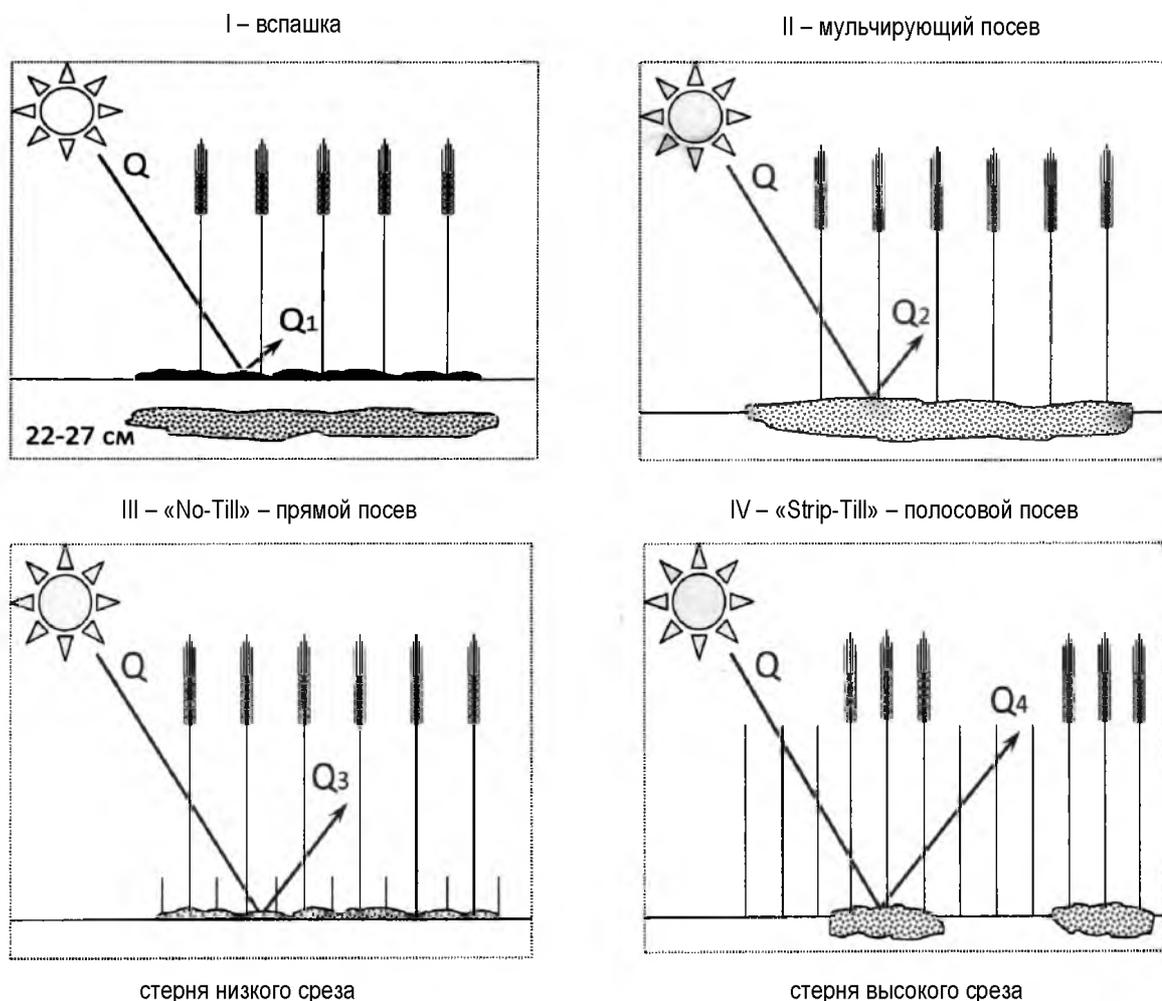


Рис. 1. Различные технологии обработки почвы

Защитные функции стерни от нагревания почвы солнечной радиацией и непродуктивной потери влаги зависят от количества стерневой массы.

Количество же определяется нормой высева, густотой стояния перед уборкой возделываемой сельскохозяйственной культуры, высотой и диаметром стеблей.

**Результаты исследований.** Для оценки защитной функции стерни введем коэффициент укрытия  $K_u$ , физический смысл которого выражает степень укрытия соломой в любом ее состоянии (измельченная и не измельченная) и растительными остатками верхнего слоя – поверхности почвы. При полном укрытии без открытых участков почвы  $K_u=1$ , при наличии отдельных открытых участков  $K_u<1$ , при укрытии поверхности соломой в несколько слоев  $K_u>1$ .

Аналитически  $K_u$  определяется с учетом густоты растений  $N$  (на единице площади), состояния убираемой сельскохозяйственной культуры, солома которой будет использоваться для укрытия почвы, длины соломины к уборке  $h$  (с учетом высоты среза  $a$ ), диаметра соломины  $d$ . В этом случае для определенной площади  $S$  при полном укрытии хотя бы в одну соломину необходимо приблизительное равенство площади укрываемого материала (соломы).

Су с площадью поля  $S$  вычисляется по формуле

$$S \approx S_y = d \cdot h \cdot N, \quad (1)$$

где  $d$  и  $h$  соответственно диаметр и длина соломины, м;  $N$  – число соломин на площади поля  $S$ , шт.

При известной густоте стояния культуры перед уборкой  $n = \frac{N}{S}$ , коэффициент укрытия поля равен

$$K_y = \frac{S_y}{S} = \frac{d \cdot h \cdot N}{S} = d \cdot h \cdot n. \quad (2)$$

С учетом переменности параметров формулы (2) выразим средний коэффициент укрытия  $K_y$  через среднеинтегральные по площади поля величины:

$$\bar{d} = \frac{1}{S} \iint_S d(x, y) ds, \quad \bar{h} = \frac{1}{S} \iint_S h(x, y) ds, \quad \bar{n} = \frac{1}{S} \iint_S n(x, y) ds. \quad (3)$$

Тогда  $\bar{K}_y = \bar{d} \cdot \bar{h} \cdot \bar{n}$ .

Зависимость среднего коэффициента укрытия  $\bar{K}_y$  от длины соломины перед уборкой сельскохозяйственной культуры показана на рисунках 2 и 3.

В расчетах принята средняя густота стояния культуры  $\bar{n} = 500$  растений на  $1 \text{ м}^2$  и вариация диаметра соломины от 2 до 4 мм (рис. 2), а также вариация густоты стояния сельскохозяйственной культуры от 300 до 600 растений на  $1 \text{ м}^2$  при среднем диаметре соломины 3 мм (рис. 3).

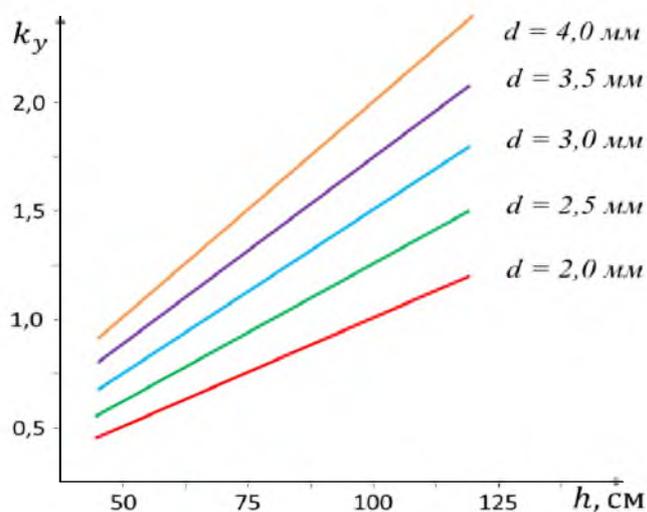


Рис. 2. Изменение коэффициента укрытия  $\bar{K}_y$  от толщины соломины  $d$  и длины  $h$

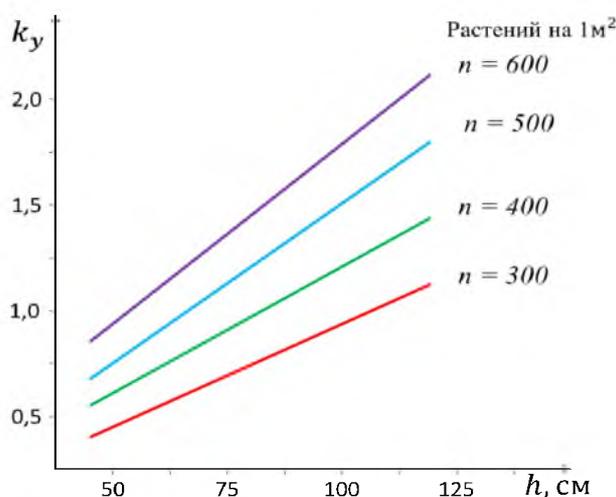


Рис. 3. Изменение коэффициента укрытия  $\bar{K}_y$  от высоты стерни  $h$  и ее количества  $n$  на  $1 \text{ м}^2$  (шт.)

При средних параметрах для расчета:  $n = 5$  млн. растений зерновых культур на 1 га к уборке;  $d = 2$  мм,  $h = 1$  м;  $S_y = 10000$  м<sup>2</sup>, что равно 1 га  $K_y = 1$ .

При меньшей или густоте, или высоте (длине соломины), или диаметре соломины,  $K_y$  меньше 1 и поверхность почвы будет укрыта не полностью. Эти участки интенсивно прогреваются солнечной радиацией, из-за отсутствия защитной (отражающей) способности соломы, что вызовет увеличение потерь влаги – непродуктивные потери влаги.

Для подтверждения данного факта в острозасушливый 2010 г. были проведены исследования на черноземных почвах Поволжья (Самарская область) по определению защитных свойств соломы от перегрева поверхностного слоя почвы (0-10 см).

В опытах в 3-х вариантах определялась температура почвы в слое 0-10 см: 1 – поверхность без растительных остатков (по типу черного пара), 2 – поверхность укрыта измельченной соломой толщиной 5 см; 3 – поверхность укрыта измельченной соломой 10 см.

Одновременно измерялась температура воздуха (дни исследований выбирались ясные при полной солнечной радиации – опыты проводились в августе).

В исследованиях температура воздуха фиксировалась от 27 до 35°C.

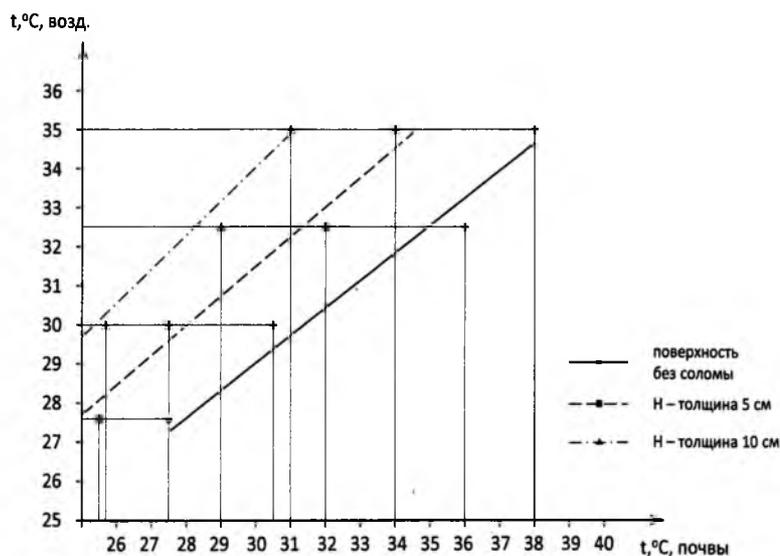


Рис. 4. Зависимость температуры верхнего слоя почвы (0-10 см) от состояния поверхности (без соломы, солома толщиной 5 и 10 см) и температуры воздуха

Изменение температуры почвы от состояния поверхности и температуры воздуха показано на рисунке 4, из которого видно, что зависимость повышения температуры верхнего слоя почвы от температуры атмосферного воздуха и соответственно от интенсивности солнечной радиации прямолинейна при любом состоянии поверхности. Интенсивность и характер изменения температуры почвы в зависимости от состояния поверхности (открытая и укрытая соломой различной толщины  $H$ ) показаны на рисунке 5.

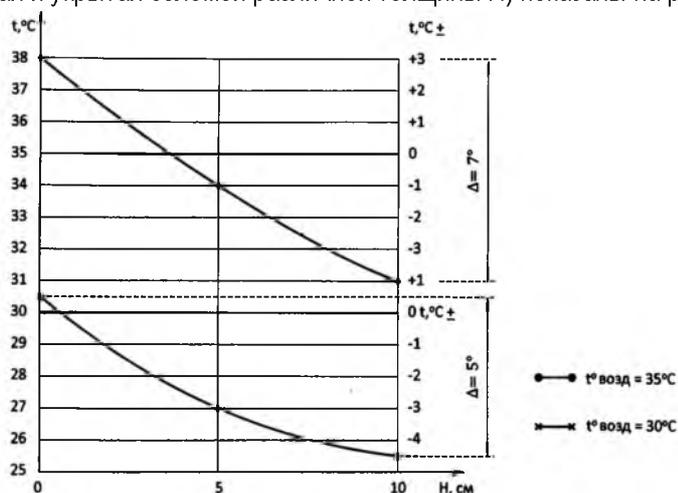


Рис. 5. Влияние состояния поверхности почвы (без укрытия, укрытие соломой толщиной 5 и 10 см) и температуры воздуха на температуру почвы t°С в корнеобитаемом слое 0-10 см

При температуре воздуха 30<sup>0</sup>С температура почвы без соломы составляла 30,5<sup>0</sup>С, укрытая 5-сантиметровым слоем соломы – 27<sup>0</sup>С (ниже на 3<sup>0</sup>С), укрытая 10-сантиметровым слоем соломы – 25,5<sup>0</sup>С (ниже на 4,5<sup>0</sup>С). Солома, в отличие от почвы, снижает действие солнечной радиации за счет ее отражения от более светлой поверхности и за счет притенения почвы, в конечном итоге понижая температуру почвы на 4,5-5<sup>0</sup>С.

Причем, чем выше температура воздуха, тем лучше защитные (от солнечной радиации) свойства соломы, укрывающей почву. Так, при температуре окружающего воздуха 35<sup>0</sup>С температура в верхнем слое почвы выше атмосферной на 3<sup>0</sup>С на открытой поверхности, ниже на 1<sup>0</sup>С при 5-сантиметровом укрытии соломой и ниже на 4<sup>0</sup>С при 10-сантиметровом укрытии соломой, то есть изменение (уменьшение температуры почвы) составляет  $\Delta=7^{\circ}\text{C}$ .

При температуре окружающего воздуха 30<sup>0</sup>С температура в верхнем слое почвы выше атмосферной в данный момент на 0,5<sup>0</sup>С на открытой поверхности, ниже на 3<sup>0</sup>С при 5-сантиметровом укрытии соломой и ниже на 4,5<sup>0</sup>С при 10-сантиметровом укрытии соломой, то есть изменение (уменьшение температуры почвы) составляет  $\Delta=5^{\circ}\text{C}$ .

Сам по себе факт примечателен тем, что повышенная температура воздуха создается за счет того, что солнечные лучи (радиация), свободно проходя через прозрачный воздух, с различной степенью отражаясь от земной поверхности нагревают ее и уже теплые воздушные потоки, поднимаясь от поверхности, создают повышенную температуру окружающих воздушных слоев.

В связи с тем, что в последнее время активно стала внедряться технология уборки зерновых культур методом «очеса» [7], с оставлением соломы без подрезания на поле без колосков или с обмолоченными колосками, как во всём мире, так и у нас в стране появилось для этого достаточно много специальных жаток.

Учитывая то, что выпускаемые жатки для «очеса» выполняют только одну технологическую операцию (на них нельзя устанавливать подборщик для раздельного комбинирования), сложны по конструкции и дорогие, они имеют низкий спрос у специалистов АПК.

Авторами предложен [4, 8], разработан и изготовлен специальный адаптер к любой зерновой жатке и к любому зерноуборочному комбайну, главным рабочим органом которого является барабан с зубчатым очесывающим устройством (рис. 6).



Рис. 6. Адаптер  
(барабан с зубчатым очесывающим устройством к жатке для уборки зерновых методом «очеса»)

Адаптер имеет правовращающий гидромотор и устанавливается на усиленные боковины жатки. Его предварительные испытания показывают хорошие качественные показатели и надежность в работе.

После прохода жатки на поле остается несрезанная солома без колосков или с небольшим количеством обмолоченных колосков (рис. 7).

Для использования этой соломы в почвозащитных целях наиболее эффективным будет применение технологии «Strip-Till» – полосовое земледелие, которое предусматривает обработку поля специальным почвообрабатывающим агрегатом и создание взрыхленных, через определенное расстояние, почвенных полос, укрытых мульчей – измельченной соломой, перемешанной с почвой.

В эти полосы высевается последующая культура, а необработанные участки с оставленной стерней и неподрезанной соломой имеют защитную функцию от суховея и интенсивной солнечной радиации.



Рис. 7. Сравнительное состояние яровой пшениц и до прохода и после прохода жатки для «очеса» (на убранном участке остались колосья без зерна)

Для упрощения технологии без дополнительных специальных машина разработан и предлагается специальный адаптер к комбинированному почвообрабатывающему (посевному) агрегату [5], (рис. 8) – это специальный роторный барабан, который измельчает солому и укрывает ею посеы, при этом обработка почвы и посев осуществляются специальными стрелчатymi лапами. В данном случае солома выполняет максимальные защитные функции: отражает повышенную радиацию и защищает почву от перегрева и непродуктивной потери влаги.

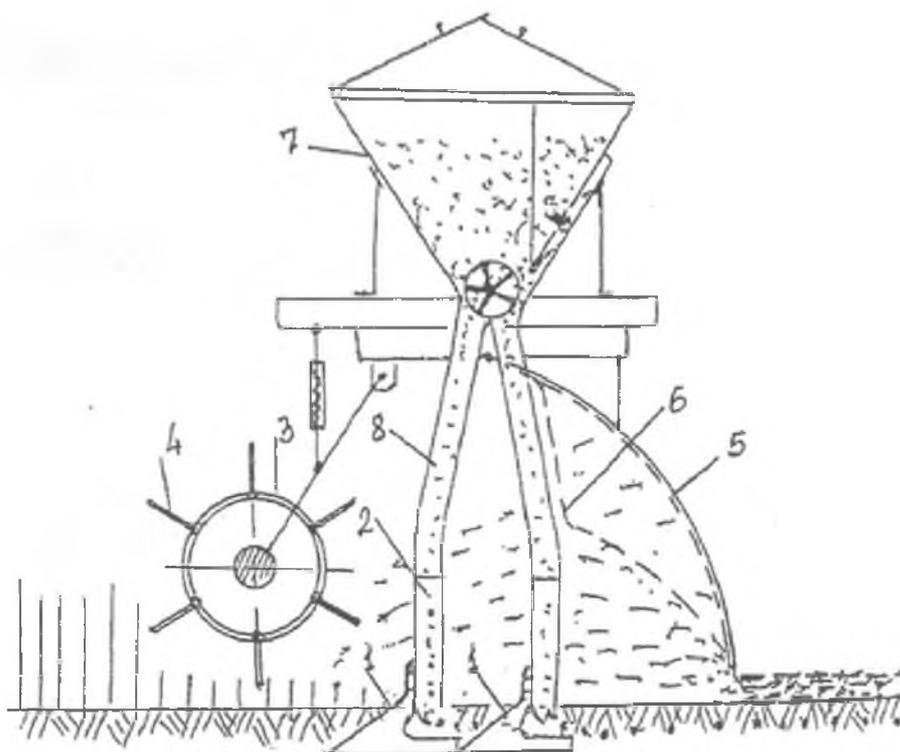


Рис. 8. Адаптер к зерновой сеялке для подготовки полос с укрытием их измельченной стерней:  
1 – рыхлящие лапы; 2 – сошник; 3 – барабан; 4 – бичи; 5 – кожух; 6 – отражатель; 7 – семенной ящик; 8 – семяпроводы

**Заключение.** При возделывании сельскохозяйственных культур в зонах рискованного земледелия при недостатках влаги необходимы почвозащитные технологии с использованием отражающей способности соломы, служащей для укрытия поверхности почвы и ее защиты от перегрева.

Защитные свойства соломы, которая используется для снижения непродуктивных потерь влаги, от перегрева почвы зависят от коэффициента укрытия, который должен быть хотя бы не менее 1 (солома покрывает почву в один слой).

Определенные параметры соломы (диаметр, высота, густота стояния) могут существенно защищать почву от перегрева и при полном ее укрытии отражать солнечную радиацию со снижением температуры верхних слоев почвы на 5-7°C. При недостаточном количестве соломы ( $K_y < 1$ ) ее защитные свойства снижаются, что требует дальнейшей минимизации обработки почвы, снижающей ее иссушение (прямой посев – технология «No-Till»).

Для технологии «Strip-Till» с оставлением нескошенной соломы и укрытием посевов соломой с целью сохранения влаги необходимы специальные жатки для уборки методом «очеса» и комбинированные почвообрабатывающе-посевные агрегаты.

Разработанные и исследованные адаптеры к зерновым жаткам показывают высокую эффективность как уборки зерновых культур методом «очеса», так и 100% оставление стерни для последующей технологии «Strip-Till».

Для посева в полосы между стерней предлагается адаптер к сеялке, измельчающий стерню и обеспечивающий посев по технологии «Strip-Till».

#### Библиографический список

1. Поволжье Агро : современный журнал об эффективном сельском хозяйстве. – Ульяновск, 2013. – №10. – С. 30.
2. Сухоруков, А. Ф. Сорта озимой пшеницы Селекции Самарского НИИСХ им. Н. М. Тулайкова // Поволжье Агро. – Ульяновск, 2013. – С. 48-49.
3. Сержанов, И. М. Яровая пшеница в северной части лесостепи Поволжья / И. М. Сержанов, Ф. Ш. Шайхутдинов. – Казань, 2013. – 250 с.
4. Заявка на изобретение №2014106512. Универсальная жатка / Стребков Н. Ф., Милюткин В. А. – заявл. 20.02.2014.
5. Пат. №2492614 Российская Федерация, МПК А01С 7/00. Посевной агрегат / Милюткин В. А., Стребков Н. Ф. – № 2012107363/13 ; заявл. 28.02.12 ; опубл. 20.08.13, Бюл. № 26. – 5 с.
6. Наилучшее решение для производства – система полосовой обработки почвы и полной предпосевной подготовки за один проход // Евротехника MPS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://Service@eqps.ru> (дата обращения: 20.03.2014).
7. Сергеев, Н. Обмолот на корню: технология очеса // Ресурсосберегающее земледелие. – 2013. – №2 (18). – С. 27-30.
8. Милюткин, В. А. Жатка – очесыватель колосозерновых культур / В. А. Милюткин, Н. Ф. Стребков // Техника и оборудование для села. – 2011. – №1. – С. 30-31.

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

УДК 620.179.12

## ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ УЛУЧШЕНИЯ И ОЦЕНКИ КРИТЕРИЕВ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ГИДРОНАВЕСНЫХ СИСТЕМ ТРАКТОРОВ

**Володько Олег Станиславович**, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2.

E-mail: [volodko-75@mail.ru](mailto:volodko-75@mail.ru)

**Бажутов Денис Николаевич**, инженер научно-исследовательской лаборатории кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2.

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

**Молофеев Максим Валерьевич**, аспирант кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2.

E-mail: [max19899891@yandex.ru](mailto:max19899891@yandex.ru)

**Назарова Надежда Владимировна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механика», Самарский ГУПС.

446442, г. Самара, 1-й Безымянный пер., д. 18.

E-mail: [max19899891@yandex.ru](mailto:max19899891@yandex.ru)

**Ключевые слова:** критерий, работоспособность, гидросистема, фильтрование, изнашивание, ресурс.

*Целью работы является методологическое обоснование способов улучшения и оценки критериев работоспособности тракторных гидравлических систем. Исходя из поставленной цели исследования были определены следующие задачи – обосновать методологические этапы исследования критериев оценки работоспособности основных элементов гидронавесной системы; оценить эффективность модернизации тракторной гидросистемы с использованием центробежного очистителя и альтернативной рабочей жидкости на растительной основе. Обоснована структура гидросистемы в форме основных элементов: гидравлическая жидкость с бифункциональной ролью смазочного материала и рабочей жидкости, насосные, распределительно-регулирующие, силовые и соединительные элементы. Предложены аддитивный показатель работоспособности гидравлической системы и метод его определения. Представлен анализ элементов гидросистемы и методология оценки их работоспособности. Рассмотрены методические вопросы использования растительно-минеральной смеси в качестве рабочей жидкости, повышения уровня её фильтрования, а также улучшения герметичности гидравлической системы. Определены рациональный состав альтернативной рабочей жидкости, технологические размеры и режимы работы центробежного очистителя жидкости. Анализ процесса центробежной очистки гидравлической рабочей жидкости с целью определения основных конструкционных и технологических параметров на основе метода конечных элементов позволил рассчитать рациональные размеры ротора центрифуги (диаметр  $D = 148$  мм, высота  $H = 137$  мм). При этом учитывались характерные размеры абразивных частиц, поступающих в рабочую жидкость, а также структура ультрадисперсных добавок с целью повышения трибологических свойств растительно-минеральной смеси. Годовой экономический эффект модернизации гидросистемы может составить до 7,0 тыс. руб. на один трактор типа МТЗ-82.*

Современные технические системы, многочисленными представителями которых являются мобильные энергетические средства (автомобили, тракторы, комбайны и другие специализированные машины), включают широкий комплекс механических, электрических, гидравлических, пневматических и других составляющих. Надежность и четкое взаимодействие данных составляющих определяет уровень работоспособности системы в целом

В сельскохозяйственных тракторах все более широкое развитие получает гидравлическая составляющая в форме гидропривода силовых механизмов, гидромеханических передач и гидравлических навесных систем для управления навесными и прицепными машинами и орудиями [1, 2].

Актуальность повышения надежности элементов гидронавесной системы и ее работоспособности определяется напряженностью по срокам полевых работ, широким интервалом изменения нагрузочных и скоростных режимов работы, климатических условий и высоким уровнем запыленности воздуха.

Анализ нормативных документов (ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения») и результатов исследований [3, 4], позволяют выделить техническую сущность понятий «надежность» и «работоспособность», а также трибологических параметров функционирования тракторной гидронавесной системы. Если надежность в технике подразумевает «свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования», то работоспособность – это состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям научно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Таким образом, работоспособность технической системы в сравнении с её надежностью дополняется готовностью выполнять заданные функции с учетом наличия необходимых внешних факторов. Однако в обоих случаях определяющими критериями, характеризующими ресурс технической системы, являются параметры режимов трения, смазывания и изнашивания.

Современный подход к оценке данных процессов базируется на анализе триботехнической системы ресурсопределяющих сопряжений, сборочных единиц и механизмов.

**Цель исследований** – методологическое обоснование способов улучшения и оценки критериев работоспособности тракторных гидронавесных систем.

Рабочая гипотеза исследования основана на улучшении критериев работоспособности гидросистемы путем использования альтернативной растительно-минеральной рабочей жидкости на основе рапсового масла и модернизации метода её очистки центробежным фильтром с порционным легированием трибологическими присадками.

**Задачи исследований** – обосновать методологические этапы исследования критериев оценки работоспособности основных элементов гидронавесной системы; оценить эффективность модернизации тракторной гидросистемы с использованием центробежного очистителя и альтернативной рабочей жидкости на растительной основе.

**Материалы и методы исследований.** Обзор литературных источников свидетельствует о том, что в прошлом веке и начале нового столетия в анализе функционирования и исследования режимов трения, смазывания и изнашивания сформировались научные направления и понятия: химмотология, трибология, триботехника, трибосопряжение, триботехническая система, которые базируются на исследованиях таких ведущих отечественных и зарубежных ученых, как Б. В. Дерягин, Н. П. Петров, П. А. Ребиндер, И. В. Крагельский, Б. И. Костецкий, А. И. Петрусевич, М. М. Хрущев, Н. А. Буше, Д. Н. Гаркунов, Д. Г. Громаковский, Д. С. Коднир, В. В. Матвеев, А. П. Уханов, А. В. Чичинадзе, Р. М. Матвеевский, Ф. Боуден, Г. Польцер, О. Рейнольдс, Д. Тейбор и др.

Трибологическая система, характеризующая часть свойств любой технической системы, рассматривает трибологическое взаимодействие четырех основных составляющих: контакт двух поверхностей трения деталей ресурсопределяющего сопряжения, масло и окружающая среда трибосопряжения. В гидронавесной системе сельскохозяйственных тракторов масло выполняет не только роль смазочной среды в трибосопряжениях, но и роль рабочей жидкости, т.е. бифункциональную роль в работе гидросистемы. Это повышает требования к физико-химическим и трибологическим свойствам масел в аспекте улучшения параметров надежности и работоспособности гидросистемы [5].

Методика данного исследования включает анализ и выбор рациональных критериев, достаточных и необходимых для оценки работоспособности тракторной гидронавесной системы, и способов её повышения с учетом реальных условий эксплуатации.

Анализ работы элементов гидронавесной системы (гидравлических и силовых) направлен на обоснование приведенного критерия работоспособности гидросистемы с учетом значимости параметров отдельных элементов.

Основными элементами системы являются:

- гидравлическая жидкость, выполняющая бифункциональную роль смазочного материала для поверхностей трения и рабочей жидкости в цилиндрах силовых устройств с критерием работоспособности  $P_M$ ;
- насосные элементы, обеспечивающие необходимое и стабильное рабочее давление жидкости на всех режимах работы системы с критерием работоспособности  $P_H$ ;
- распределительно-регулирующие элементы, управляющие режимами работы системы с критерием работоспособности  $P_P$ ;
- силовые элементы (цилиндры, механизмы навески, прицепы и т.д.), исполняющие основные силовые функции системы с критерием работоспособности  $P_C$ ;
- соединительные элементы (шланги, патрубки, штуцеры и т.п.), обеспечивающие гидравлическую взаимосвязь всех элементов системы с критерием работоспособности  $P_{Ш}$ .

В качестве аддитивного показателя работоспособности можно принять сумму приведенных критериев работоспособности элементов гидросистемы ( $P_{ГС}$ ):

$$P_{ГС} = P_M \cdot \alpha_M + P_H \cdot \alpha_H + P_P \cdot \alpha_P + P_C \cdot \alpha_C + P_{Ш} \cdot \alpha_{Ш}, \quad (1)$$

где  $P_M, P_H, P_P, P_C, P_{Ш}$  – критерии работоспособности отдельных элементов системы;

$\alpha_M, \alpha_H, \alpha_P, \alpha_C, \alpha_{Ш}$  – уровень значимости критериев соответствующих элементов (по характеристикам отказов, ресурса и др.).

Выражение (1) характеризует определенные задачами исследования методологические этапы оценки комплексного влияния основных элементов гидросистемы на предусмотренные в ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения» показатели ее работоспособности. Данная оценка требует широкой и всесторонней базы экспериментальных данных взаимосвязи критериев основных элементов гидравлической системы.

Приведенные критерии  $P_H, P_P, P_C$  и  $P_{Ш}$ , с учетом их уровня значимости, характеризуют работоспособность элементов системы, связанную с изнашиванием деталей, снижением рабочего давления и параметров выполняемых операций, нарушением взаимосвязи элементов системы.

Приведенный критерий рабочей жидкости ( $P_M$ ) характеризуется напряженностью эксплуатационных условий и интенсивностью изменения физико-химических и трибологических свойств (старение рабочей жидкости). В гидравлических системах сельскохозяйственной техники в качестве рабочей жидкости широко используется минеральное масло: гидравлическое или, в большинстве случаев, моторное.

Напряженность работы гидравлической жидкости в системе зависит от потребляемой мощности насоса ( $N_H$ ), среднего рабочего давления в силовом цилиндре ( $P_{Ц}$ ), частоты рабочих режимов в системе ( $n_P$ ) и объема рабочей жидкости ( $V_M$ ), что можно выделить удельным безразмерным показателем:

$$H_P = \frac{P_{Ц} \cdot n_P}{V_M \cdot N_H}. \quad (2)$$

Показателем изменения физико-химических и трибологических свойств рабочей жидкости в первую очередь выступает скорость изнашивания ресурсопределяющих сопряжений в основных элементах системы. При этом изменяются вязкость, кислотное и щелочное число жидкости, снижается содержание и эффективность присадок, повышаются концентрация механических примесей и интенсивность абразивного изнашивания.

В данной работе основное внимание для развития метода аддитивной оценки работоспособности тракторных гидросистем уделено анализу результатов использования альтернативной растительно-минеральной рабочей жидкости с обоснованием рационального состава и режимов работы.

Исследование режимов работы тракторных гидросистем позволяет выделить ряд эффективных направлений повышения их работоспособности.

- Использование растительно-минеральных смесей на основе рапсового масла в качестве альтернативной гидравлической рабочей жидкости. По данным исследований [6, 7] растительно-смазочная композиция, содержащая 88,9% рапсового масла + 3,7% присадки ДФ-11 + 3,2% присадки ЭФО + 4,2% мелкодисперсного графита, по трибологическим характеристикам соответствует товарным минеральным маслам М-10Г<sub>2</sub> и МГЕ-46В, используемым в гидравлических системах сельскохозяйственной техники.

Оценка критериев работоспособности гидросистемы за период наработки 1000 моточасов, на примере тракторов МТЗ-82, показала, что их изменение не выходило за пределы допустимых значений (табл. 1).

Приведенные результаты исследований позволяют сделать вывод о возможности и перспективах использования растительно-минеральных смесей на основе рапсового масла в качестве рабочей жидкости в гидравлических системах сельскохозяйственных тракторов. При этом, учитывая быструю биоразлагаемость растительных компонентов рабочей жидкости в почве, представляется возможность сохранить плодородие почвы.

Изменение показателей работоспособности гидросистемы

Наименование показателя	Значения параметров			$\alpha$
	до испытаний	после испытаний	допустимое	
Подача насоса, л/мин	45	43	30	0,13
Давление открытия клапанов, МПа:				
- возврата золотника	12,0	11,6	9,0-12,0	0,04
- предохранительного	13,9	13,8	12,5-14,5	0,01
Время подъема / опускания, с	3,5/1,5	3,6/1,5	4,0/2,0	0,03
Усадка поршня цилиндра, мм	14	15	25	0,09

Примечание:  $\alpha$  – уровень изменения показателей работоспособности гидросистемы.

■ Повышение уровня фильтрации гидравлической рабочей жидкости центробежным очистителем в нагнетательной линии с использованием клапана – делителя потока и обогащением жидкости противоизносными присадками [6]. Эффективность данного технического решения заключается в повышении ресурса основных элементов гидросистемы за счет «реализации непрерывного процесса очистки рабочей жидкости центробежным фильтром с одновременным улучшением её трибологических характеристик введением необходимой концентрации модифицированного ультрадисперсного порошка графита (меди)».

Рациональный уровень фильтрации целесообразно оценивать по данным аналитических расчетов процесса центробежной очистки рабочей жидкости методом конечных элементов в программе вычислительной гидродинамики (CFD). По результатам исследований [7] размеры центрифуги для гидросистемы трактора типа МТЗ-82 характеризуются высотой  $H = 137$  мм и диаметром  $D = 148$  мм ротора. При этом должны быть учтены размеры трибологических добавок в жидкости и характерные для условий эксплуатации размеры абразивных частиц.

■ Улучшение герметичности и снижение воздухообмена емкости рабочей жидкости с окружающей средой. Воздухообмен при работе гидросистемы вызван перемещением жидкости в системе, что способствует проникновению абразивных частиц во внутренний объем системы и абразивному изнашиванию деталей насосных и распределительно-регулирующих элементов. Эффективными методами решения данной проблемы являются совершенствование конструкции уплотнений, улучшение работы сапунов и оборудование гидросистемы компенсатором герметичности [8].

Таким образом, обобщая выделенные направления повышения работоспособности тракторных гидросистем можно определить основные методы их модернизации:

- использование растительно-минеральной смеси на основе рапсового масла в качестве рабочей жидкости в гидросистеме;
- применение центробежной очистки рабочей жидкости с порционным её легированием ультрадисперсными модификаторами трения пропорционально напряженности работы жидкости в системе;
- обеспечение герметичности элементов системы, исключение утечек жидкости и попадание в неё абразива.

**Результаты экспериментальных исследований** [9] показали, что разработанный состав рабочей жидкости на основе рапсового масла соответствует требованиям, предъявляемым к гидравлическим маслам и способствует снижению изнашивания поверхностей трения. Эффективной является центробежная очистка рабочей жидкости на уровне нагнетательной линии системы с порционным добавлением ультрадисперсных модификаторов трения пропорционально напряженности работы жидкости. Расчетами определены рациональные конструктивные параметры центрифуги (высота ротора  $H = 137$  мм и диаметр  $D = 148$  мм) для гидросистемы трактора типа МТЗ-82 с учетом характеристики механических (абразивных) примесей. Годовой экономический эффект модернизации гидросистемы составляет 7,0 тыс. руб. на один трактор.

**Заключение.** Аналитически обоснованы методологические этапы исследования критериев оценки работоспособности на основе рациональных методов и способов улучшения режимов работы основных элементов гидронавесной системы: рабочая жидкость; насосные, распределительные, силовые и соединительные элементы. Определены задачи экспериментальных исследований работы элементов тракторной гидронавесной системы с целью накопления базы данных для оценки показателя напряженности работы гидравлической жидкости и приведенных критериев элементов системы.

#### Библиографический список

1. Галин, Д. А. Оценка работоспособности и повышение долговечности объемного гидропривода ГСТ-90 : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Галин Дмитрий Александрович. – Саранск, 2007. – 224 с.
2. Рылякин, Е. Г. Повышение работоспособности гидросистемы трактора терморегулированием рабочей жидкости : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Рылякин Евгений Геннадьевич. – Пенза, 2007. – 150 с.

3. Володько, О. С. Методические основы исследований надежности и работоспособности технических систем / О. С. Володько, А. Г. Ленивец // Известия Самарской ГСХА. – Самара, 2013. – №3. – С. 40-44.
4. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов. – 24 с.
5. Чичинадзе, А. В. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А. В. Чичинадзе, Э. М. Берлинер, Э. Д. Браун [и др.] ; под общ. ред. А. В. Чичинадзе – М. : Машиностроение, 2003. – 576 с.
6. Бажутов, Д. Н. Повышение качества очистки и улучшение трибологических характеристик рабочей жидкости тракторных гидросистем / Д. Н. Бажутов, Г. А. Ленивец // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – Самара, 2009. – №3. – С. 49–51.
7. Ленивец, Г.А. Аналитическая оценка влияния размерных параметров центрифуги на степень очистки масел / Г. А. Ленивец, Д. Н. Бажутов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – Самара, 2013. – №3. – С. 44–49.
8. Бродский, Г. С. Обоснование, выбор параметров и разработка систем фильтрации рабочих жидкостей для гидрофицированных горных машин : дис. ... д-ра техн. наук : 05.05.06 / Бродский Григорий Семёнович. – М., 2006. – 370 с.
9. Улучшение уровня очистки и трибологических свойств рабочих жидкостей при эксплуатации тракторных гидросистем : отчет о НИР / ВНИЦентр; исполн.: Ленивец Г. А., Володько О. С., Молофеев М. В. [и др.]. – М. : ВНИПИОАСУ, 2012. – 137 с. – № ГР 01.201062609. – Инв. № 02.201352396.

УДК 620.179.112:075.8

## **ВЛИЯНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ НА ИЗНАШИВАНИЕ РЕСУРСОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСМИССИЙ ТРАНСПОРТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

**Ленивец Александр Геннадьевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация, автоматизация и электроснабжение строительства», ФГБОУ ВПО Самарский ГАСУ.

443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194.

E-mail: [lenivtsev-aleksandr@vandex.ru](mailto:lenivtsev-aleksandr@vandex.ru)

**Бухвалов Артем Сергеевич**, инженер научно-исследовательской лаборатории кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

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

**Ключевые слова:** надежность, работоспособность, герметичность, трибосистема, абразив.

*В статье рассмотрены методы улучшения герметичности внутренних полостей трансмиссий машин путем использования рациональных уплотнений и компенсатора герметичности, обеспечивающих снижение уровня абразивного изнашивания ресурсопределяющих деталей. Цель исследования - снижение скорости абразивного изнашивания деталей и увеличения срока службы трансмиссионного масла обоснованием метода и режима воздухообмена трансмиссии с окружающей средой. Обоснованы взаимосвязи основных параметров трибосистемы и предложены мероприятия, направленные на снижение скорости абразивного изнашивания. Рассмотрены способы улучшения герметичности трансмиссий. Определены параметры компенсатора герметичности для трансмиссий основных сельскохозяйственных тракторов. Рациональные объемы компенсаторов герметичности для тракторов составляют: для МТЗ-80 –  $22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ , для Т-4А –  $20,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ , для ДТ-75М –  $18,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ , для К-701 –  $17,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ , для Т-150 –  $15,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ . Стендовые и эксплуатационные сравнительные испытания трансмиссий трактора Т-4А показали, что установка компенсатора герметичности позволяет повысить срок службы масла в 1,4-1,7 раза и снизить износ деталей на 7-9% по сравнению с базовым вариантом трансмиссии. Применение централизованной смазочной системы с центробежной очисткой обеспечивает снижения скорости изнашивания деталей в 1,5-1,8 раза и увеличение срока службы масла в 2-3 раза в сравнении с картерной смазкой разбрызгиванием. Эффективными мерами улучшения режима смазывания трансмиссий является повышение герметичности узла установкой рациональных конструкций сальников, манжет, уплотнений, прокладок и применением компенсатора герметичности. Рациональным является сочетание и качественная реализация данных мероприятий с учетом особенностей конструкции и условий эксплуатации машин.*

Надежность и работоспособность трансмиссий колесных и гусеничных машин, составляющих основу многих технологических средств в транспорте, строительстве и сельском хозяйстве, определяются скоростью изнашивания ресурсопределяющих деталей агрегатов и сборочных единиц. Показатели надежности и работоспособности трансмиссии в данном аспекте зависят от конструктивно-технологических параметров, определяющих потенциальные свойства конструкции, и эксплуатационных факторов, влияющих на изменение данных свойств с учетом условий работы: нагрузочно-скоростные режимы, климатические условия, качество технического обслуживания и др. При характерных для трансмиссий машин неустойчивых нагрузках и скоростях, широком интервале изменения температурных условий и запыленности окружающей среды требуются рациональные режимы смазывания поверхностей трения деталей, включающие способ смазывания,

свойства и стабильность показателей смазочного материала, уровень его загрязнения механическими примесями, доля абразивных частиц и скорость окисления.

Актуальным в направлении сохранения потенциальных свойств трансмиссий транспортных и технологических машин является поиск эффективных методов улучшения режимов смазывания поверхностей трения ресурсопределяющих сопряжений.

Рабочая гипотеза данного исследования основана на возможности использования компенсатора герметичности корпуса трансмиссии, как метода конструктивного и технологического воздействия на параметры режима смазывания, обеспечивающего снижение скорости абразивного изнашивания деталей и увеличение срока службы масла.

**Цель исследований** – снижение скорости абразивного изнашивания деталей и увеличения срока службы трансмиссионного масла обоснованием метода и режима воздухообмена трансмиссии с окружающей средой.

**Задачи исследования:**

- обосновать взаимосвязи основных параметров трибосистемы и разработать мероприятия по снижению скорости абразивного изнашивания;

- разработать и оценить эффективность компенсатора герметичности для трансмиссий, обеспечивающего снижение воздухообмена внутренней полости с окружающей средой.

**Материалы и методы исследований.** В основу общей методики положен принцип разработки и анализа структурной схемы взаимосвязи параметров, действующих на силовую передачу в эксплуатационных условиях. В теоретических исследованиях оценивался процесс воздухообмена силовой передачи с окружающей средой и соответствующие скорости накопления механических примесей в масле и его окисления при разных режимах эксплуатации, а также обосновывались параметры компенсатора герметичности. Работоспособность и эффективность компенсатора герметичности оценивались в стендовых и эксплуатационных исследованиях. Для сравнительных стендовых исследований был разработан специальный стенд, включающий два редуктора в замкнутом силовом контуре. На одном из редукторов был установлен компенсатор герметичности. Эксплуатационные исследования проводились с использованием трех групп тракторов Т-4А при разных режимах эксплуатации.

**Результаты исследований.** Анализ современной методологии оценки надежности и работоспособности машин и механизмов с точки зрения процесса изнашивания ресурсопределяющего сопряжения базируется на полном и всестороннем обосновании структуры трибологической системы (ТС) и взаимодействия ее составляющих: поверхности трения сопряженных деталей  $D_1$  и  $D_2$ , смазывающий материал  $M$  и окружающая среда  $A$  (рис. 1) [1, 2].

Комплексная схема (рис. 1) позволяет обосновать характерные взаимосвязи основных трибологических параметров в условиях абразивного изнашивания поверхностей трения по отдельным этапам жизненного цикла машины и предложить ряд мероприятий.

**На этапе конструирования:**

- расчетными методами обосновывается минимальная толщина смазочного слоя ( $h_{min}$ ) по обеспечению рационального режима смазывания и необходимые показатели смазочного масла (сорт, физико-химические и трибологические свойства);

- выбирается способ и уровень фильтрации масла ( $\Phi$ ) с учетом толщины смазочного слоя и характерных размеров абразивных частиц в зоне использования машины;

- применяются эффективные конструкции уплотнений, снижающие воздухообмен внутренней полости трансмиссии с окружающей средой;

- рассчитываются показатели надежности и работоспособности.

**На этапе изготовления:**

- обосновывается выбор материалов для изготовления деталей;

- обосновывается выполнение норм точности изготовления, сборки и промышленной чистоты;

- проводится контроль режимов обкатки и качества уплотнений в сборочных единицах;

- разрабатываются технологические карты с обоснованием начальных, допустимых и предельных размеров изнашиваемых деталей.

**На этапе эксплуатации:**

- проводится контроль и экспертиза отказов;

- планируются и реализуются периодические управляющие воздействия;

- анализируются и учитываются условия эксплуатации с целью корректирования управляющих воздействий.

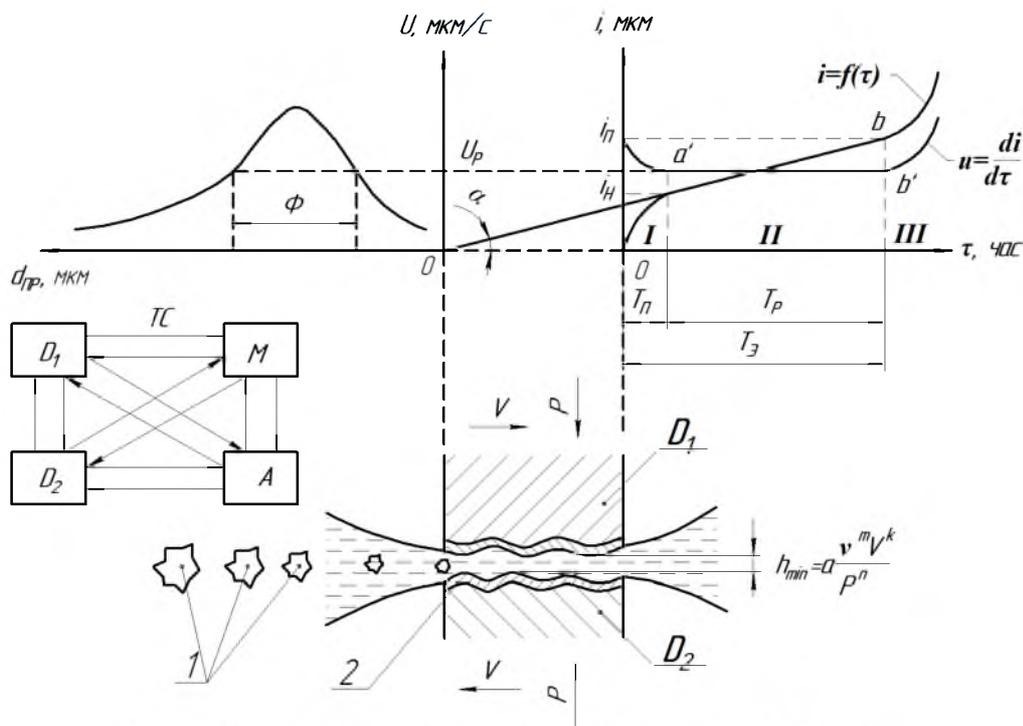


Рис. 1. Схема процесса абразивного изнашивания поверхностей трения:

1 – абразивные частицы в потоке масла; 2 – окисная пленка;  $V$  – скорость взаимного перемещения поверхностей трения;  $P$  – усилие;  $\nu$  – вязкость масла;  $h_{\min}$  – минимальная толщина масляного слоя в контакте деталей;  $d_{\text{пр}}$  – средний диаметр абразивных частиц;  $\Phi$  – зона оптимального уровня фильтрации масла;  $i$  и  $U$  – износ и скорость изнашивания поверхностей;  $\tau$  – время работы сопряжения;  $T_{\text{п}}$  – время приработки сопряжения (участок I);  $T_{\text{р}}$  – регламентированное время работы (участок II при достижении предельного износа  $i_{\text{п}}$  и регламентированной скорости изнашивания  $U_{\text{р}}$ )

Исследованиями [3, 4, 5] установлена превалирующая роль абразивного изнашивания деталей трансмиссий в случаях работы машины в условиях сильной запыленности воздуха и при снижении герметичности корпуса. Анализ взаимосвязи показателей изнашивания (рис. 1) свидетельствует практически о линейной зависимости износа ( $i$ ) в зоне II под углом  $\alpha$  к оси времени ( $\tau$ ). При этом скорость изнашивания

$$U = \frac{di}{d\tau} = \frac{i_{\text{п}} - i_{\text{п}}}{T_{\text{р}}} = \text{tg}\alpha, \quad (1)$$

где  $i_{\text{п}}$  и  $i_{\text{п}}$  – начальный (после приработки) и предельный износ сопряжения.

Наглядно прослеживается регламентированный ресурс сопряжения ( $T_{\text{р}}$ ) при регламентированной скорости изнашивания ( $U_{\text{р}}$ ), обусловленной уровнем фильтрации масла ( $\Phi$ ). Повышение скорости изнашивания при увеличении уровня абразивного загрязнения трансмиссионного масла характеризуется увеличением угла наклона классической линии изнашивания и соответствующим снижением срока службы ( $T_{\text{р}}$ ) ресурсопределяющего сопряжения.

#### Способы улучшения герметичности трансмиссий.

Исследованиями [5, 6] отмечается, что «запыленность воздуха на уровне тракторных трансмиссий достигает  $3,2 \text{ г/м}^3$ , а доля абразивных частиц составляет 57-68%». В условиях воздухообмена внутреннего объема корпуса трансмиссии с окружающей средой («дыхания» трансмиссии) абразив загрязняет трансмиссионное масло и поступает в зоны трения деталей. Эффективным с точки зрения обеспечения рациональных режимов и условий смазывания тракторных трансмиссий является ряд мероприятий, воздействующих на герметичность внутренних полостей и состояние трансмиссионного масла [3].

- Конструкторская разработка и обоснование режимов работы централизованной смазочной системы с центробежной очисткой, регулированием температуры и рациональным подводом масла в зоны трения деталей. По данным [3] это обеспечивает возможность снижения скорости изнашивания деталей в 1,5-1,8 раза и увеличение срока службы масла в 2-3 раза в сравнении с картерной смазкой разбрызгиванием.

- Выбор рациональной конструкции сальников, манжет, прокладок и защитных кожухов рычагов управления и выходных валов трансмиссии (рис. 2, а, б, в) [2, 3, 6].

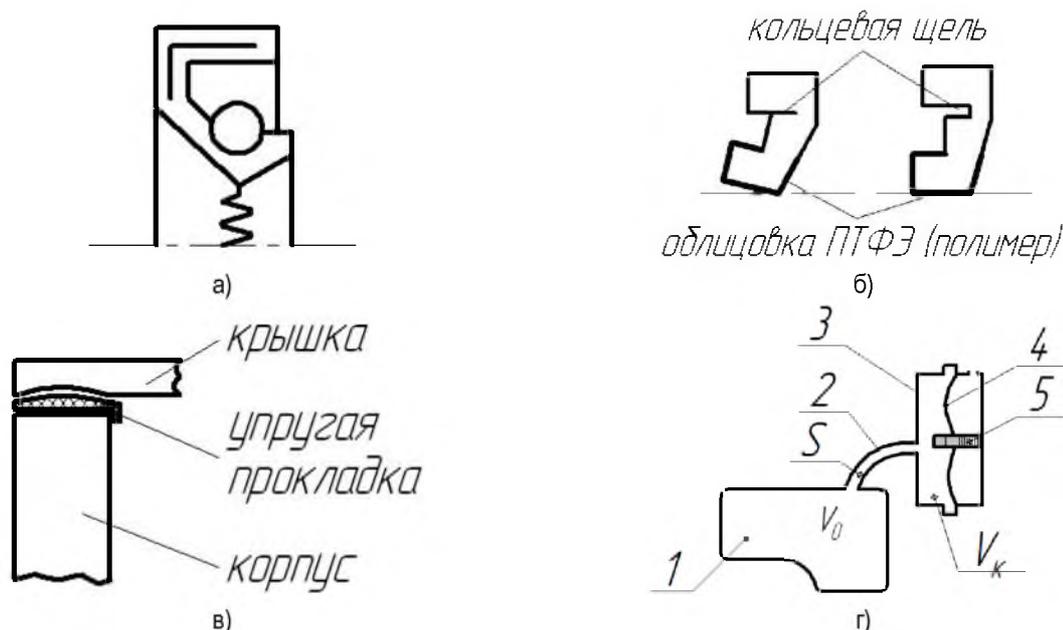


Рис. 2. Методы улучшения герметичности трансмиссии:

- а) сальник с волнообразной кромкой контакта увеличивает площадь контакта и теплоотдачи вращающегося вала; б) уплотнительное кольцо (сальник) с торцевой щелью, улучшающей эластичность кольца, и облицовкой из полимера, снижающей износ кромки; в) упругая профильная угловая прокладка корпуса и крышки трансмиссии; г) схема компенсатора герметичности; 1 – корпус трансмиссии; 2 – воздуховод; 3 – корпус компенсатора герметичности; 4 – эластичная диафрагма; 5 – индикатор перемещения диафрагмы;  $V_0$  – свободный объем трансмиссии;  $S$  – сечение воздуховода;  $V_k$  – рабочий объем компенсатора герметичности

В современных отечественных и зарубежных тракторах отдается предпочтение конструкторскому и технологическому совершенствованию вариантов а, б и в (рис. 2). Однако в данных случаях повышается плотность сопряжения деталей с частичным сокращением воздухообмена, а компенсатор герметичности (рис. 2, г) исключает температурный и динамический воздухообмен методом сообщающихся полостей.

• Оборудование трансмиссии компенсатором герметичности (рис. 2, г), действие которого основано на свободном перетекании воздуха из объема силовой передачи  $V_0$  в рабочий объем компенсатора  $V_k$ . Исследованиями [6] определены значения объемов  $V_0$  и  $V_k$  для наиболее распространенных отечественных тракторов (табл. 1).

Таблица 1

Изменение объемов  $V_0$  и  $V_k$  трансмиссий тракторов

Объемы, $\cdot 10^{-3}$ , м <sup>3</sup>	МТЗ-80	Т-4А	ДТ-75М	К-701	Т-150
$V_0$	86,4	64,7	52,3	49,9	44,5
$V_k$	22,4	20,9	18,6	17,1	15,2

Главные методические аспекты определения объемов  $V_0$  и  $V_k$  при условиях адиабатного расширения воздуха вытекают из уравнения

$$\frac{V_k}{k \cdot V_0} = \beta(t_1 - t_2), \quad (2)$$

где  $(t_1 - t_2)$  – интервал температурных колебаний;  
 $\beta$  – коэффициент объемного расширения воздуха;  
 $k$  – коэффициент, учитывающий различные виды воздухообмена.

Эффективным методом экспериментальной оценки  $V_0$  трансмиссии является заполнение свободного объема жидкостью с последующим определением величины свободного пространства.

Стендовые и эксплуатационные сравнительные испытания трансмиссий трактора Т-4А показали, что установка компенсатора герметичности позволила повысить срок службы масла в 1,4-1,7 раза, снизить износ деталей на 7-9% и утечки масла.

Оценка неплотностей трансмиссии трактора Т-4А диагностическим методом эквивалентного отверстия ( $d_{эп}$ ) позволила установить его предельное значение  $d_{эп} = 7,6$  мм, свидетельствующее о значительном повышении скорости изнашивания деталей и необходимости замены и ремонта уплотнений корпуса трансмиссии. Предполагая идентичность конструктивно-технологического исполнения уплотнений силовых передач современных тракторов экспериментальные данные для трактора Т-4А могут с достаточной

достоверностью использоваться для других тракторов с учетом приведенного значения диаметра эквивалентного отверстия ( $d_{эп}$ ).

**Заключение.** Герметичность тракторной трансмиссии определяет уровень загрязнения масла абразивными частицами из окружающей среды и, как следствие, скорость изнашивания и ресурс трибологической системы в целом. Эффективными мерами улучшения режима смазывания трансмиссий является повышение герметичности узла установкой рациональных конструкций сальников, манжет, уплотнений, прокладок и применением компенсатора герметичности. Рациональным является сочетание и качественная реализация данных мероприятий с учетом особенностей конструкции и условий эксплуатации машин.

#### Библиографический список

1. Основы трибологии (трение, износ, смазка) / под ред. А. В. Чичинадзе. – М. : Машиностроение, 2001. – 664 с.
2. Трибология : международная энциклопедия. Т. 1. Историческая справка, термины, определения / под ред. К. Н. Войнова. – СПб. : АНИМА ; Краснодар, 2010. – 176 с.
3. Современная трибология : Итоги и перспективы / отв. ред. К. В. Фролов – М. : ЛКИ, 2008. – 480 с.
4. Чичинадзе, А. В. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А. В. Чичинадзе, Э. М. Берлинер, Э. Д. Браун [и др.] ; под общ. ред. А. В. Чичинадзе. – М. : Машиностроение, 2003. – 576 с.
5. Малкин, В. С. Надежность технических систем и техногенный риск. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2010. – 432 с.
6. Ленивец, А. Г. Снижение интенсивности абразивного изнашивания тракторной силовой передачи применением компенсатора герметичности : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Ленивец Александр Геннадьевич. – Самара, 1999. – 132 с.
7. Володько, О. С. Методические основы исследований надежности и работоспособности технических систем / О. С. Володько, А. Г. Ленивец // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – Самара, 2013. – №3. – С. 40-44.

УДК 621.892.84

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИФРИКЦИОННЫХ И ПРОТИВОИЗНОСНЫХ ДИСКОТИЧЕСКИХ МЕЗОГЕННЫХ ПРИСАДОК ДЛЯ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

**Терентьев Владимир Викторович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис», ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. академика Д. К. Беляева.

153012, г. Иваново, ул. Советская, 45.

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

**Акопова Ольга Борисовна**, д-р хим. наук, ст. науч. сотрудник НИИ наноматериалов, ФГБОУ ВПО Ивановский ГУ.

153025, Иваново, ул. Ермака 39.

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

**Баусов Алексей Михайлович**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Технический сервис», ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. академика Д. К. Беляева.

153012, г. Иваново, ул. Советская, 45.

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

**Герасимов Алексей Иванович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и сельскохозяйственные машины», ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. академика Д. К. Беляева.

153012, г. Иваново, ул. Советская, 45.

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

**Телегин Игорь Михайлович**, аспирант кафедры «Технический сервис», ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. академика Д. К. Беляева.

153012, г. Иваново, ул. Советская, 45.

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

**Ключевые слова:** карбоксилаты, износ, смазка, трение, присадка, мезофаза.

*Цель исследования – улучшение трибологических показателей серийных пластичных литиевых смазок, используемых в узлах трения сельскохозяйственных машин. В статье представлены результаты экспериментальных исследований антифрикционных и противоизносных свойств пластичных смазочных материалов с присадками жидкокристаллической природы – карбоксилатами меди, формирующими в мезофазе колончатые надмолекулярные структуры. Выбор присадок для исследований обусловлен размерами их молекул. Синтез присадок осуществлялся различными методами (метод сплавления и механоактивации в измельчителе ударно-отражательного типа). Трибологические исследования проводились на машине трения. Исследования показали, что введение в качестве присадок к литиевым смазкам исследуемых карбоксилатов меди позволяет снизить коэффициент трения в 1,5-3,45 раза, что в целом позволяет уменьшать потери на трение в трибосопряжениях. Износ элементов пар трения снижается*

в 1,4-4,8 раза, что позволяет в дальнейшем увеличить ресурс деталей пар трения сельскохозяйственных машин и оборудования. Улучшение трибологических характеристик связано с тем, что при переходе в мезоморфное состояние данные соединения, собранные в гексагональные домены, ориентируются относительно поверхности трения, имея при этом пониженную прочность при сдвиговой деформации. Обнаружено, что для исследованных карбоксилатов меди при добавке их в литиевую смазку явно наблюдается зависимость от концентрации присадки в диапазоне от 1 до 20 масс. %: чем выше ее концентрация, тем больше снижение коэффициента трения и износа. Полученные результаты показывают перспективность использования карбоксилатов меди в качестве антифрикционных и противозносных присадок к пластичным смазкам на литиевой основе.

Одной из актуальных проблем при использовании технических средств в современном сельскохозяйственном производстве является обеспечение длительного ресурса машин и оборудования при минимальных затратах средств на мероприятия технической эксплуатации. Обеспечить высокую надежность машин можно за счет применения износостойких материалов пар трения. Кроме этого, более экономичным путем решения данной проблемы является применение в узлах трения машин и оборудования эффективных смазочных материалов, позволяющих обеспечивать в паре трения при различных нагрузочно-скоростных факторах надежное разделение поверхностей трения.

Для повышения трибологических характеристик смазочных материалов в настоящее время широко используют различные присадки. Известно, что одними из эффективных присадок, позволяющих улучшать ряд характеристик жидких и пластичных смазок, являются жидкокристаллические соединения [1-7].

**Цель исследования** – улучшение трибологических показателей серийных пластичных литиевых смазок, используемых в узлах трения сельскохозяйственных машин.

**Задача исследований** – изучить влияние на трибологические характеристики пластичных литиевых смазок (литол-24) введения присадок из класса жидких кристаллов в различном процентном соотношении.

**Материалы и методы исследований.** В качестве присадок использовались синтезированные одним из авторов жидкокристаллические дискотические мезогенные соединения – валерат и ундецилат меди (рис. 1).

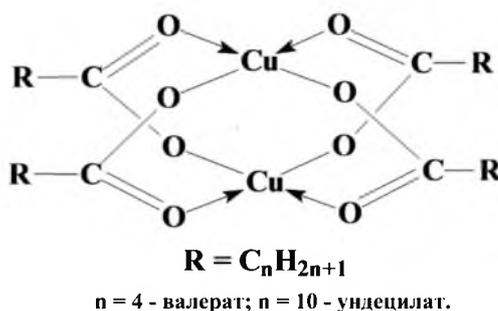


Рис. 1. Строение карбоксилатов меди (I)

Ранее в работах [1, 2] было показано, что длинноцепочечные карбоксилаты меди (*КМ*) формируют мезофазу, характерную для дискотических мезогенов, с колончатой гексагональной (*Col<sub>h</sub>*) упаковкой. При переходе в мезоморфное состояние данные соединения, собранные в гексагональные домены, ориентируются относительно поверхности трения, имея при этом пониженную прочность при сдвиговой деформации, что позволяет снижать триботехнические характеристики трущихся узлов, особенно в тяжело нагруженных парах трения.

Карбоксилаты меди, которые использовались при исследовании, были получены методом сплавления (ЛМ 609-404510-89), а также методом механоактивационного синтеза в измельчителе ударно-отражательного типа [2].

Выбор мезогенных карбоксилатов меди для трибологических исследований из серии *КМ*, синтезированных и описанных авторами ранее, осуществлялся, исходя из наименьших размеров молекул данной серии соединений (табл. 1) [2]. Геометрические характеристики карбоксилатов меди были определены из их моделей, построенных и оптимизированных с использованием программы *HyperChem*, MM<sup>+</sup>.

Таблица 1

Геометрические характеристики карбоксилатов меди

Тип соединения	Длина молекулы, Å	Толщина молекулы, Å	Ширина молекулы, Å
Валерат меди	12,80	3,29	11,15
Ундецилат меди	26,78	4,16	19,93

Такой выбор обоснован тем, что при меньших размерах большее число молекул соединения будет участвовать в процессе трения. Как представляется авторами, при трении слои смазочного материала взаимно перемещаясь, разделяют поверхности трения. Результатом такого перемещения является разрушение связей между слоями. Скорость дальнейшего восстановления таких связей зависит от степени блокировки дисперсных частиц смазки частицами присадок. При увеличении количества молекул присадки в пластичной смазке степень блокировки увеличивается. Это способствует увеличению подвижности молекул, а, соответственно, облегчению непрерывного обновления адсорбированной на поверхности смазочной пленки.

Валерат и ундецилат меди добавлялись в различной концентрации в пластичную смазку литол-24, и затем выполнялась серия трибологических испытаний в различных условиях нагружения.

Исследования проводились на машине трения 2070 СМТ-1, по схеме «вращающийся диск-неподвижный шар». Условия эксперимента: частота вращения диска – 500 мин<sup>-1</sup>, диаметр диска – 40 мм, материал пары трения – диск – сталь 45 с твердостью 60 HRC, шар – сталь ШХ-15. Нагружение на образцы ступенчатое от 200 до 400 Н. Пробег при каждой нагрузке составлял 1 км. Перед приложением нагрузки на диск однократно наносился смазочный материал, что определяло граничный режим смазки. Для оценки противозносных свойств изучаемых присадок замерялось пятно износа на шаре с помощью микроскопа МПБ-2.

**Результаты исследований.** Исследования, выполненные ранее авторами [2, 3], показывают, что при введении карбоксилатов меди в пластичные смазки на основе кальциевых мыл износ неподвижного образца при различных нагрузках с увеличением длины углеводородной цепи имеет тенденцию к снижению.

При этом было обнаружено, что смесь ундецилата меди с синтетическим солидолом обнаруживает мезоморфизм уже при комнатной температуре, что позволяет добиться в процессе трения существенного улучшения трибологических показателей [2].

Интересно было проследить влияние на триботехнические показатели добавления присадок такого типа в пластичную смазку литол-24, которая широко применяется в сельскохозяйственной технике.

Опыты по исследованию трибологических характеристик серийной пластичной смазки литол-24 без присадок и с добавлением 20% масс. валерата и ундецилата меди (рис. 2, 3), тоже показали общую тенденцию улучшения триботехнических показателей смазки.

Так, введение мезогенных присадок *КМ-1* приводит к снижению коэффициента трения в 1,5-3,45 раза (в исследованном диапазоне нагрузок) (рис. 2), что в целом позволяет уменьшать потери на трение в трибосопряжениях, а, соответственно, и потери энергии на холостой привод механизмов сельскохозяйственной техники. Следует считать такие присадки перспективными для использования в пластичных смазках различной природы.

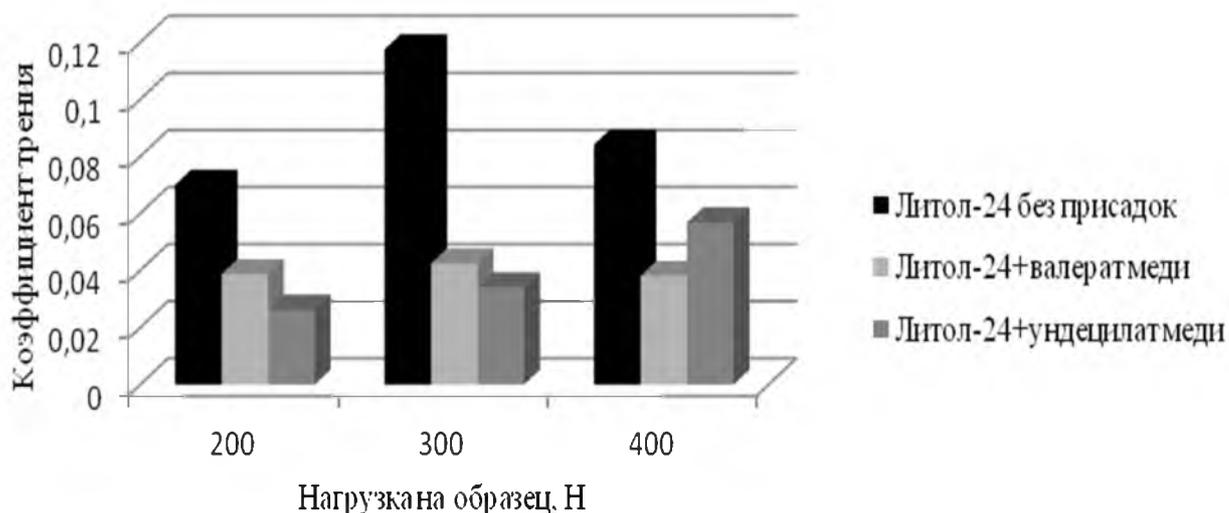


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения от величины нагрузки при использовании пластичной смазки Литол-24 без добавки и с добавкой присадок жидкокристаллической природы *КМ-1*

Также было обнаружено, что введение как валерата, так и ундецилата меди приводит к снижению износа в 1,4-4,8 раза в зависимости от величины нагрузки на образец (рис. 3). Максимальное снижение износа наблюдается при высоких нагрузках на образец, что во многом определяется температурным фактором и более быстрым достижением температуры перехода присадки в мезофазу.

Износ подвижного образца (ролика) при введении присадок такого типа снижается в среднем в 1,4-2 раза.

Следует также отметить, что лучшие противоизносные характеристики достигаются при использовании валерата меди.

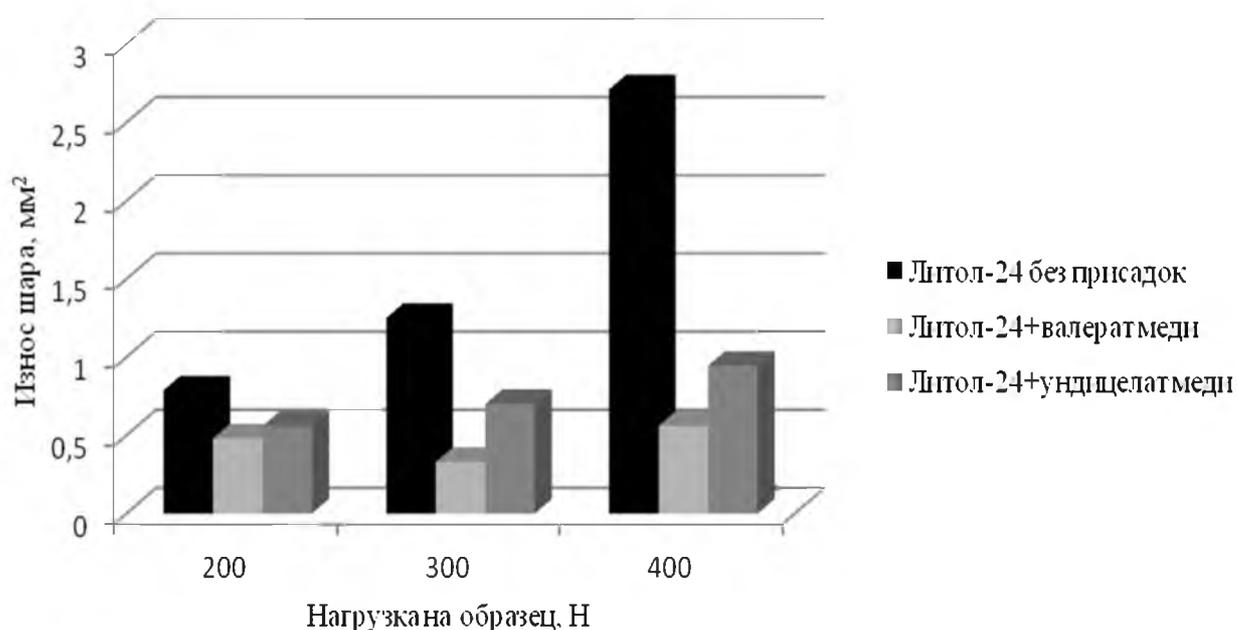


Рис. 3. Зависимость износа от величины нагрузки в присутствии пластичной смазки Литол-24 без добавки и с добавкой присадок КМ-I

**Заключение.** Улучшение противоизносных характеристик позволяет в дальнейшем увеличить ресурс деталей пар трения сельскохозяйственных машин и оборудования.

Обнаружено, что как для валерата, так и для ундецилата меди при добавке их в литол-24 явно наблюдается зависимость от концентрации присадки в диапазоне от 1 до 20 масс. %: чем выше ее концентрация, тем больше снижение коэффициента трения и износа.

В будущем интересно будет проследить влияние на трибологические характеристики смесевых композиций присадок КМ при введении их в пластичные смазки.

#### Библиографический список

1. Усольцева, Н. В. Жидкие кристаллы: дискотические мезогены / Н. В. Усольцева, О. Б. Аكوпова, В. В. Быкова [и др.]. – Иваново : Ивановский ГУ, 2004. – 546 с.
2. Аكوпова, О. Б. Карбоксилаты меди. Моделирование, синтез, мезоморфизм и трибологические свойства / О. Б. Аكوпова, В. Б. Лапшин, В. В. Терентьев, В. С. Богданов // Жидкие кристаллы и их практическое применение. – 2012. – Вып. 2. – С. 20-28.
3. Терентьев, В. В. Влияние строения дискотических мезогенных присадок-карбоксилатов меди на свойства синтетического солидола / В. В. Терентьев, О. Б. Аكوпова, В. Б. Лапшин, К. В. Субботин // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2011. – №4. – С. 31-33.
4. Аكوпова, О. Б. Влияние молекулярного и надмолекулярного строения дискотических мезогенов на их трибологические характеристики // Успехи в изучении жидкокристаллических материалов / под ред. Н. В. Усольцевой. – Иваново : Ивановский ГУ, 2007. – С. 73-79.
5. Березина, Е. В. Производные фталоцианина как присадки к смазочным композициям. – Иваново : Ивановский ГУ, 2007. – 240 с.
6. Терентьев, В. В. Повышение ресурса узлов трения почвообрабатывающей техники / В. В. Терентьев, В. Б. Лапшин, К. В. Субботин, В. С. Богданов // Научное обозрение. – 2011. – №6. – С. 27-31.
7. Терентьев, В. В. Изучение механизма влияния на триботехнические свойства кальциевых смазок дискотических мезогенов – карбоксилатов меди / В. В. Терентьев, В. Б. Лапшин, О. Б. Аكوпова // Тез. докл. Первой Всероссийской конференции по жидким кристаллам. – Иваново : Ивановский ГУ, 2012. – С. 209.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА ТРЕНИЯ ФРИКЦИОННЫХ ДИСКОВ НА РЕСУРС ГИДРОПОДЖИМНЫХ МУФТ

**Приказчиков Максим Сергеевич**, канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры «Надежность и ремонт машин», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная 8А, инженерный факультет.

E-mail: [prikazchikov\\_ms@rambler.ru](mailto:prikazchikov_ms@rambler.ru)

**Ключевые слова:** изнашивание, фрикцион, водороживание, смазка, диски, трансмиссия.

*Цель исследования – повышение ресурса гидроподжимных муфт коробок передач с гидравлическим управлением улучшением режима трения фрикционных дисков сочетанием модификации поверхностей трения дисков и трибологических свойств минерально-растительной смазочной композиции. Влияние режима трения фрикционных дисков на ресурс гидроподжимных муфт оценивалось: посредством аддитивного критерия, характеризующего положительного влияния градиента твердости поверхностей трения и смазочной среды и показателями, оценивающими влияние положительного градиента твердости поверхностей трения при использовании минерально-растительной смазочной композиции. Для улучшения режима трения фрикционных дисков гидроподжимных муфт предложена модификация поверхностей трения дисков посредством фрикционно-механического латунирования в сочетании с применением минерально-растительной смазочной композиции (50% М-10Г<sub>2</sub> + 50% рапсовое масло). Представленные результаты исследований и их анализ свидетельствуют о том, что реализация рассматриваемых конструктивных мероприятий по модификации поверхностей трения в сочетании с рациональным составом минерально-растительной смазочной композиции, улучшающих режим трения фрикционных дисков без каких-либо дополнительных изменений механической коробки передач с гидравлическим управлением, позволит повысить ресурс гидроподжимных муфт в 1,7 раза.*

Основным ресурсоопределяющим узлом механической коробки передач с гидравлическим управлением, тракторов «Кировец» производства ЗАО «Петербургский тракторный завод», является гидроподжимная муфта (ГПМ), обеспечивающая переключение передач без разрыва потока мощности. При реализации переключения передач вследствие буксования поверхностей трения ведущие и ведомые диски ГПМ испытывают большие термодинамические нагрузки, приводящие к их короблению и интенсивному изнашиванию, что является причиной снижения ресурса фрикционных дисков на 60% от регламентированного.

Ресурс ГПМ и технико-экономические показатели работы энергонасыщенной автотракторной техники, оснащенной механическими коробками передач с гидравлическим управлением, во многом зависят от параметров режима трения фрикционных дисков. Ухудшение режима трения приводит к интенсивному водороживанию и увеличению износа дисков и, как следствие, к ухудшению динамических характеристик трактора и повышенному расходу топлива. Рациональный режим трения фрикционных дисков определяется эффективным сочетанием смазочной среды, материала и качества сопрягаемых поверхностей трения.

Поэтому актуальными являются исследования, направленные на улучшение режимов трения фрикционных дисков ГПМ путем модификации и повышения уровня насыщения контакта поверхностей трения, а также трибологических свойств смазочного материала.

**Цель исследований** – повышение ресурса гидроподжимных муфт коробок передач с гидравлическим управлением улучшением режима трения фрикционных дисков сочетанием модификации поверхностей трения дисков и трибологических свойств минерально-растительной смазочной композиции (МРСК).

**Задачи исследований:** 1) оценить возможность повышения технического ресурса гидроподжимных муфт коробок передач с гидроуправлением применением фрикционных дисков с положительным градиентом твердости поверхностей трения в сочетании с рациональным составом минерально-растительной смазочной композиции; 2) экспериментально оценить влияние на ресурс гидроподжимных муфт сочетания модификации поверхностей трения дисков и трибологических свойств МРСК и критериально установить рациональный режим трения фрикционных дисков гидроподжимных муфт.

**Материалы и методы исследований.** В качестве объекта исследований выбран процесс трения модифицированных рабочих поверхностей фрикционных дисков ГПМ при использовании МРСК. Исследования параметров рационального режима трения фрикционных дисков ГПМ выполнены с применением основных положений, законов и методов трибологии, математического анализа и математического моделирования. Экспериментальные исследования выполнены с использованием стандартных и разработанных частных методик исследований.

**Результаты исследований.** Для решения поставленных задач был проведен анализ научно-технической литературы и научных работ, на основании которого была создана трибологическая система контакта фрикционных дисков, позволяющая оценить взаимосвязь входных и выходных параметров

и определить рациональную функциональную зависимость трибологических параметров от режимов трения при некоторой системе ограничений, например, ресурс сопряжения.

Известно, что сила трения при контакте  $F$ , согласно молекулярно-механической теории трения, складывается из суммы адгезионной  $F_a$  и когезионной  $F_k$  составляющих. Основываясь на этом, адгезионную составляющую коэффициента трения  $f_a$  в пластическом контакте можно записать в виде выражения

$$f_a = \frac{\tau_0}{HB} + \beta_2 = const, \quad (1)$$

где  $\tau_0$  – касательные напряжения, не зависящие от нормальных, МПа;  $\beta_2$  – молекулярная константа трения;  $HB$  – твердость материала диска по Бринеллю.

Анализируя данное выражение, можно сказать, что снижение твердости  $HB$  поверхностного слоя в условиях пластического контакта приведет к увеличению коэффициента трения  $f_{TP}$ , облегчая формирование поверхностей трения фрикционных дисков с большей фактической площадью контакта и меньшей удельной силой трения, что повысит их несущую способность, увеличит ресурс ГПМ. Таким образом, современная трибология обосновывает применение фрикционных дисков с положительным градиентом твердости  $\Gamma_T$ , который можно представить в виде неравенства:

$$\Gamma_T = (dH/dh) > 0, \quad (2)$$

где  $dH$  – распределение микротвердости,  $H_V$ ;  $dh$  – глубина измерения твердости материала, мм.

Однако снижение удельных нагрузок может привести к увеличению толщины смазочного слоя, снижению коэффициента трения, момента трения  $M_{\psi}$  ГПМ, выражаемого зависимостью (3) и нарушению режима ее работы:

$$M_{\psi} = \beta \cdot M_n = F_d \cdot f_{TP} \cdot R_{TP} \cdot z_d, \quad (3)$$

где  $M_{\psi}$  – момент трения полностью включенной муфты, Н·м;  $\beta$  – коэффициент запаса, 1,7-2;  $M_n$  – номинальный крутящий момент, Н·м;  $R_{TP}$  – радиус трения, м;  $z_d$  – число пар трения;  $F_d$  – суммарное осевое усилие дисков, Н.

Тогда, с точки зрения оценки ресурса ГПМ, необходимо рассматривать взаимосвязь коэффициента трения и градиента твердости рабочей поверхности фрикционного диска. Представим коэффициент трения выражением, описываемым И. В. Крагельским:

$$f_{TP} = \frac{\alpha_2 \cdot A_c}{P} + \beta_2, \quad (4)$$

где  $P$  – нормальная нагрузка при контакте, Н;  $A_c$  – фактическая площади контакта мм<sup>2</sup>;  $\alpha_2$  и  $\beta_2$  – константы исследуемой пары трения.

Согласно молекулярно-механической теории трения выражение (4), применительно к работе ГПМ, показывает целесообразность увеличения адгезионной  $F_a$  составляющей и уменьшения когезионной  $F_k$  составляющей силы трения. В данном случае этого можно достичь увеличением фактической площади контакта, а не повышением нагрузки  $P$ , сжимающей диски, тем самым уменьшая толщину масляной пленки в зоне контакта. Рациональным путем достижения этого является модифицирование поверхности трения фрикционных дисков ГПМ методом нанесения функционального покрытия способом фрикционно-механического латунирования на стадии их изготовления.

Исходя из анализа трибологической системы фрикционных дисков с положительным градиентом твердости и взаимосвязи параметров процесса трения, можно представить момент трения фрикционных дисков в качестве критерия оценки одного из параметров режима трения, выраженного в виде функциональной зависимости:

$$K_M = f(\Gamma_T, f_{TP}) = f(A_c, HB, DC, CP, M_C), \quad (5)$$

где  $DC$  – диффузия мягких металлов;  $CP$  – наличие сервовитной пленки;  $M_C$  – толщина смазочного слоя.

Наиболее существенным из факторов, оказывающих влияние на износостойкость фрикционных узлов, является температура поверхностей трения. Анализ температурной напряженности фрикционных дисков при модификации поверхностей трения посредством расчета системы уравнений тепловой динамики, предложенной Н. Б. Демкиным, указывает, что при определенном шаге времени буксования  $\Delta t$  мощность буксования поверхностей трения пары фрикционных дисков в момент времени  $t_1$  можно записать в следующем виде:

$$N_j(t) = M_j(t) \left[ \varphi_{j,1}(t_1) - \varphi_{j,2}(t_1) \right], \quad (6)$$

где  $M_j(t)$  – момент трения, развиваемый  $j$ -й парой в момент времени  $t_1$ , Н·м;  $\varphi_{j,1}$ ,  $\varphi_{j,2}$  – угловые скорости вращения фрикционных дисков, с<sup>-1</sup>.

Момент трения фрикционных дисков

$$M(t) = f_{\text{дин}} R_{\text{ср}} z_{\text{ТР}} (pS_{\text{б}} - P_{\text{пр}} + P_{\text{цб}}) = f_{\text{дин}} C_1 C_2, \quad (7)$$

где  $f_{\text{дин}}$  – динамический коэффициент трения фрикционной пары;  $R_{\text{ср}}$  – средний радиус фрикционных дисков, м;  $z_{\text{ТР}}$  – число пар трения в ГПМ;  $p$  – давление масла в бустере фрикциона, МПа;  $S_{\text{б}}$  – площадь бустера, м<sup>2</sup>;  $P_{\text{пр}}$  – сила упругости пружин, Н;  $P_{\text{цб}}$  – сила центробежного давления масла на нажимной диск в осевом направлении, Н.

Представим динамический коэффициент трения фрикционной пары  $f_{\text{дин}}$ , в виде функции двух основных параметров:

$$f_{\text{дин}} = f(A_r; P) \text{ или } f_{\text{дин}} = \psi A_r P, \quad (8)$$

где  $\psi$  – коэффициент пропорциональности.

Введя коэффициент пропорциональности, учитывающий давление в контакте поверхностей фрикционных дисков  $x$ , получим

$$f_{\text{дин}} = x A_r. \quad (9)$$

Выражение (9) показывает, что увеличение  $A_r$  приведет к росту  $f_{\text{дин}}$ , и в соответствии с формулой (7) к повышению момента трения фрикционных дисков. В результате этого возрастает работа буксования ГПМ (6). Тогда суммарная работа буксования, затрачиваемая  $i$ -й парой трения в момент времени  $t_i$ , будет равна:

$$W_{mi} = \sum_{i=\Delta t}^{k \cdot \Delta t} N_i(t) \Delta t_i. \quad (10)$$

Таким образом, можно констатировать, что фактическая площадь контакта сопрягаемых поверхностей является основным параметром, определяющим температурный режим и параметры буксования ГПМ при переключении передач, что согласуется с работами Н. Г. Бардзимашвили, А. В. Бойкова, Н. Б. Дёмкина, Е. А. Шувалова, С. Г. Яшвили и др., а превалирующее влияние температуры на работу буксования  $W_{\text{ни}}$  можно использовать для критериальной оценки тепловой напряженности фрикционных дисков:

$$K_T = f(A_r, P(t), C_1) = f(N). \quad (11)$$

Высокие температуры в зоне трения фрикционных дисков, обусловленные термодинамическими нагрузками, возникающими в процессе буксования, приводят к усиленному наводороживанию поверхностей трения. Процесс наводороживания поверхностей трения фрикционных дисков приводит к снижению качества поверхностей трения фрикционных дисков и снижению их износостойкости. Все это обуславливает снижение фактической площади контакта, приводит к прогрессирующему изнашиванию, что дает возможность представить критерий оценки изнашивания  $K_U$  фрикционных дисков ГПМ в виде зависимости скорости изнашивания  $U$  от насыщенности контакта  $A_r$  и величины сорбции водорода в поверхности трения фрикционных дисков  $H$ :

$$K_U = f(U) = f(A_r, H). \quad (12)$$

Оценить составляющие трибологической системы в общей совокупности их влияния на процесс изнашивания фрикционных дисков обобщенным показателем – достаточно сложная задача. Наиболее доступным показателем многомерной статистической величины, обеспечивающим равновесность всех одномерных факторов, является *аддитивный* критерий, позволяющий получить наименованную величину, а отсутствие сложных математических операций позволяет сохранить первую степень показателя. В общем виде, используемые для расчета аддитивного критерия показатели можно представить в виде функции

$$K_i = f(K_U, K_T, K_M), \quad (13)$$

где  $K_U$ ,  $K_T$ ,  $K_M$  – индексный показатель соответственно скорости изнашивания, изменения температуры и момента трения.

Для оценки уровня улучшения режима трения фрикционных дисков ГПМ при обоснованном сочетании твердости поверхностей трения и различного состава МРСК, рациональным можно считать аддитивный критерий с наименьшим суммарным значением, т.е.  $K_A \rightarrow \min$ .

Предлагаемый аддитивный критерий складывается из двух частных показателей, рассчитанных с учетом модификации поверхностей трения фрикционных дисков и изменения МРСК гидродожимной муфты:

$$K_A = K_{\text{МП}} + K_{\text{ССМ}}, \quad (14)$$

где  $K_{\text{МП}}$  – частный показатель оценки модификации поверхности трения фрикционных дисков;  $K_{\text{ССМ}}$  – частный показатель оценки состава смазочной среды.

Для расчета индексных показателей воспользуемся методом подобия:

$$K_{U_i} = \frac{U_i}{U_{\text{ср}}}; \quad K_{T_i} = \frac{T_i}{T_{\text{ср}}}; \quad K_{M_i} = \frac{M_i}{M_{\text{ср}}}, \quad (15)$$

где  $U_i$ ,  $T_i$ ,  $M_i$  – численные (измеренные) значения соответственно скорости изнашивания, температуры и момента трения в каждом конкретном опыте;  $U_{CP}$ ,  $T_{CP}$ ,  $M_{CP}$  – средние значения соответственно скорости изнашивания, температуры и момента трения в каждом отдельном цикле опытов.

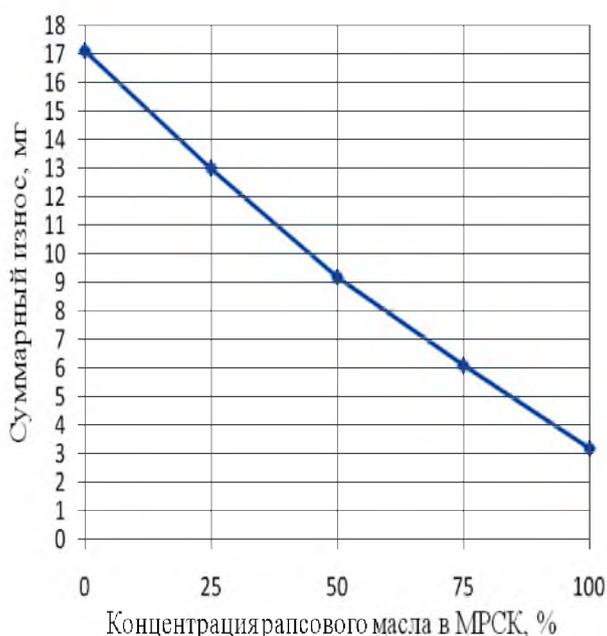


Рис. 1. Зависимость суммарного износа сопряжения от концентрации РМ в МРСК

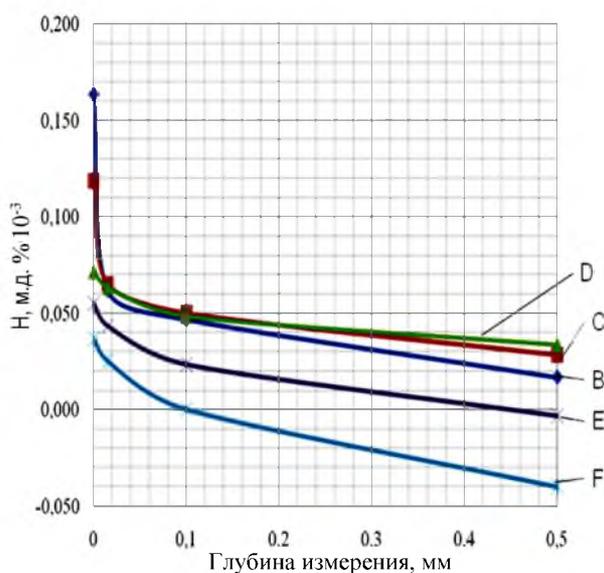


Рис. 2. Средняя величина сорбции водорода в сопряжении «ролик-колодка» при различном составе МРСК: В, С, D, E, F – составы МРСК соответственно с концентрацией РМ 0; 25; 50; 75 и 100%

На рисунке 1 представлены результаты исследований процесса изнашивания образцов в зависимости от состава МРСК на роликовой машине трения 2070 СМТ-1. Анализ данной зависимости выявил, что максимальный износ сопряжения «ролик-колодка» наблюдается при отсутствии рапсового масла (РМ). С увеличением концентрации РМ в составе МРСК износ уменьшается по обратно пропорциональной зависимости, что можно объяснить меньшей склонностью к деструкции РМ, т.е. меньшей склонностью к образованию свободного водорода и эффектом возникновения на поверхностях фрикционных дисков пленки поверхностно-активных веществ (ПАВ) органического происхождения, содержащихся в РМ. При исследовании образцов на наводороживание, работавших в различной смазочной среде, было выявлено что образцы, работавшие в МРСК с большим процентным содержанием РМ, менее предрасположены к наводороживанию поверхностных слоев (рис. 2).

Анализ полученных результатов исследований позволяет установить, что при увеличении степени наводороживания износ образцов увеличивается, РМ ввиду своих поверхностно-активных свойств препятствует сорбции водорода, а увеличение его концентрации в МРСК более 50% менее эффективно, так как превышение концентрации РМ в МРСК более 50% приводит к обезводороживанию внутренних слоев материала образцов (рис. 2) за счет перемещения водорода из внутренних слоев ближе к поверхности трения. Рациональным составом МРСК при этом следует считать состав D, т.е. 50% М-10Г<sub>2</sub> + 50%РМ.

Анализ результатов дальнейших исследований на изнашивание фрикционных дисков, проведенных по схеме «кольцо-кольцо» при помощи трибометра (табл. 1) показали, что износ сопряжения значительно снижается с уменьшением градиента твердости. Оценка температурного режима при проведении исследований на трение и изнашивание показала, что предпочтительнее использовать модифицированные фрикционные диски с градиентом твердости сопряжения  $\Gamma_T = 0,87$  при применении в качестве смазочного материала МРСК с 50% содержанием РМ ввиду наименьшей тепловой напряженности фрикционных дисков (снижение тепловой напряженности с 250 до 146°C).

Анализ показателей режима трения при проведении износных исследований наглядно подтверждает данный вывод. Так, при заявленных параметрах наблюдается достаточно высокое значение момента трения, низкие скорость изнашивания и температурный режим работы (табл. 1).

Также экспериментально установлено увеличение фактической площади контакта в среднем 11,5%. Так, у серийных заводских фрикционных дисков  $A_r = 0,0795-0,0823$  мм<sup>2</sup>, а у модифицированных фрикционных дисков  $A_r = 0,0889-0,0933$  мм<sup>2</sup>.

Для определения показателей рационального режима трения фрикционных дисков были вычислены индексные и частные показатели аддитивного критерия, что позволило произвести оценку режимов трения фрикционных дисков посредством расчета аддитивного критерия, характеризующего комплексное влияние

качества поверхностей трения и смазочной среды на ресурс фрикционных дисков. На основании полученных данных построена поверхность отклика, показывающая изменение аддитивного критерия в зависимости от градиента твердости и состава смазочной среды (рис. 3).

Таблица 1

Показатели режима трения образцов по результатам исследований на трибометре

Содержание РМ в МРСК, %	Градиент твердости сопряжения, $\Gamma_T$	Температура, °С	Момент трения, Н·м	Средняя скорость изнашивания $U_{CP}$ , мкг/с
0	1	250	0,308	8,007
	0,95	237	0,403	1,181
	0,91	223	0,225	1,132
	0,87	196	0,421	0,806
50	1	182	0,376	0,875
	0,95	159	0,359	0,244
	0,91	130	0,259	0,180
	0,87	146	0,430	0,196
100	1	198	0,522	2,222
	0,95	155	0,311	1,667
	0,91	96	0,220	0,972
	0,87	163	0,325	1,486

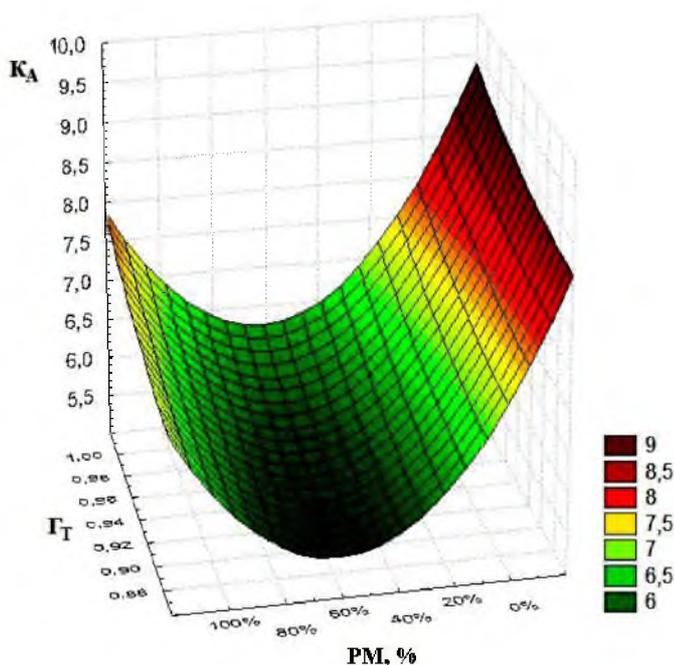


Рис. 3. Изменение аддитивного критерия  $K_A$  в зависимости от градиента твердости сопряжения  $\Gamma_T$  и состава МРСК

Экспериментально установлено изменение аддитивного критерия  $K_A = 7,941-5,492$  и его рациональное значение ( $K_A = 5,492$ ), подтверждающее рациональное сочетание состава МРСК (50% М-10Г<sub>2</sub> + 50% РМ), выступающего в качестве смазочной среды, и градиента твердости сопряжения поверхностей трения дисков ( $\Gamma_T = 0,87$ ).

Стандовые и ресурсные исследования модифицированных фрикционных дисков при использовании МРСК, содержащей 50% РМ, показали снижение концентрации железа в смазочной среде по сравнению с заводским вариантом. В среднем за период исследований концентрация железа в смазочном материале коробок передач в заводском варианте была на 33,1% выше, чем в опытном варианте. По результатам обработки полученных данных и зависимостей накопления железа, проведена аналитическая оценка влияния рационального режима трения фрикционных дисков на ресурс ГПМ и получены выражения:

$$C_{Fe \text{ Баз}} (\text{пред.}) = 0,0084 \cdot T_{H1} + 3,5827, \quad (16)$$

$$C_{Fe \text{ Опыт}} (\text{пред.}) = 0,0066 \cdot T_{H2} - 0,1313, \quad (17)$$

где  $C_{Fe \text{ Баз}} (\text{пред.})$ ,  $C_{Fe \text{ Опыт}} (\text{пред.})$  – концентрация железа в масле, соответствующая предельному состоянию ГПМ при проведении ускоренных ресурсных исследований соответственно в базовом и опытном вариантах, %;  $T_{H1}$ ,  $T_{H2}$  – ресурс ГПМ соответственно при базовом и опытном варианте исследований, с.

Результаты ускоренных ресурсных исследования показали, что среднее содержание железа в смазочной среде в заводском варианте  $C_{Fe\text{Баз}} = 21,3 \cdot 10^{-3} \%$ , а в опытном варианте  $C_{Fe\text{Опыт}} = 14,25 \cdot 10^{-3} \%$ .

Оценка степени увеличения ресурса ГПМ при реализации рационального режима трения фрикционных дисков, полученная из отношения ресурса  $T_{H2}$  к  $T_{H1}$ , показала увеличение ресурса при опытном варианте  $T_{H2}$  в сравнении с заводским вариантом  $T_{H1}$  в 1,7 раза.

**Заключение.** Анализом основных направлений снижения изнашивания фрикционных дисков, как ресурсопределяющих элементов ГПМ механических коробок передач тракторов с гидроуправлением, установлена эффективность использования МРСК в связи с активным взаимодействием с поверхностями трения и снижением их водородного изнашивания. Обоснована возможность повышения ресурса фрикционных дисков путем технологического формирования поверхностей трения с положительным градиентом твердости.

Обоснована аналитически зависимость аддитивного критерия от твердости поверхностных слоев и состава МРСК. Экспериментально установлено изменение аддитивного критерия  $K_A = 5,492-7,941$  и его рациональное значение ( $K_A = 5,492$ ), обосновывающее выбор режима трения фрикционных дисков на основе рационального сочетания состава МРСК (50% М-10Г<sub>2</sub> + 50% РМ), выступающей в качестве смазочной среды, и градиента твердости поверхностей трения дисков ( $G_T = 0,87$ ), повышающего ресурс ГПМ в 1,7 раза.

#### Библиографический список

1. Влияние минерально-растительных топлив и смазочных комбинаций на трибологические параметры ресурсопределяющих сопряжений в с.х. технике : отчет о НИР (промежут.) / ВНИЦентр. – М. : ВНИПИ ОАСУ, 2007. – 172 с. – № ГР 01.200511089. – Инв. № ОЦ02604И5В.
2. Володько, О. С. Результаты ускоренных ресурсных испытаний гидроподжимных муфт / О. С. Володько, М. С. Приказчиков // Известия ФГОУ ВПО Самарская ГСХА. – 2011. – №3. – С. 73-76.
3. ГОСТ Р 53457-2009. Масло рапсовое. Технические условия. – Введ. 2011-01-01. – М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2009. – 16 с.
4. ГОСТ 12337-84. Масла моторные для дизельных двигателей. Технические условия. – Введ. 1985-01-01. – М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2009. – 12 с.
5. Приказчиков, М. С. Повышение ресурса гидроподжимных муфт коробок передач с гидроуправлением улучшением режима трения фрикционных дисков : дис. ... канд. техн. наук / Приказчиков Максим Сергеевич. – Пенза, 2013. – 197 с.
6. Приказчиков, М. С. Оценка эффективности модифицирования поверхности трения гидроподжимных муфт / М. С. Приказчиков, О. С. Володько // Известия Самарского НЦРАН. – Самара : СГТУ, 2011. – Т. 13, №4 (42) (3). – С. 268-271.
7. Приказчиков, М. С. Улучшение режима трения фрикционных дисков механической коробки передач с гидравлическим управлением трактора «Кировец» / М. С. Приказчиков, М. В. Сазонов // Достижения науки агропромышленному комплексу : сб. науч. тр. – Самара : РИЦ СГСХА, 2013. – С. 38-42.
8. Трибология : международная энциклопедия. Т. 1. Историческая справка, термины, определения / под ред. К. Н. Войнова. – СПб. : АНИМА ; Краснодар, 2010. – 176 с.
9. Улучшение режимов трения фрикционных дисков гидромеханических коробок передач энергонасыщенных тракторов : отчет о НИР (промежут.) / ВНИЦентр. – М. : ВНИПИОАСУ, 2011. – № ГР 01.201062609. – Инв. № 02.201252363.

УДК 621.89.017:892.5

## ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА СМАЗЫВАНИЯ ОПОРНЫХ КАТКОВ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА

**Бухвалов Артем Сергеевич**, инженер научно-исследовательской лаборатории кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

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

**Володько Олег Станиславович**, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: [volodko-75@mail.ru](mailto:volodko-75@mail.ru)

**Ленивцев Александр Геннадьевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация, автоматизация и электроснабжение строительства», ФГБОУ ВПО Самарский ГАСУ.

443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194.

E-mail: [lenivtsev-aleksandr@vandex.ru](mailto:lenivtsev-aleksandr@vandex.ru)

**Ключевые слова:** ресурс, каток, режим, трение, изнашивание.

*В статье представлены результаты исследований модернизированной смазочной системы опорных катков гусеничного трактора. Целью исследований является повышение ресурса подшипников опорных катков гусеничных тракторов совершенствованием смазочной системы за счет применения рапсово-минеральной смазочной*

композиции и улучшения режима смазывания. Обоснован рациональный состав пластичной смазочной композиции, включающей рапсовое масло, присадки А-22 и Т-43, смазку «Литол-24» и стеарат лития. На основе теоретических исследований определены параметры шнеково-винтового устройства для опорных катков трактора ДТ-75М (наружный диаметр шнека – 93 мм, шаг винтовой поверхности – 13 мм), обеспечивающего циркуляционную подачу смазочного материала в зоны трения подшипников. В результате модернизации смазочной системы опорных катков удалось снизить содержание железа в смазочном материале на 14,3%, износ наружных колец подшипников – на 23,3%, величину осевого зазора – на 16%, массовый износ торцевых уплотнений – на 36% по сравнению с базовым вариантом смазочной системы. Применение разработанной пластичной смазочной композиции и устройства для ее циркуляционной подачи в зоны трения позволяет повысить ресурс подшипников опорных катков на 45% по сравнению с базовым вариантом смазочной системы. Динамика изменения осевого зазора в подшипниках и оценка их ресурса позволяют проводить замену смазочного материала и регулировку подшипников при наработке трактора 3000 мото-ч. Годовой экономический эффект при использовании предлагаемого метода совершенствования смазочной системы и разработанной пластичной рапсово-минеральной смазочной композиции составляет 1656 руб. на один трактор.

Надежность и работоспособность опорных катков в значительной мере определяются ресурсом подшипников качения, который зависит от уровня совершенства трибологической системы, включающей поверхность трения, смазочный материал и окружающую среду данной сборочной единицы.

Смазочный материал является неотъемлемым элементом любой трибологической системы, от свойств которого во многом зависят процессы трения и изнашивания сопряжений узла. В связи с этим важную роль в повышении надежности подшипников качения сельскохозяйственных, строительных и других технологических машин играет совершенствование смазочных систем, разработка новых видов смазочных материалов и способа их подвода в зону трения. Практический интерес представляют смазочные материалы, содержащие в своем составе поверхностно-активные вещества, которые повышают уровень насыщения контакта поверхностей трения и обладают высокими противоизносными и антифрикционными свойствами [4, 8].

В связи с этим **актуальными** являются исследования, направленные на повышение ресурса подшипников опорных катков гусеничных тракторов совершенствованием смазочной системы за счет применения рапсово-минеральной смазочной композиции и улучшения режима смазывания.

В настоящее время известны результаты исследований по совершенствованию режимов смазывания подшипников качения, модификации смазочных материалов, снижению абразивного изнашивания поверхностей трения [5, 6]. Однако недостаточно исследованным для условий работы подшипников опорных катков гусеничных тракторов является влияние на ресурс подшипников таких факторов, как режим смазывания и использование пластичной смазочной композиции на основе растительного масла с целью повышения герметичности катков и снижения скорости абразивного изнашивания. Поэтому возникает необходимость дальнейшего теоретического и конструкторского обоснования рационального состава пластичной рапсово-минеральной смазочной композиции и режима смазывания с циркуляционной подачей смазки в зону трения подшипников. Рациональный режим смазывания подразумевает повышение уровня насыщения контакта поверхностей трения, обеспечивающего снижение контактных напряжений и увеличение фактической площади контакта.

**Цель исследований** – повышение ресурса подшипников опорных катков гусеничных тракторов совершенствованием смазочной системы за счет применения рапсово-минеральной смазочной композиции и улучшения режима смазывания.

Рабочая гипотеза исследований основана на снижении скорости изнашивания поверхностей трения подшипников опорных катков путем улучшения режима смазывания выбором рационального состава пластичной рапсово-минеральной смазочной композиции (ПРМСК) и подачей ее в зоны трения шнеково-винтовым устройством.

#### **Задачи исследований:**

- обоснование рационального состава пластичной рапсово-минеральной смазочной композиции и экспериментальная оценка ее влияния на трибологические параметры подшипникового узла опорного катка;
- конструкторская разработка и оценка эффективности шнеково-винтового устройства для циркуляционного перемещения пластичной смазочной композиции в зоны трения подшипников опорных катков.

**Материалы и методы исследований.** Теоретические исследования параметров рационального режима смазывания ресурсопределяющих элементов опорных катков и обоснование конструктивных параметров устройства для циркуляционной подачи смазки к подшипникам выполнены с применением основных положений, законов и методов трибологии, математического анализа и моделирования.

Экспериментальные исследования выполнены с использованием стандартных и разработанных частных методик исследований. За метод исследований принят метод сравнительных исследований опорных катков гусеничных тракторов в стандартном исполнении и с усовершенствованной смазочной системой

подшипников опорных катков. Обработка экспериментальных данных выполнялась на ЭВМ с применением прикладных программ Statistica 10.0, Mathcad 14, Microsoft Excel и др.

**Результаты исследований.** В результате анализа трибологической системы [1] установлено, что оптимизацию выходных параметров с целью повышения ресурса подшипников опорных катков гусеничных тракторов рационально вести по следующим направлениям:

- подбор оптимального состава смазочной композиции;
- улучшение качества смазочной композиции;
- повышение герметичности узла;
- оптимизация режима смазывания.

Изменение скорости изнашивания деталей за счет применения альтернативной пластичной рапсово-минеральной смазочной композиции можно охарактеризовать относительным показателем снижения скорости изнашивания  $K_U$ :

$$K_U = \frac{U_B}{U_O}, \quad (1)$$

где  $U_B$  и  $U_O$  – скорости изнашивания сопряжений на минеральном масле и на альтернативной смазочной композиции, соответственно, г/мото-ч.

Расчетный ресурс опорного катка (рис. 1) с усовершенствованной смазочной системой при учете результатов трибологических сравнительных исследований подшипниковых узлов может быть определен по уравнению:

$$T_{ЭО} = (T_{ЭБ} - T_{ПБ}) \cdot K_U + \frac{I_{прирБ} - I_{прирО}}{U_O} + T_{ПО}, \quad (2)$$

где  $T_{ЭБ}$  и  $T_{ЭО}$  – ресурс опорного катка при работе на минеральном масле и на альтернативной смазочной композиции, мото-ч;  $T_{ПБ}$  и  $T_{ПО}$  – время приработки в базовом и опытном варианте, мото-ч;  $I_{прирБ}$  и  $I_{прирО}$  – износ после приработки в базовом и опытном варианте, г.

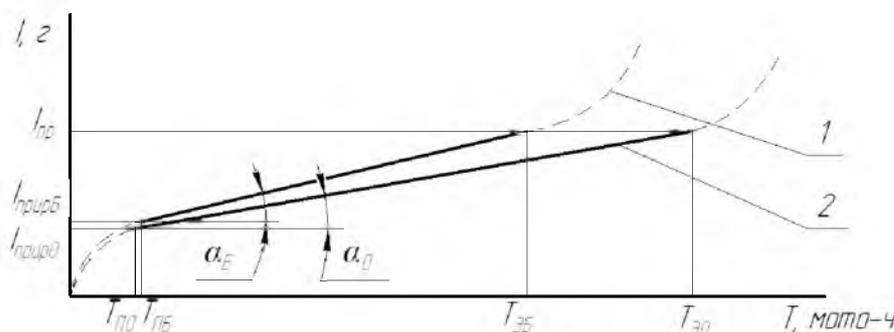


Рис. 1. Влияние скорости изнашивания деталей на ресурс опорных катков:  
1 – при смазывании минеральным маслом; 2 – при смазывании альтернативной смазочной композицией

Одним из направлений повышения ресурса опорных катков является создание циркуляционного режима смазывания ресурсоопределяющих деталей. Для решения данной задачи разработано и запатентовано шнеково-винтовое устройство (рис. 2) для циркуляционной подачи смазки в зону трения подшипников качения. Применение устройства способствует:

- обновлению смазки в зоне трения подшипников и торцевых уплотнений;
- равномерному распределению продуктов износа по всему объему смазки;
- повышению периодичности технического обслуживания опорных катков за счет активного использования дополнительного объема смазочного материала [2, 3].

Циркуляционная подача смазки осуществляется в осевом направлении и при этом протекает в двух потоках:

*I* – прямой поток, возникающий в результате непосредственного воздействия винтовой поверхности на смазку;

*II* – обратный поток смазки от подшипников и уплотнений к центру резервуара, возникающий за счет перепада давления.

Уравнение производительности прямой подачи  $Q_1$ , ( $M^3/c$ ) учитывает геометрические параметры винта шнека и скорость трактора [3]:

$$Q_1 = \frac{k_v \cdot t \cdot v_{mp} \cdot h \cdot (D_e - h)}{2 \cdot r}, \quad (3)$$

где  $k_v$  – коэффициент скорости шнека;  $t$  – шаг винтовой поверхности, м;  $v_{mp}$  – скорость движения трактора, м/с;  $h$  – высота витка шнека, м;  $D_e$  – наружный диаметр винтовой поверхности, м;  $r$  – радиус обода катка, м.

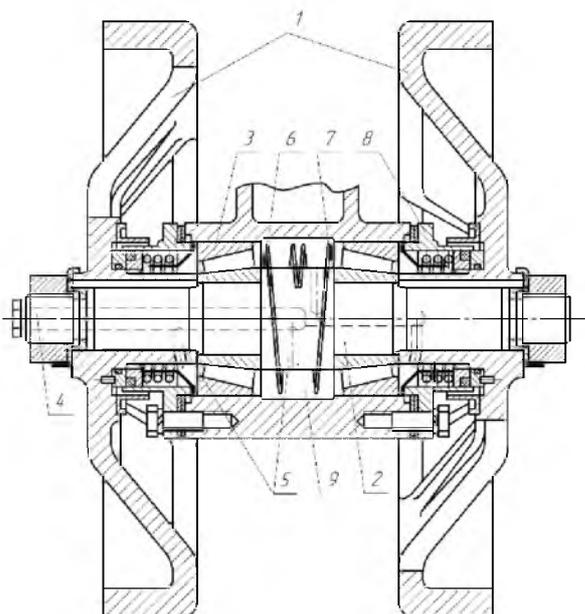


Рис. 2. Шнеково-винтовое устройство для обеспечения циркуляционного режима смазывания:  
1 – обод опорного катка; 2 – ось катка; 3 – подшипник; 4 – осевой канал; 5 – радиальный канал; 6, 7 – левый и правый винты шнека; 8 – торцевое уплотнение; 9 – резервуар для пластичной смазки

Производительность обратного потока зависит от геометрических размеров винта и зазора, физических свойств смазки и давления смазки в зоне подшипника:

$$Q_2 = \frac{\pi \cdot \delta^2 \cdot (D_e + \delta)}{8 \cdot \mu \cdot L} \cdot (\Delta P \cdot \delta - 2 \cdot \tau \cdot L), \quad (4)$$

где  $\delta$  – зазор между наружной поверхностью винта и корпусом, м;  $\mu$  – динамическая вязкость смазки, Па·с;  $L$  – длина винтовой поверхности, м;  $\tau$  – предел прочности смазки, Па;  $\Delta P$  – давление, создаваемое винтовой поверхностью, Па.

С учетом неразрывности гидравлического потока условием для определения оптимальных размеров винтовой поверхности является равенство производительности прямой подачи  $Q_1$  и пропускной способности зазора, вмещающего обратный поток  $Q_2$ , т.е.  $Q_1=Q_2$ .

На основе расчета с учетом технологической возможности изготовления и установки шнеково-винтового устройства на ось опорного катка трактора ДТ-75М были приняты следующие параметры: наружный диаметр шнека  $D_e=0,093$  м, шаг винта  $t=0,013$  м.

Программа и методики исследований включали:

- лабораторные исследования трибологических свойств рапсового масла на машинах трения с целью подбора рационального состава смазочной композиции;
- ускоренные стендовые исследования опорных катков для сравнительной оценки скорости изнашивания подшипниковых узлов при использовании минерального масла и разработанной пластичной смазочной композиции;
- эксплуатационные износные исследования опорных катков для практической оценки эффективности разработанной пластичной смазочной композиции и способа ее подачи в зону трения подшипников.

Лабораторные исследования трибологических свойств разрабатываемой смазочной композиции на рапсово-минеральной основе проводились на четырехшариковой машине трения типа МАСТ-1 и на роликовой машине трения 2070 СМТ-1 по схеме «ролик-ролик».

Сравнительные стендовые исследования опорных катков проводились на специально сконструированном стенде. Нагрузка и частота вращения для проведения исследований выбирались исходя из анализа реакций, возникающих в опорных катках при различных режимах эксплуатации.

Для организации активного режима смазывания подшипников на ось опытного катка было установлено разработанное шнеково-винтовое устройство для подачи смазки (рис. 3, а). В базовом варианте, для равномерного распределения абразива в масляной ванне, на ось катка были установлены две лопасти, постоянно перемешивающие масло (рис. 3, б).

На основании лабораторных исследований [7] определен следующий состав дисперсионной фазы для приготовления смазочной композиции: рапсовое масло (84,2%); пакет присадок Т-43 (4,5%); многофункциональная присадка А-22 (3,3%); смазка «Литол-24» (8%). Вязкость полученной дисперсионной фазы составила  $15,5 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с при 100°С и  $86,7 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с при 40°С. Индекс вязкости данной смазочной композиции равен 190, что на 110 пунктов выше, чем у товарного минерального трансмиссионного масла ТЭп-15 (ТМ-2-18).



Рис. 3. Ось опорных катков:  
а) с устройством для циркуляционной подачи смазки; б) с лопастями для перемешивания масла

Подготовленная дисперсионная фаза загущалась стеаратом лития (10%). Полученная пластичная рапсово-минеральная композиция характеризуется следующими параметрами: пенетрация – 278 мм<sup>-1</sup>, температура каплепадения – 136°С, плотность – 909 кг/м<sup>3</sup>, диаметр пятна износа на четырехшариковой машине трения – 0,21 мм.

В результате сравнительных стендовых исследований опорных катков за счет применения разработанной пластичной смазочной композиции и создания циркуляционного режима смазывания предлагаемым шнеково-винтовым устройством удалось снизить:

- содержание железа в смазочном материале на 14,3%;
- износ наружных колец подшипника на 23,3%;
- величину осевого зазора на 16%;
- массовый износ торцевых уплотнений опорного катка на 36%.

Результаты эксплуатационных исследований показывают (рис. 4), что за счет применения альтернативной пластичной смазочной композиции и ее циркуляционной подачи в зону трения подшипников количество продуктов износа в смазочном материале снизилось на 28,1%. Относительный показатель снижения скорости изнашивания  $K_U$  для эксплуатационных условий составил 1,33, что выше, чем показатель, полученный при износных стендовых исследованиях опорных катков. Это можно объяснить тем, что при проведении стендовых исследований в опорные катки добавлялось одинаковое количество абразива, а в условиях эксплуатации применение разработанной рапсово-минеральной композиции способствовало лучшей герметизации узла. Катки, работающие по базовой схеме, обладали неудовлетворительной герметичностью, о чем свидетельствовало наличие утечек смазочного материала. Средняя скорость утечек за период наблюдения составила 0,4 г/мото-ч.

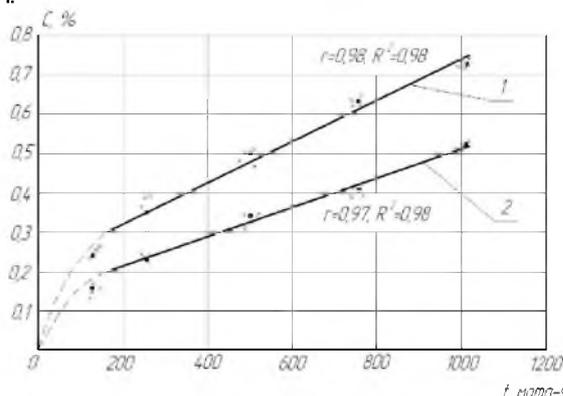


Рис. 4. Изменение содержания железа в минеральном масле (кривая 1) и в разработанной смазочной композиции (кривая 2) в период эксплуатационных исследований

**Заключение.** Аналитически обоснован метод улучшения процесса смазывания опорных катков гусеничных тракторов в условиях граничного трения путем использования рапсово-минеральной смазочной композиции с компонентами поверхностно-активных веществ и циркуляционной подачей ее в зону трения подшипников.

Применение пластичной рапсово-минеральной смазочной композиции в условиях абразивного загрязнения при стендовых исследованиях обеспечивает снижение содержания железа в смазочном материале опорных катков на 14,3% по сравнению с минеральным трансмиссионным маслом (относительный показатель снижения скорости изнашивания составляет 1,11). В условиях рядовой эксплуатации сравнительными исследованиями установлено снижение содержания железа в смазочном материале на 28,1% (относительный показатель снижения скорости изнашивания равен 1,33), что позволяет прогнозировать повышение ресурса подшипников опорных катков в опытном варианте на 45% в сравнении с серийным вариантом.

Динамика изменения осевого зазора в подшипниках и оценка их ресурса позволяют проводить замену смазочного материала и регулировку подшипников при наработке трактора 3000 мото-ч. Годовой экономический эффект при использовании предлагаемого метода совершенствования смазочной системы и разработанной смазочной композиции составляет 1656 руб. на один трактор.

#### Библиографический список

1. Бухвалов, А. С. Пути улучшения режимов смазывания ходовых систем тракторов / А. С. Бухвалов, Г. А. Ленивец // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. тр. – Самара : РИЦ СГСХА, 2010. – С.193-200.
2. Пат. №2441796 Российская Федерация. Опорный каток для гусеничных машин / Бухвалов А. С., Ленивец Г. А., Володько О.С. [и др.]. – № 2010115505/11 ; заявл. 19.04.2010 ; опубли. 10.02.2012, Бюл. № 4. – 4 с.
3. Бухвалов, А. С. Теоретическое обоснование конструктивных параметров устройства для циркуляционной подачи пластичного смазочного материала в опорных катках / А. С. Бухвалов, О. С. Володько // Эксплуатация автотракторной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы : сб. статей Всероссийской науч.-практ. конф. – Пенза : РИО ПГСХА, 2013. – С. 25-31.
4. Разработка и внедрение технологии рационального использования минеральных и альтернативных топливо-смазочных материалов и методов улучшения трибологических параметров с.-х. техники : отчет о НИР (заключит.) / ВНИТ Центр ; исполн.: Володько О. С., Ленивец Г. А., Болдашев Г. И. [и др.]. – М. : ВНИПИ ОАСУ, 2010. – 150 с. – № ГР 01.200511089. – Инв. № 02.201153084.
5. Современная трибология : Итоги и перспективы / отв. ред. К. В. Фролов – М. : ЛКИ, 2008. – 480 с.
6. Чичинадзе, А. В. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А. В. Чичинадзе [и др.] ; под общ. ред. А. В. Чичинадзе. – М. : Машиностроение, 2003. – 576 с.
7. Бухвалов, А. С. Повышение ресурса подшипников опорных катков гусеничных тракторов совершенствованием смазочной системы : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Бухвалов Артем Сергеевич. – Пенза, 2014. – 197 с.
8. Приказчиков, М. С. Повышение ресурса гидроподжимных муфт коробок передач с гидроуправлением улучшением режима трения фрикционных дисков : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Приказчиков Максим Сергеевич – Пенза, 2013. – 197 с.

УДК 621.515

## СПОСОБ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВОЗДУХОПОДАЧИ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

**Иншаков Александр Павлович**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Мобильные энергетические средства», ФГБОУ ВПО МГУ им. Н. П. Огарёва.

430032, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68.

E-mail: [kafedra\\_mes@mail.ru](mailto:kafedra_mes@mail.ru)

**Курбаков Иван Иванович**, преподаватель кафедры «Мобильные энергетические средства», ФГБОУ ВПО МГУ им. Н. П. Огарёва.

430032, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68.

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

**Кувшинов Алексей Николаевич**, канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры «Мобильные энергетические средства», ФГБОУ ВПО МГУ им. Н. П. Огарёва.

430032, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68.

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

**Ключевые слова:** двигатель, система, воздухоподача, турбокомпрессор, диагностирование.

*В статье рассматривается способ диагностирования системы воздухоподдачи тракторного двигателя с газотурбинным наддувом, в основу которого положен принцип взаимосвязи параметров работы системы воздухоподдачи и показателей двигателя. Цель исследования – совершенствование методов и средств диагностирования систем воздухоподдачи тракторных двигателей с газотурбинным наддувом. Исходя из поставленной цели*

исследования были определены следующие задачи – изучить различные условия работы систем воздухоподготовки автотракторных дизельных двигателей; определить диагностические параметры при оценке технического состояния системы газотурбинного наддува в эксплуатационных условиях; разработать диагностические средства для безразборной оценки технического состояния системы воздухоподготовки двигателей мобильных энергетических средств для стационарных и эксплуатационных условий. Одним из направлений в решении проблемы эффективного использования мобильной сельскохозяйственной техники является поддержание её в работоспособном состоянии за счёт своевременного проведения диагностических мероприятий. Наиболее трудоемким и наукоемким остается процесс диагностирования двигателей внутреннего сгорания (ДВС) мобильных энергетических средств. Неисправности двигателя ведут к снижению производительности, ухудшению экономичности и экологичности машинно-тракторного агрегата (МТА). В ходе изучения условий работы системы наддува двигателей мобильной сельскохозяйственной техники установлены причины появления в эксплуатации отказов турбокомпрессоров (ТКР) и двигателя. Проведенный анализ существующих методов и средств диагностирования воздухоподготавливающих систем автотракторных дизелей позволил определить пути их совершенствования за счет оптимизации компоновочных решений и разработки программного обеспечения. Разработан информационно измерительный комплекс (ИИК) с программным обеспечением, позволяющий диагностировать систему наддува по входным и выходным параметрам, определять КПД системы наддува двигателя, отображать результаты в виде аналитической и графической информации.

Современная мобильная сельскохозяйственная техника (автомобили, тракторы, комбайны и другие специализированные машины) представляет собой совокупность различных взаимосвязанных систем, от взаимодействия и согласованности в работе которых, зависит, в целом, надежность техники и эффективность её использования.

В тракторах в качестве источника энергии широкое распространение получили дизельные двигатели внутреннего сгорания с газотурбинным наддувом.

Одним из направлений в решении проблемы эффективного использования мобильной сельскохозяйственной техники является поддержание её в работоспособном состоянии за счёт своевременного проведения диагностических мероприятий.

Наиболее трудоемким и наукоемким остается процесс диагностирования двигателей внутреннего сгорания (ДВС) мобильных энергетических средств. Неисправности двигателя ведут к снижению производительности, ухудшению экономичности и экологичности машинно-тракторного агрегата (МТА) [1].

Статистика выхода из строя отдельных узлов и агрегатов автотракторных ДВС показывает, что 45% все отказов составляют отказы системы питания топливом и воздухом [2]. Следовательно, исследования, направленные на совершенствование методов и средств диагностирования системы воздухоподготовки автотракторного двигателя с газотурбинным наддувом (ГТН) при техническом сервисе являются актуальными.

**Цель исследования** – совершенствование методов и средств диагностирования системы воздухоподготовки двигателей мобильной сельскохозяйственной техники.

**Задачи исследований** – изучение и формулирование причинно-следственных связей дефектов агрегатов воздухоподготовки тракторных дизелей с газотурбинным наддувом; разработка диагностических средств для безразборной оценки технического состояния систем газотурбинного наддува для стационарных и эксплуатационных условий.

**Материалы и методы исследования.** В основу диагностирования положен принцип взаимосвязи параметров системы ДВС-ТКР применительно к эксплуатационным условиям работы [3]. Полученные материалы базируются на теоретических и экспериментальных исследованиях в области эксплуатации и диагностирования технического состояния автотракторных двигателей, выполненных ранее ведущими учеными Н. С. Ждановским, В. М. Михлиным, И. П. Терских, А. В. Николаенко, К. Ю. Скибневским, А. Э. Симсоном, А. С. Кулешовым и др.

Краткий обзор и анализ состояния проблемы показал, что к настоящему времени созданы определенные научно-методические и практические основы диагностики воздухоподготавливающих систем автотракторных ДВС. Вместе с тем, существующие технологии и методы диагностирования, контроля и оценки технического состояния отдельных элементов современных систем газотурбинного наддува не учитывают в полной мере особенностей их функционирования, так как основываются на стендовых методах испытания турбокомпрессора и системы ГТН в целом.

Для оценки влияния различных неисправностей в системе воздухоподготовки двигателя на диагностические показатели турбонаддува была разработана схема их взаимосвязей (рис. 1). При этом учитывались наиболее проявляемые в эксплуатации неисправности [4]. Как правило, в системе впуска и выпуска это неисправности, вызванные утечками воздуха и дополнительными сопротивлениями на впуске и выпуске. Их можно подразделить на утечки воздуха до и после компрессора, утечки до и после турбины, сопротивления до и после компрессора, сопротивление в системе выпуска.

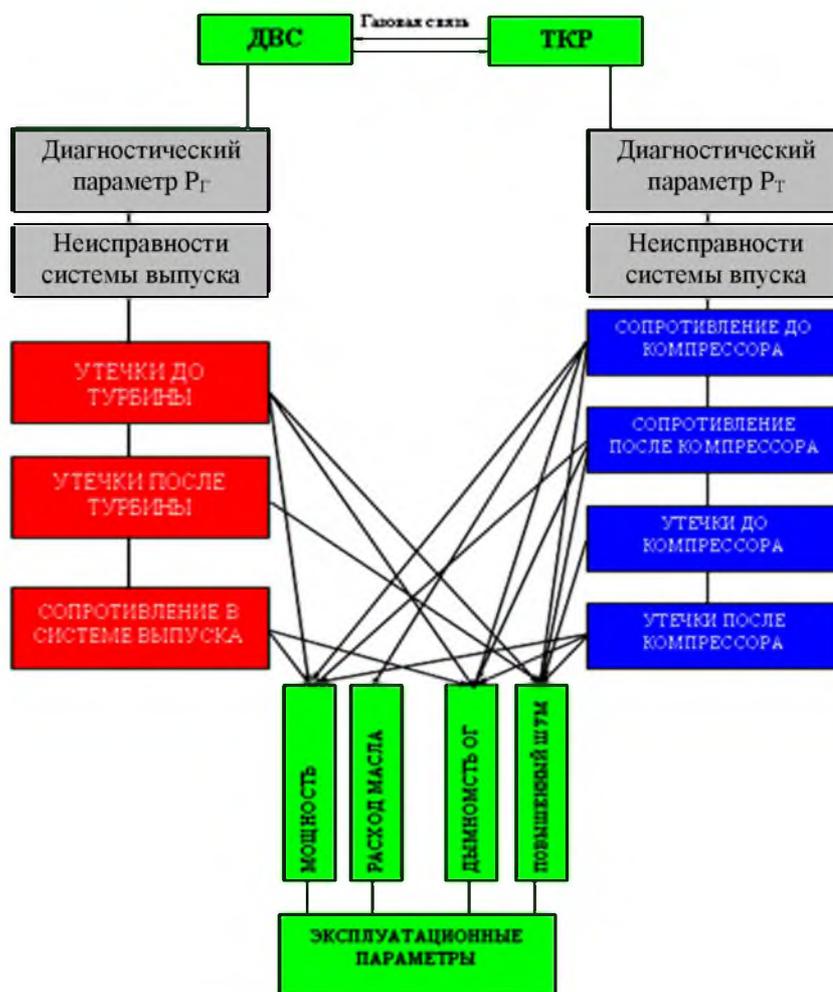


Рис. 1. Схема взаимосвязей неисправностей системы ДВС – ТКР при диагностировании газотурбинного наддува

Повышение достоверности и снижение трудоемкости работ может быть достигнуто путем совершенствования средств измерений диагностируемых параметров. Это позволит получать информацию о техническом состоянии агрегатов воздухоподачи непосредственно во время моторных испытаний двигателя.

Для реализации такого способа диагностирования применялось как стандартное, так и дополнительное специально разработанное оборудование. В частности, были разработаны дополнительные устройства и программные средства, позволяющие производить необходимые расчеты и вести накопление статистической информации. Контролю подвергались следующие параметры: давление наддува, давление выпускных газов до и после турбины, давление воздуха после системы очистки воздуха, температура воздуха, температура надувочного воздуха, температура отработавших газов до и после турбины.

Информационно-измерительный комплекс (ИИК) (рис. 2) включает в себя комплект проставок 1-4 для подключения контуров модуля измерений давлений и термопар системы Zet Lab, модуль для измерения давлений 5, содержащий в своей конструкции четыре ресивера, позволяющие сгладить пульсации газов при работе двигателя внутреннего сгорания, модуль для измерения температуры 6, вычислительный блок 7, блок отображения результатов 8. Для измерения температуры воздуха и температуры отработавших газов использовалась стандартная система компании Zet Lab. Система позволяет фиксировать, отображать, хранить и обрабатывать значение температур газов в системе воздухоподачи автотракторного двигателя, подключение термопар типа ТХА системы Zet Lab осуществлялось при помощи разработанного комплекта диагностических проставок, питание модуля Zet Lab осуществляется от ПК, через порт USB 2.0.

Интеллектуальный датчик температуры состоит из термопары и модуля ZET 7120 TermoTC-CAN, который осуществляет преобразование сигнала с датчика в значения температуры. Полученные значения температуры передаются по протоколу Modbus по интерфейсу CAN. Использование интеллектуальных датчиков не требует настройки измерительных каналов. Интеллектуальный термопреобразователь сопротивления ZET 7120 TermoTC-CAN внесен в реестр средств измерений под № 52802-13.

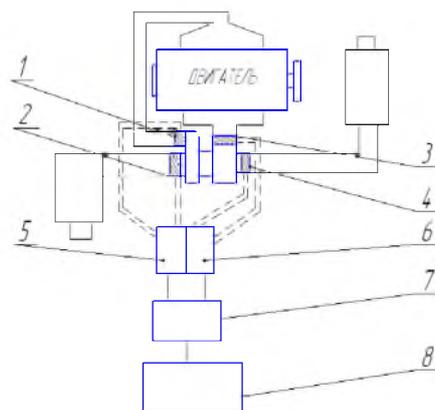


Рис. 2. Схема измерения параметров работы системы воздухоподачи

Контролируемые параметры затем обрабатывались в разработанной программе для ЭВМ «Программа определения КПД турбокомпрессора».

**Результаты исследований.** Экспериментальные исследования системы воздухоподачи тракторного дизеля показали, что наиболее проявляемыми неисправностями является засорение воздухоочистителя, негерметичность воздушных патрубков, повреждение интеркулера [5, 6].

В качестве примера на рисунке 3 приведён сравнительный анализ показателей работы двигателя с наддувом, полученных на стенде КИ-5543 с помощью разработанного ИИК исправного и «неисправного» турбокомпрессора ТКР 6.1 (повреждение патрубков, повреждение охладителя надувочного воздуха и т.д.).

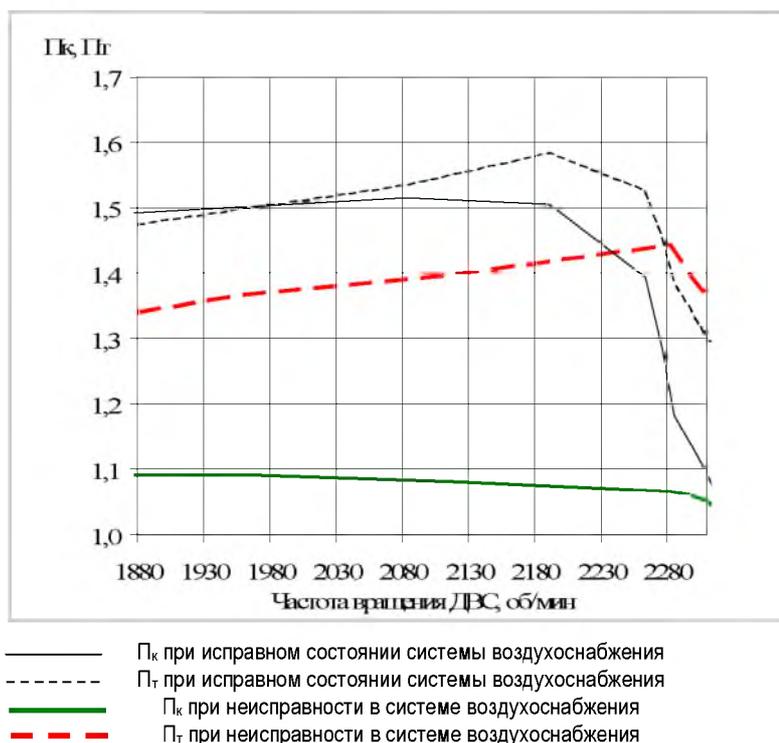


Рис. 3. График изменения степени повышения давления наддува  $P_k$  и степени понижения давления отработавших газов  $P_m$  турбокомпрессора двигателя Д-245 в условиях регуляторной характеристики

Как видно появление неисправности (повреждения патрубков, повреждение охладителя надувочного воздуха) ведет к снижению  $P_k$  и  $P_m$  на всех скоростных режимах, что позволяет использовать их в качестве диагностических показателей при определении технического состояния системы ГТН.

Разработанная программа для ЭВМ «Программа определения КПД турбокомпрессора» на основе заложенной математической модели вычисляет значение КПД турбокомпрессора в эксплуатации и позволяет отобразить информацию в графическом виде (рис. 4).

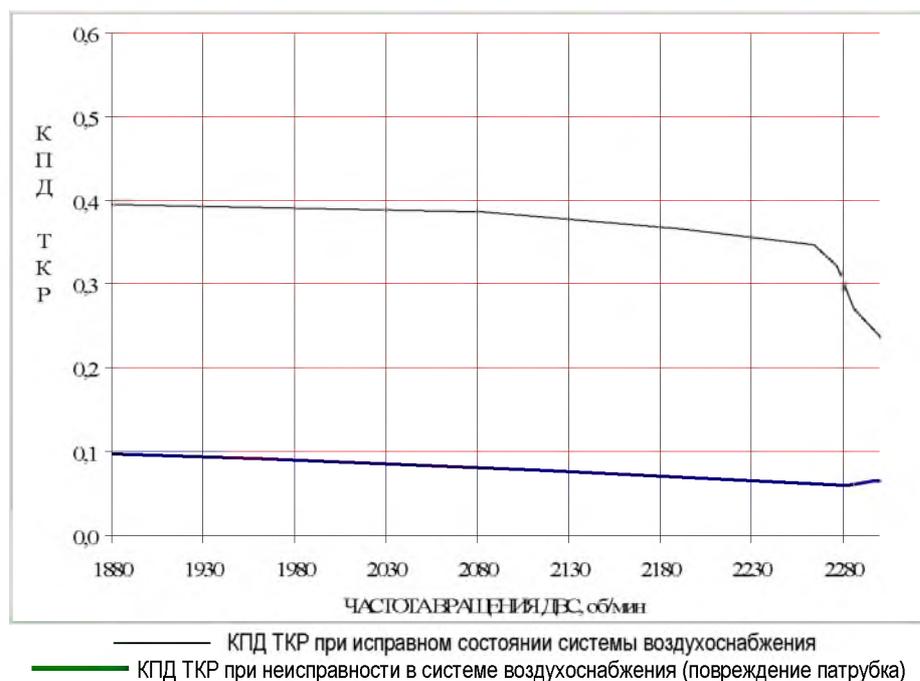


Рис. 4. Графики изменения КПД турбокомпрессора ТКР 6.1, установленного на двигателе Д-245 в условиях регуляторной характеристики

Из выше представленной зависимости видно, как появление неисправности в системе воздухоподачи отражается на эффективности функционирования всей системы ГТН в процессе эксплуатации мобильного энергетического средства. В свою очередь снижение эффективности системы наддува влечет за собой снижение мощностных показателей ДВС [7] и увеличение его тепловой нагрузки.

**Заключение.** В ходе изучения условий работы системы наддува двигателей мобильной сельскохозяйственной техники установлены причины появления в эксплуатации отказов ТКР и двигателя, связанные с нарушением нормальной воздухоподачи. Наиболее опасным проявлением таких отказов является повышение теплонпряженности дизельного двигателя. Проведенный анализ существующих методов и средств диагностирования воздухоподающих систем автотракторных дизелей позволил определить пути их совершенствования за счет оптимизации компоновочных решений и разработки программного обеспечения. Разработан ИИК с программным обеспечением, позволяющий диагностировать систему наддува по входным и выходным параметрам, определять КПД системы наддува двигателя, отображать результаты в виде аналитической и графической информации.

#### Библиографический список

1. Иншаков, А. П. Необходимость комплексного подхода к диагностированию систем наддува тракторных дизелей / А. П. Иншаков, А. Н. Кувшинов, О. Ф. Корнаухов // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – №10. – С. 15-16.
2. Алексеев, О. А. Обоснование средств диагностирования турбокомпрессоров мобильных энергетических средств : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Алексеев Олег Алексеевич. – Оренбург : Оренбургский ГУ, 2007. – 16 с.
3. Кувшинов, А. Н. Повышение эффективности диагностирования систем газотурбинного наддува двигателей мобильной сельскохозяйственной техники : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Кувшинов Алексей Николаевич. – Саранск : Изд-во МГУ, 2013. – 17 с.
4. Иншаков, А. П. Экспериментальные исследования системы диагностирования турбонаддува автотракторного двигателя Д-245-35 / А. П. Иншаков, А. Н. Кувшинов, И. И. Курбаков, О. Ф. Корнаухов // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – №5. – С. 45-47.
5. Иншаков, А. П. Диагностирование турбокомпрессора автотракторного дизельного двигателя на обкаточно-тормозном стенде КИ 5543 ГОСНИТИ / А. П. Иншаков, А. Н. Кувшинов, И. И. Курбаков, О. Ф. Корнаухов // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – №1. – С. 39-41.
6. Иншаков, А. П. Диагностика турбокомпрессоров на стенде КИ-5543 / А. П. Иншаков, А. Н. Кувшинов, И. И. Курбаков, О. Ф. Корнаухов // Сельский механизатор. – 2013. – №12 (58). – С. 39.
7. Иншаков, А. П. Программный комплекс «Дизель РК» / А. П. Иншаков, И. И. Курбаков // Сельский механизатор. – 2013. – №12 (58). – С. 45.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МИНЕРАЛЬНО-РАСТИТЕЛЬНОЙ СМАЗОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ

**Приказчиков Максим Сергеевич**, канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры «Надежность и ремонт машин», ФГБОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная 8А, инженерный факультет.

E-mail: [prikazchikov\\_ms@rambler.ru](mailto:prikazchikov_ms@rambler.ru)

**Ключевые слова:** изнашивание, фрикцион, смазка, диски, трибология, трансмиссия.

*Цель исследования – улучшение трибологических свойств смазочной среды применением минерально-растительной смеси, содержащей рапсовое масло в качестве смазочной композиции, являющейся альтернативой применению минерального масла в механических коробках передач с гидроуправлением тракторов марки «Кировец». Трибологические свойства минерально-растительной смазочной композиции оценивались рядом показателей, которые в совокупности характеризуют эффективность ее применения в коробках передач трансмиссии энергонасыщенного трактора марки «Кировец» производства ЗАО «Петербургский тракторный завод». Эффективность применения минерально-растительной смазочной композиции оценивалась следующими параметрами: износ поверхности трения за время исследований; оценка кинематической вязкости; температура трения. Установлено, что кинематическая вязкость при 100 °С исследованных минерально-растительных смазочных композиций с концентрацией рапсового масла от 0 до 100% по объему соответствует предъявляемым к минеральным маслам требованиям, и находится в пределах 8,0-10,5 сСт, а их применение позволяет снизить износ поверхностей трения и приходящиеся на них термодинамические нагрузки. В результате, при анализе полученных данных, рациональной признана минерально-растительная смазочная композиция, имеющая следующий состав: 50% минерального масла М-10Г<sub>2</sub> + 50% рапсового масла. Применение данной смазочной композиции, обладающей лучшими трибологическими свойствами, в качестве альтернативы минеральному маслу М-10Г<sub>2</sub>, позволит уменьшить термодинамические нагрузки и износ поверхностей трения конструктивных элементов (фрикционных дисков), определяющих ресурс коробок передач с гидроуправлением тракторов марки «Кировец».*

В настоящее время в узлах и агрегатах машин широко используются смазочные композиции на основе нефтяных и синтетических масел с различными присадками. Такие смазочные композиции вредны для окружающей среды из-за низкой биоразлагаемости и экотоксичности. Например, 1 г минерального масла, попав в землю, разлагается на 45% через 21 день и заражает 25 см<sup>2</sup> земли, где растительность не произрастает. Но одними из важнейших показателей данных масел являются высокие энергозатраты на их производство и отсутствие возможности возобновления нефтяного сырья для их изготовления. В сравнении с минеральными, масла, произведенные из растительного сырья, возобновляемы, а энергозатраты на производство растительных масел ниже, чем минеральных.

Использование продуктов растительного происхождения в смазочных системах трансмиссий сельскохозяйственных тракторов позволит улучшить режим трения фрикционных узлов коробок передач и, как следствие, увеличить в целом ресурс трансмиссии тракторов. Ввиду этого, современная наука рассматривает переход на смазочные материалы из растительных компонентов, или содержащие их смазочные композиции, применительно к машинам и механизмам в сферах, где загрязнение окружающей среды в наибольшей степени нежелательно, например, сельское хозяйство.

Наиболее распространенным энергонасыщенным трактором в сельском хозяйстве нашей страны является трактор марки «Кировец» производства ЗАО «Петербургский тракторный завод». Основным элементом его трансмиссии является механическая коробка передач с гидравлическим управлением гидроподжимных муфт, обеспечивающих переключение передач в пределах каждого режима без разрыва потока мощности. В данной коробке передач используется моторное масло М-10Г<sub>2</sub> (ГОСТ 12337-84). Наиболее близким аналогом, для применения растительного компонента, является рапсовое масло (ГОСТ Р 53457-2009), которое уже через 7 дней разлагается в земле на 98% и обладает близкими к минеральным маслам свойствами.

**Цель исследований** – улучшение трибологических свойств смазочной среды применением минерально-растительной смеси, содержащей рапсовое масло в качестве смазочной композиции, являющейся альтернативой применению минерального масла в механических коробках передач с гидроуправлением тракторов марки «Кировец».

При трибологическом анализе свойств смазочных композиций можно выделить следующие основные задачи:

- провести трибологический анализ свойств минерально-растительных смазочных композиций (МРСК) с различным содержанием рапсового масла;

- обосновать рациональный состав минерально-растительной смазочной композиции содержащей рапсовое масло.

Анализ показателей свойств рапсового масла в сравнении с другими маслами, представленными в таблице 1, позволяет заключить, что растительные масла имеют близкие показатели по плотности и загрязненности [1, 2, 3]. Но при этом они превосходят минеральные по температурам вспышки и застывания и могут служить альтернативой минеральным маслам, или одной из составляющих смазочной композиции. Преимущество же рапсового масла перед льняным и сурепным маслом заключается в большем значении кинематической вязкости [1, 2, 8].

Таблица 1

Сравнительная характеристика растительных и минерального масел

Показатели	Рапсовое	Льняное	Сурепное	M10-Г <sub>2</sub>
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	916	928	911	920
Вязкость при 100°С, мм <sup>2</sup> /с	8,3	4	5	8,0-10,5
Загрязненность, %	-	0,01	0,01	0,01
Диспергирующе-стабилизирующие свойства, баллы	1	1	1	1
Щелочное число, мг КОН/г	6	1,5	-	6,05
Температура, °С:				
вспышки	282	316	314	205
застывания	-20	-20	-20	-18

**Материалы и методы исследований.** Материал и обработка исследуемых образцов были выбраны исходя из технических условий на изготовление фрикционных дисков. Ролики для экспериментов изготавливались из той же стали, что и ведущие диски гидроподжимных муфт – Сталь 65Г, а колодки, как ведомые диски – Сталь 40ХЗМ2ФА [4].

В исследованиях применялось следующее оборудование: роликовая машина трения 2070 СМТ-1, предназначенная для проведения исследований материалов на трение и изнашивание; для контроля весового износа использовались весы ВЛТК-500 и ВЛР-200М [5, 6]; капиллярный вискозиметр типа ВПЖТ-2, для оценки кинематической вязкости различных составов МРСК.

Эффективность действия смазочных материалов оценивалась по следующим параметрам:

- 1) износ поверхностей трения;
- 2) оценка кинематической вязкости;
- 3) температура трения образцов.

**Результаты исследований.** Трибологические исследования осуществлялись по общепринятой методике. Результаты исследования представлены в таблице 2 и на рисунках 1 и 2. Время проведения исследования смазочных композиций на роликовой машине трения 2070 СМТ-1 составило 10 ч [1].

С помощью специального устройства пружинного типа, смонтированного на машине трения, создавалась нагрузка на пару трения (ролик-колодка). Запуск машины трения осуществлялся при снятой нагрузке на образцы, после чего образцы нагружались до необходимой величины. Сила прижатия колодки к ролику  $P_p$  обеспечивалась согласно выражению [1]:

$$P_p = p_r \times 2,04 \times 10^{-4} - 23,76,$$

где  $P_p$  – сила прижатия колодки к ролику, Н;

$p_r$  – давление разрядки гидроаккумулятора, Н/м<sup>2</sup>.

Таблица 2

Результаты сравнительных исследований МРСК на роликовой машине трения 2070 СМТ-1

Содержание рапсового масла в МРСК, %	Износ колодки, мг	Износ ролика, мг	Суммарный износ, мг	Время до задира, с
0	7,7	9,4	17,10	783
25	6,5	6,5	13,00	726,5
50	5,6	3,6	9,20	700
75	3,8	2,3	6,10	516
100	2,1	1,1	3,20	450

Анализ результатов сравнительных исследований МРСК показывает, что при увеличении концентрации рапсового масла в составе смазочной композиции суммарный износ сопряжения «ролик-колодка» снижается. Это свидетельствует об увеличении смазывающей способности смазочной среды, в качестве которой выступает МРСК, имеющая в своем составе рапсовое масло за счет появления на поверхностях трения образцов пленки поверхностно-активных веществ (ПАВ). Но при этом, время до задира (табл. 2) снижается, что говорит о меньшей стабильности рапсового масла ввиду отсутствия в нем присадок, содержащихся в товарном минеральном масле. Пленка ПАВ выполняет дополнительную защитную функцию, препятствуя внедрению в поверхность трения абразивных частиц. При этом кинематическая вязкость при 100°С любой

из исследованной смазочной композиции соответствует предъявляемым требованиям и находится в пределах 8,0-10,5 сСт.

Объемная температура  $T$  при трении образцов в масле М-10Г<sub>2</sub> (рис. 2) достигала 250°С, в рапсовом масле – 198°С, а при исследовании смазочной композиции 50% М-10Г<sub>2</sub> + 50% рапсового масла – 180°С.

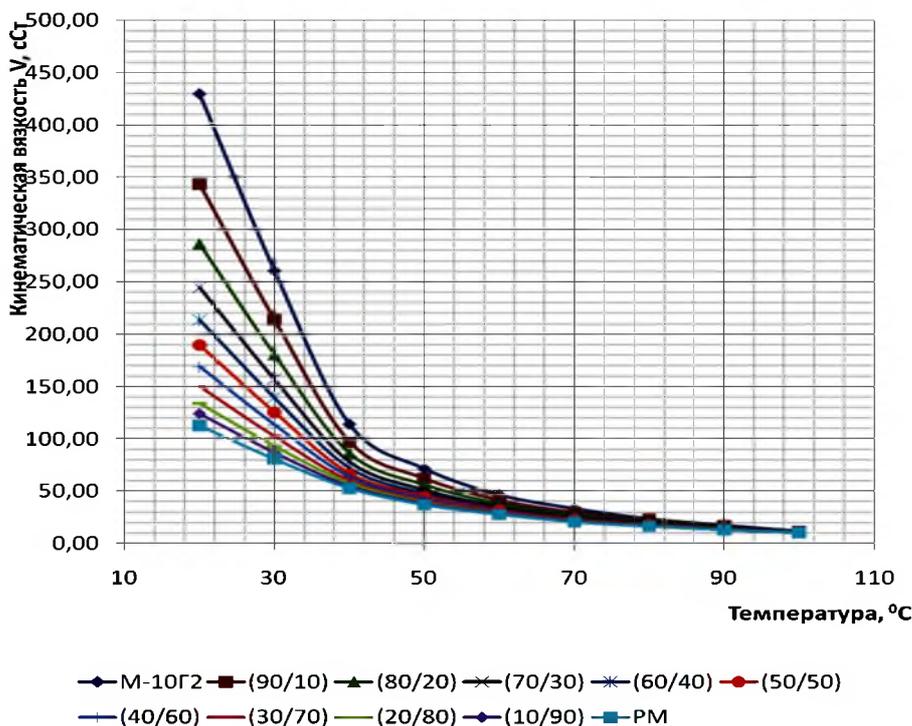


Рис. 1. Зависимость кинематической вязкости различного процентного состава МРСК от температуры

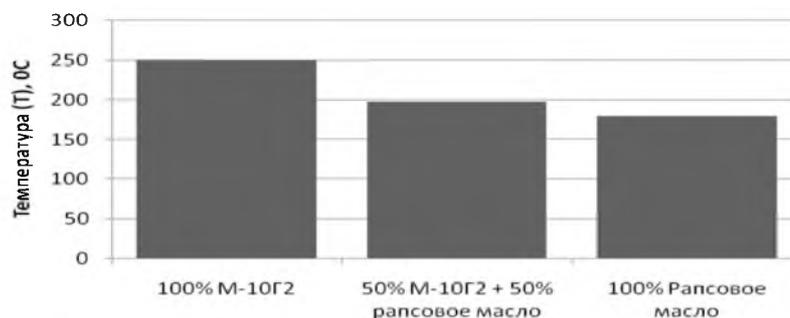


Рис. 2. Диаграмма температурного режима в зависимости от состава смазочной среды

По полученным показателям выбрана смазочная композиция следующего состава: 50% М-10Г<sub>2</sub> + 50% рапсового масла. Применение данной смазочной композиции в качестве альтернативы минеральному маслу М-10Г<sub>2</sub> позволит уменьшить термодинамические нагрузки на поверхности трения ресурсопределяющих элементов (фрикционных дисков) коробок передач с гидроуправлением тракторов марки «Кировец».

**Заключение.** Таким образом, в ходе исследования основных трибологических свойств МРСК, содержащих рапсовое масло, установлена эффективность их использования в связи со снижением термодинамических нагрузок поверхностей трения и их изнашивания ввиду защитных действий ПАВ смазочной композиции. Результаты трибологических исследований показали, что рациональной является МРСК, имеющая в своем составе 50% минерального масла М-10Г<sub>2</sub> и 50% рапсового масла.

#### Библиографический список

1. Приказчиков, М. С. Повышение ресурса гидроподжимных муфт коробок передач с гидроуправлением улучшением режима трения фрикционных дисков : дис. ... канд. техн. наук / Приказчиков Максим Сергеевич. – Пенза, 2013. – 197 с.
2. ГОСТ Р 53457-2009. Масло рапсовое. Технические условия. – Введ. 2011–01–01. – М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2009. – 16 с.
3. ГОСТ 12337-84. Масла моторные для дизельных двигателей. Технические условия. – Введ. 1985–01–01. – М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2009. – 12 с.

4. Петин, С. В. Повышение ресурса гидромеханических коробок передач улучшением трибологических параметров работы фрикционов : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Петин Сергей Викторович. – Самара, 2005. – 190 с.
5. ГОСТ Р 53228-2008. Весы неавтоматического действия. Ч. 1. Метрологические и технические требования. Испытания. – Введ. 2008–12–25. – М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2010. – 141 с.
6. ГОСТ Р 54071–2010. Весы неавтоматического действия. Ч. 2. Формы протоколов испытаний. – Введ. 2012–01–01. – М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2010. – 75 с.
7. Бухвалов, А. С. Повышение ресурса подшипников опорных катков гусеничных тракторов совершенствованием смазочной системы : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Бухвалов Артём Сергеевич. – Пенза, 2014. – 197 с.
8. Пат. № 2241555 Российская Федерация. Смазочная композиция / Едуков Д. А., Болдашев Г. И. – №2007121290/04 ; заявл. 06.06.2007 ; опубл. 20.12.2008, Бюл. 35. – 7 с.

УДК 621.436-224.2

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СНИЖЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ В ГОЛОВКЕ ЦИЛИНДРОВ ДИЗЕЛЯ

**Черкашин Николай Александрович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Надежность и ремонт машин», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 8-а.

E-mail: [SSAA\\_Ingener@mail.ru](mailto:SSAA_Ingener@mail.ru)

**Шигаева Виктория Владимировна**, доцент кафедры «Надежность и ремонт машин», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 8-а.

E-mail: [SSAA\\_Ingener@mail.ru](mailto:SSAA_Ingener@mail.ru)

**Макарова Маргарита Павловна**, доцент кафедры «Надежность и ремонт машин», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 8-а.

E-mail: [SSAA\\_Ingener@mail.ru](mailto:SSAA_Ingener@mail.ru)

**Дмитриев Григорий Николаевич**, магистрант кафедры «Надежность и ремонт машин», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 8-а.

E-mail: [SSAA\\_Ingener@mail.ru](mailto:SSAA_Ingener@mail.ru)

**Ключевые слова:** термическое, напряжение, деформация, усталость, трещина.

*Цель исследований – снижение термических деформаций в головке цилиндров дизеля путем определения степени влияния различных факторов, влияющих на их возникновение и развитие. Рассмотрено общее напряженное состояние головок блока цилиндров (ГБЦ). Определены и проанализированы его основные части. Основной фактор, вызывающий повреждение огневого днища ГБЦ – это термические напряжения, достигающие своего максимума в межклапанных перемычках. Появление этих напряжений вызвано действием высоких температур горения топлива и их большой неравномерностью распределения по поверхности и толщине огневого днища головки блока цилиндров. Разница температур в зоне межклапанных перемычек и периферии днища может достигать значительных величин. Причинами этого перепада температур являются конструктивные особенности, теплопроводность материала и способ охлаждения нагретых поверхностей. Наличие в этой детали температурных перепадов приведет к неодинаковым удлинениям различных частей огневого днища ГБЦ. Эти удлинения (деформации) вызывают соответствующие им термические напряжения сжатия. При малоцикловом термическом нагружении постепенно происходит релаксация термических напряжений при наличии уже образовавшейся остаточной деформации. Это приводит к появлению напряжения растяжения. Напряжения растяжения особенно опасны для серого чугуна из которого изготовлена головка блока цилиндров. Предел прочности этого материала на растяжение в несколько раз меньше, чем на сжатие. С каждым термоциклом напряжения растяжения будут возрастать, так как серый чугун обладает малой пластичностью. Остаточные деформации будут возрастать и в конечном итоге приведут к возникновению термоусталостных трещин. В результате проведенных теоретических исследований получена зависимость остаточных деформаций от различных факторов, определяющих долговечность ГБЦ. На основании этой зависимости, возможно определить направления дальнейших исследований по снижению термических напряжений и остаточных деформаций.*

Частым дефектом головок блока цилиндров дизеля являются термоусталостные трещины межклапанных перемычек. По различным данным этому дефекту подвергаются до 80% современных дизелей. Вследствие этого головка цилиндров меняется на новую до четырех раз за весь срок службы дизеля.

**Цель исследований** – снижение термических деформаций в головке цилиндров дизеля путем определения степени влияния различных факторов, влияющих на их возникновение и развитие.

**Задачи исследований** – провести теоретический анализ и определить зависимость термической деформации от возможных влияющих факторов и оценить степень влияния термических деформаций на ресурс ГБЦ и определить направление исследования для повышения долговечности этой детали.

Головка цилиндров дизеля относятся к числу наиболее сложных и многофункциональных деталей. При работе она должна обеспечивать герметичность камеры сгорания и оптимальное охлаждение тепловоспринимающих поверхностей, поэтому подвержена влиянию многих факторов, которые влияют на ресурс этой детали [1].

К факторам, влияющим на возникновение и развитие термических деформаций относятся следующие [1]:

- материал изготовления детали;
- конструкция
- технология отливки и изготовления;
- условия эксплуатации.

Эти факторы обуславливают высокую общую напряженность этой детали. Эта напряженность имеет следующие составляющие [6]:

- монтажные напряжения (20-80 МПа);
- остаточные напряжения (10-13 МПа);
- термоструктурные напряжения;
- рабочие напряжения (20-40 МПа);
- термические напряжения (180-220 МПа).

Термические напряжения оказывают максимальное воздействие на огневое днище ГБЦ. Появление этих напряжений вызвано действием высоких температур горения топлива, и их большой неравномерностью распределения по поверхности и толщине огневого днища ГБЦ. Разница температур в зоне межклапанных перемычек и периферии может достигать до 200°C [2]. Причинами такого перепада температур являются конструктивные особенности, теплопроводность материала этой детали и способом охлаждения нагретых поверхностей.

Наличие в теле детали температурных перепадов (градиентов) приводит к неодинаковым удлинением различных частей детали. Так как целостность не должна нарушаться, то появляются деформации и соответствующие им термические напряжения [3].

Градиенты температур ГБЦ достигают своего максимума при прогреве и остановке дизеля и наблюдаются как по плоскости огневого днища, так и по его толщине. Поэтому общее термическое напряжение определяется по формуле

$$\sigma_T = \sigma_{T1} + \sigma_{T2}, \quad (1)$$

где  $\sigma_{T1}$  – напряжение от перепада температур по поверхности огневого днища;

$\sigma_{T2}$  – напряжение от перепада температур по толщине огневого днища.

Величины этих напряжений можно оценить следующими зависимостями:

$$\sigma_{T1} = \frac{\alpha \Delta T}{\left(\frac{1+f}{E}\right)}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплового линейного расширения;

$\Delta T_1$  – перепад температур на огневом днище;

$E$  – модуль упругости;

$f = \frac{F_2}{2F_1}$ , ( $F_1, F_2$  – площади сечения перемычек впускного и выпускного клапанов).

$$\sigma_{T2} = \frac{\alpha E \Delta T}{2(1-\mu)}, \quad (3)$$

где  $\mu$  – коэффициент Пуассона;

$\Delta T_2$  – перепад температур по толщине огневого днища.

Учитывая зависимости (2) и (3) уравнение (1) можно записать в виде:

$$\sigma_T = \frac{\alpha \Delta T_1}{\left(\frac{1+f}{E}\right)} + \frac{\alpha E \Delta T_2}{2(1-\mu)}, \quad (4)$$

При установившемся режиме работы двигателя градиент температур снижается, т.е. происходит релаксация термических напряжений. Деформации, вызванные этими напряжениями, могут быть определены зависимостью:

$$\varepsilon_T = \frac{\sigma_T}{E}, \quad (5)$$

где  $\varepsilon_T$  – деформация от термических напряжений.

Уравнение (5) можно представить в виде

$$\sigma_T = \varepsilon E. \quad (6)$$

Учитывая уравнение (1), выражение (6) можно представить в виде:

$$\sigma_T = E(\varepsilon_1 + \varepsilon_2), \quad (7)$$

где  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  – деформации по поверхности и толщине огневого днища.

Приравнявая выражения (4) и (6) получим:

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = \alpha \left( \frac{\Delta T_1}{1+f} + \frac{\Delta T_2}{2(1-\mu)} \right). \quad (8)$$

Учитывая, что  $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = \varepsilon_T$ , уравнение (8) можно записать в виде:

$$\varepsilon_T = \alpha E \left( \frac{\Delta T_1}{1+f} + \frac{\Delta T_2}{2(1-\mu)} \right). \quad (9)$$

Из анализа полученной зависимости видно, что на появление остаточных деформаций максимально влияют градиент температур и коэффициент линейного расширения материала детали.

При охлаждении дизеля будет происходить дальнейшая релаксация термических напряжений при наличии уже образовавшейся деформации, что приведет к появлению напряжений растяжения [4]. Эти напряжения особенно опасны для серого чугуна, из которого изготовлена головка блока цилиндров [5]. Предел прочности серого чугуна на растяжение в несколько раз меньше чем на сжатие [7]. С каждым циклом «нагрев – охлаждение», напряжения растяжения будут возрастать, что приводит к появлению трещин, вследствие наступающей термической усталости.

**Заключение.** Таким образом, для снижения термических деформаций и повышения ресурса ГБЦ следует снижать перепад температур, т.е. увеличивать отвод тепла от наиболее нагретых зон огневого днища и уменьшить воздействие участков огневого днища с максимальной деформацией на соседние менее нагретые зоны. Также на величину термических деформаций в значительной степени влияют теплофизические и механические свойства материала изготовления ГБЦ.

#### Библиографический список

1. Черкашин, Н. А. Пути повышения долговечности головок цилиндров тракторных дизелей // Известия Самарской ГСХА. – Самара, 2011. – С. 86-89.
2. Межецкий, Г. Д. Механика образования трещин в деталях двигателей внутреннего сгорания при малоцикловом термоусталостном режиме / Г. Д. Межецкий, В. В. Чекмарев, Д. В. Межецкий // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2009. – №10. – С. 54-58.
3. Черкашин, Н. А. Снижение напряжений в межклапанных перемычках головок цилиндров дизелей / Н. А. Черкашин, В. В. Шигаева, Г. Н. Дмитриев // Достижение науки агропромышленному комплексу : сб. науч. тр. – Самара, 2014. – С. 268-271.
4. Межецкий, Г. Д. Теоретические основы повышения долговечности головок и крышек цилиндров дизелей / Г. Д. Межецкий, В. В. Чекмарев, А. А. Захаров // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2005. – №2. – С. 55-57.
5. Черкашин, Н. А. Обоснование рационального выбора конструкционного материала для корпусных деталей двигателя // Актуальные проблемы АПК в XXI : сб. науч. тр. СГСХА. – Самара, 2004. – С. 98-99.
6. Захаров, А. А. Повышение долговечности головок цилиндров дизелей при восстановлении путем применения децентракторов напряжений : дис...канд. техн. наук : 05.20.03 / Захаров Александр Анатольевич. – Саратов, 2005. – 207 с.
7. Бондаренко, С. И. Влияние формы графита на термическую стойкость чугуна [Электронный ресурс] / С. И. Бондаренко, И. П. Гладкий // Вестник ХНАДУ. – 2006. – №33. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-formy-grafita-na-termicheskuyu> (дата обращения: 28.04.2014).

# МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ АПК

УДК 631.363.7

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАНАТНО-СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА

**Петрова Светлана Станиславовна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механика и инженерная графика», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

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

**Лянденбургский Владимир Владимирович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», ФГБОУ ВПО Пензенский ГУАС.

440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28.

E-mail: [lvv789@yandex.ru](mailto:lvv789@yandex.ru)

**Коновалов Владимир Викторович**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Теоретическая и прикладная механика», ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ.

440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: [konovalov-penza@rambler.ru](mailto:konovalov-penza@rambler.ru)

**Ключевые слова:** конвейер, транспортирование, сыпучие, материалы, корма, производительность.

*Цель исследования – снижение энергоемкости транспортирования сыпучих кормов в животноводстве с обоснованием рациональных параметров канатно-скребкового конвейера. Для перемещения и раздачи концентрированных кормов в животноводстве широко используются канатно-скребковые конвейеры с тросошайбовым или цепочно-шайбовым рабочим органом. Учитывая большую тяговую способность троса по сравнению с цепью, первый рабочий орган имеет существенные преимущества. К недостаткам указанных рабочих органов относится истирание шайб и образование пробки материала перед движущейся шайбой. Если первый недостаток можно устранить лишь использованием соответствующих материалов, снижением шероховатости контактирующих поверхностей и т.п. (совершенствованием технологии изготовления), то второй недостаток можно устранить, оптимизируя конструкцию шайбы. Для оптимизации конструкции рабочего органа канатно-скребкового конвейера непрерывного действия внутренним диаметром 50 мм использовалась экспериментальная установка. Дается методика определения производительности конвейера и энергоемкости транспортирования корма. Представлены результаты сравнительных экспериментальных исследований конвейера с тросо-шайбовым и канатно-чашечным рабочим органом. Приведены выражения, описывающие производительность конвейера и энергоемкость транспортирования в зависимости от конструкции рабочего органа, шага установки скребковых элементов и длины зоны загрузки. Предоставлены графики, описывающие двумерные поверхности отклика производительности устройства и энергоемкости транспортирования. На основе анализа полученных результатов обоснованы параметры конвейера: объем чаши 0,1-0,15 см<sup>3</sup>, шаг установки скребковых элементов (чаш) 0,1-0,15 м, длина зоны загрузки 0,2 м и скорость рабочего органа 0,6-0,8 м/с.*

Для перемещения и раздачи концентрированных кормов в животноводстве широко используются канатно-скребковые конвейеры с тросошайбовым (рис. 1) или цепочно-шайбовым рабочим органом [1, 2, 5]. Учитывая большую тяговую способность троса по сравнению с цепью, первый рабочий орган имеет существенные преимущества.

К недостаткам указанных рабочих органов относится истирание шайб и образование пробки материала перед движущейся шайбой, увеличивающей сопротивление движению рабочего органа [2-5]. Если первый недостаток можно устранить лишь использованием соответствующих материалов, снижением шероховатости контактирующих поверхностей и т.п. (совершенствованием технологии изготовления), то второй недостаток можно устранить, оптимизируя конструкцию шайбы (рис.1, поз. 1), например, заменив ее на чашу (рис. 1, поз. 2).

Для оптимизации конструкции рабочего органа канатно-скребкового конвейера непрерывного действия внутренним диаметром 50 мм использовалась экспериментальная установка, изображенная на рисунке 2 [2].

**Цель исследования** – снижение энергоемкости транспортирования сыпучих кормов в животноводстве с обоснованием рациональных параметров канатно-скребкового конвейера.

**Задачи исследований:**

- 1) обосновать рациональные параметры канатно-скребкового конвейера;
- 2) установить производительность устройства и энергоемкости транспортирования концкормов.

**Материалы и методы исследований.** В процессе проведения экспериментальных исследований осуществлялся замер затрачиваемой мощности  $P$  (Вт) на привод измерительным комплектом КИ-505. Производительность  $Q$  (кг/с) определялась как масса выгруженного конвейером корма  $M$  (кг) за 150 с замера, приходящаяся на одну секунду:

$$Q = M/T, \quad (1)$$

где  $M$  – масса выгруженного конвейером корма, кг;  $T$  – время замера, с.

Энергоемкость  $Y$  (Дж/(кг·м)) рассчитывалась:

$$Y = \frac{P}{Q \cdot L}, \quad (2)$$

где  $P$  – затрачиваемая мощность привода, Вт;  $L$  – длина контура рабочего органа, м.

В процессе экспериментов проводилось несколько серий осуществления замеров. При этом изменялся шаг установки скребков-чаш  $X_1$  (м), внутренний объем полости чаш  $X_2$  (см<sup>3</sup>) и длины загрузочного отверстия  $X_3$  (м) в бункере. План эксперимента представлен в таблице 1 [6].

**Результаты исследований.** В результате обработки результатов эксперимента получено линейное уравнение регрессии энергоемкости  $Y$ , Дж/(кг·м):

$$Y = 4,849295 - 1,93772 \cdot X_1 - 0,35935 \cdot X_2 + 3,068013 \cdot X_3. \quad (3)$$

Коэффициент корреляции  $R=0,95797$ ,  $F$ -тест=0,633227. Наибольшая погрешность (расхождение между расчетными и опытными значениями)  $\Delta_{max}=139,1\%$ . Данные  $F$ -теста позволяют сделать вывод о неадекватности линейной статистической модели.

Таблица 1

План проведения экспериментальных исследований

Факторы	Код	Уровни варьирования					Интервал варьирования
		+1	+0,5	0	-0,5	-1	
Шаг установки скребков-чаш $h$ , м	$X_1$	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05
Внутренний объем полости чаш $V$ , см <sup>3</sup>	$X_2$	20	15	10	5	0	5
Длина загрузочного отверстия $l$ , м	$X_3$	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1

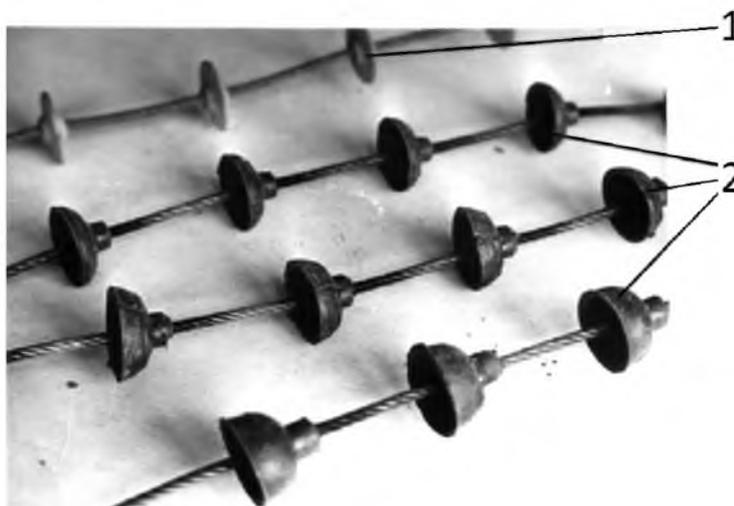


Рис. 1. Рабочие органы канатно-скребкового конвейера:  
1 – тросо-шайбовый; 2 – канатно-чашечные с различной глубиной чаши

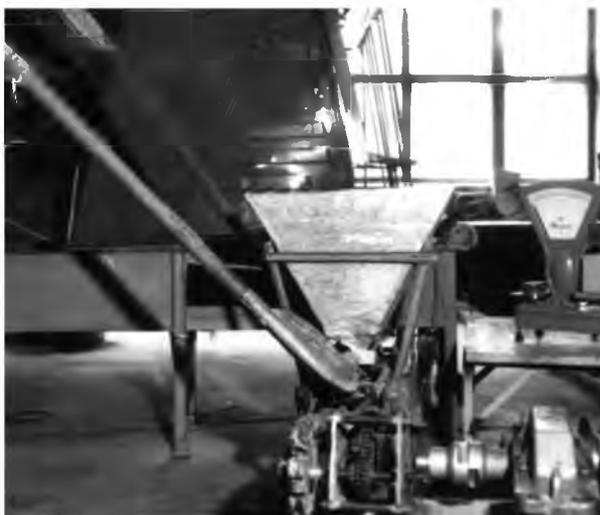


Рис. 2. Экспериментальная установка для исследования рабочего органа конвейера

В результате обработки результатов эксперимента получено уравнение регрессии энергоёмкости второго порядка  $Y$ , Дж/(кг·м):

$$Y = 4,523183 - 1,93772 \cdot X_1 - 0,35935 \cdot X_2 + 3,068016 \cdot X_3 + 0,143592 \cdot X_1 \cdot X_2 - 1,22594 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,27821 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,071715 \cdot X_1^2 + 0,237359 \cdot X_2^2 + 0,8832 \cdot X_3^2. \quad (4)$$

Коэффициент корреляции  $R=0,99327$ ,  $F\text{-метр}=0,970086$ . Наибольшая погрешность  $\Delta_{\text{max}}=15,1\%$ . Данные F-теста позволяют сделать вывод об адекватности данной статистической модели.

Анализ коэффициентов перед линейными значениями факторов позволяет установить, что наиболее значимо влияние  $X_3$  (+3,068), затем  $X_1$  (-1,93772) и лишь потом  $X_2$  (-0,35935). Знаки перед данными коэффициентами говорят, что  $X_1$  и  $X_2$  уменьшают энергоёмкость, а  $X_3$  увеличивает ее значения. Среди квадратичных коэффициентов также наиболее значимо значение  $X_3$  (+0,8832), а также сочетание  $X_1$  и  $X_3$  (-1,22594).

Двумерные поверхности отклика полученного уравнения регрессии представлены на рисунке 3. Выполненный анализ позволяет установить ряд рациональных параметров.

Наименьшие значения энергоёмкости на исследуемом интервале значений факторов составляют около 1,5 Дж/(кг·м) и соответствуют величине  $X_2=-0,7-0,4$  при  $X_1=1$  и  $X_3=-1$ . Самая малая величина энергоёмкости соответствует  $X_2=0$ . Тем самым, наиболее предпочтительным является объем чаши около 5-14 см<sup>3</sup>. Шайба или малый объем чаши способствуют образованию клина из материала перед скребковыми элементами конвейера. Рациональный объем чаши позволяет часть материала вместить внутрь ее, уменьшив объем клина перед скребковым элементом либо увеличив его объем за счет внутреннего объема чаши без увеличения сопротивления трения клина. Большой объем чаши ухудшает условия выгрузки материала, способствуя транспортировке частиц на новый круг, снижая тем самым производительность конвейера.

Увеличение длины загрузочного отверстия согласно данной модели способствуют росту энергоёмкости. Однако это противоречит полученным цифровым данным. Согласно им увеличение длины загрузочного отверстия вначале интенсивно снижает энергоёмкость, а после  $X_3=0$  интенсивность снижения уменьшается. Это связано с тем, что вначале сказывается нарушение сводообразования и улучшение условий загрузки межчашечного пространства.

При большой длине загрузочного отверстия под ним успевают образоваться клин уплотненного материала, а также досыпаться дополнительный материал. Это не только повышает производительность конвейера, но и требует дополнительной мощности на привод. Поэтому, с учетом числовых значений экспериментальных данных рациональным является участок около  $X_3=0-0,5$ . В натуральных величинах данный отрезок соответствует  $l = 0,3-0,4$  м.

При этом влияние длины загрузочного отверстия с учетом скорости (рис. 4) соответствует выше описанной зависимости. При скорости  $v = 0,4$  м/с энергоёмкость почти на 20% меньше чем при 0,8 м/с, однако, производительность почти в 1,5 раза ниже. При длине загрузочного отверстия более  $l = 0,3$  м в зависимости от скорости различия энергоёмкости менее заметны.

Шаг установки чаш на тросу (рис. 3) желателен минимальный ( $h=0,10-0,14$  м) с учетом конструктивных возможностей установки, а также условий загрузки материала и его выгрузки. Поэтому шаг менее 0,1 м нецелесообразен, так как снижает производительность (рис. 5). При этом малый шаг позволяет минимизировать силу сопротивления клина материала перед чашей, т.е. снизить энергоёмкость транспортирования.

Результаты замера производительности представлены в виде уравнения регрессии. Производительность конвейера  $Q$  (кг/с) определяется по формуле

$$Q = -0,132 + 0,9463414 \cdot v + 3,53929 \cdot h - 16,9776 \cdot h^2 + 1,8621 \cdot v \cdot h, \quad (5)$$

Коэффициент корреляции  $R = 0,99192$ .  $F$ -мест  $= 0,976222$ . Данные  $F$ -теста позволяют сделать вывод об адекватности данной статистической модели.

Наибольшая производительность конвейера наблюдается при шаге  $h = 0,10 - 0,15$  м (рис. 5). Влияние скорости движения рабочего органа на производительность прямо пропорционально и близко к линейной зависимости.

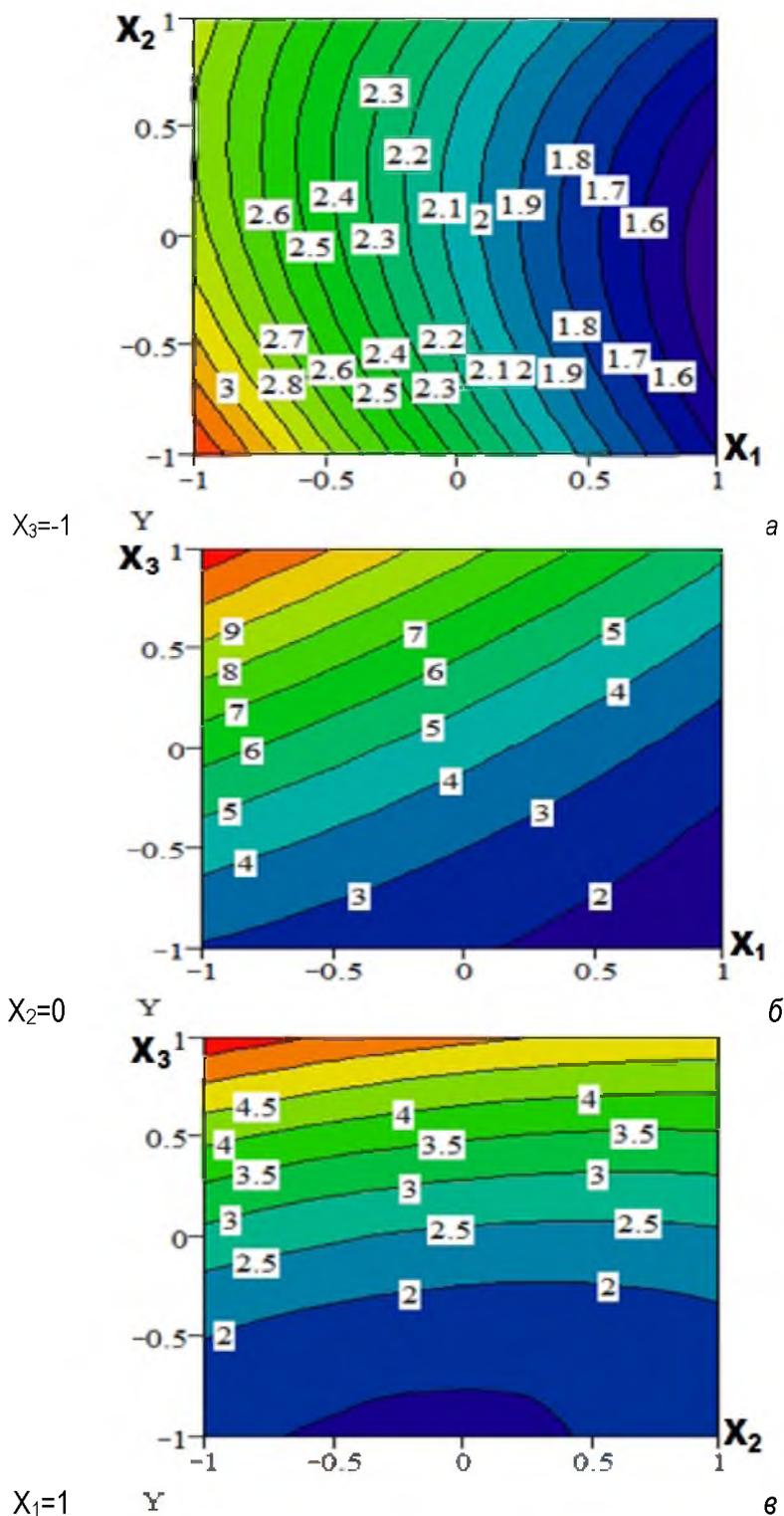


Рис. 3. Двумерное сечение поверхности отклика энергоёмкости  $Y$ , Дж/(кг·м), в зависимости от величины кодированных значений факторов:  
 а –  $X_1$  и  $X_2$  при  $X_3 = -1$ ; б –  $X_1$  и  $X_3$  при  $X_2 = 0$ ; в –  $X_2$  и  $X_3$  при  $X_1 = 1$

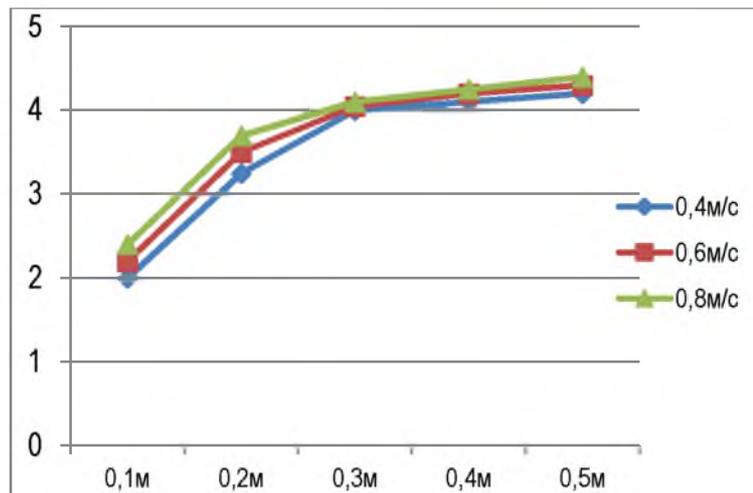


Рис. 4. Влияние длины загрузочного отверстия  $l$  (м) на энергоёмкость  $Y$  (Дж/(кг·м)) при скорости движения рабочего органа  $v = 0,4; 0,6; 0,8$  м/с

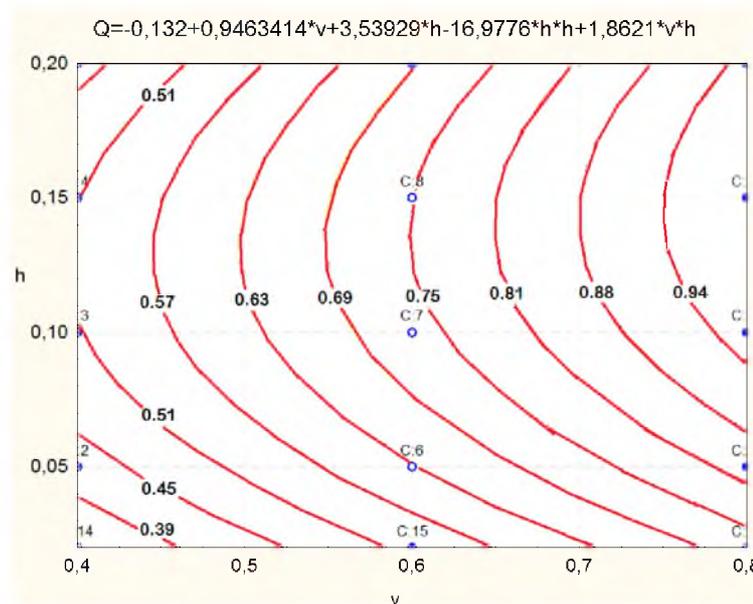


Рис. 5. Влияние скорости движения рабочего органа  $v$  (м/с) и шага установки скребковых элементов  $h$  (м) на производительность конвейера  $Q$  (кг/с)

**Заключение.** Таким образом, рациональные параметры канатно-скребкового конвейера: объем чаши – около 10 см<sup>3</sup>; шаг установки скребковых элементов (чаш) – 0,1-0,15 м; длина зоны загрузки – 0,3-0,4 м. При скорости рабочего органа 0,6-0,8 м/с производительность конвейера составляет 0,75-0,95 кг/с при энергоёмкости транспортирования около 4,0-4,2 Дж/(кг·м), что обеспечивает снижение энергоёмкости на 6,5%.

#### Библиографический список

1. Сыроватка, В. И. Новые технические решения приготовления комбикормов в хозяйствах / В. И. Сыроватка, Н. В. Обухова, А. С. Комарчук // Кормопроизводство. – 2010. – №7. – С. 42-45.
2. Лянденбургский, В. В. Совершенствование канатно-скребкового кормораздатчика для птицы с обоснованием его конструктивно-режимных параметров : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Лянденбургский Владимир Владимирович. – Саратов, 1997. – 164 с.
3. Лянденбургский, В. В. Канатно-скребковый кормораздатчик для птицы / В. В. Лянденбургский, В. Н. Стригин // Птицеводство. – 2002. – №8. – С. 23-26.
4. Лянденбургский, В. В. Совершенствование канатно-скребкового кормораздатчика для птицы / В. В. Лянденбургский, В. Н. Стригин // Механизация и электрификация в сельском хозяйстве. – 2002. – №9. – С. 31-33.
5. Пат. 2042594 Российская Федерация. Скребковый конвейер / Шварев И. П., Мироевский П. Р., Кондратенко А. Н. [и др.]. – № 93003397/03; заявл. 19.01.93; опубл. 27.08.95. – 2 с.
6. Лянденбургский, В. В. Основы научных исследований / В. В. Лянденбургский, В. В. Коновалов, А. В. Баженов. – Пенза, 2013. – С. 396.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СМЕСИТЕЛЯ С КОМБИНИРОВАННЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

**Коновалов Владимир Викторович**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Теоретическая и прикладная механика», ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ.

440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: [konovalov-penza@rambler.ru](mailto:konovalov-penza@rambler.ru)

**Терюшков Вячеслав Петрович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА.

440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: [tvp141@mail.ru](mailto:tvp141@mail.ru)

**Чупшев Алексей Владимирович**, канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА.

440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

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

**Коновалов Виктор Владимирович**, инженер, ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА.

440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: [zenit11-91@mail.ru](mailto:zenit11-91@mail.ru)

**Ключевые слова:** смешивание, коэффициент, вариация, неравномерность, смесь.

*Цель исследования – обоснование технологических параметров смесителя непрерывного действия с комбинированным рабочим органом при наименьшей энергоемкости приготовления смеси концентрированных кормов (комбикормов-концентратов) и соблюдении зоотехнических требований на качество приготавливаемой смеси. Задачи исследований – установить функциональную зависимость между технологическими параметрами приготовления смеси и показателями технологического процесса; выявить оптимальные или рациональные значения технологических параметров смесителя, при которых соблюдается требуемое качество смеси и меньшая энергоемкость смесеобразования. Повышение экономической эффективности использования комбикормов заключается в снижении их стоимости и улучшении их качества. Сельскохозяйственные предприятия стремятся использовать произведенный фураж, перемешивая его с покупными БВД. Однако не все смесители способны приготавливать смеси надлежащего качества. Существенным ограничением на применение того или иного смесителя является его зона работоспособности на соблюдение зоотехнических требований к качеству перемешивания смеси в зависимости от доли контрольного компонента в составе смеси согласно рецепта. Для смешивания сухих компонентов наиболее эффективны смесители с лопастными рабочими органами. Авторами разработан смеситель комбикормов непрерывного действия с комбинированным рабочим органом. Дается описание и фотография смесителя непрерывного действия с комбинированным рабочим органом. Комбинированный рабочий орган состоит из петлеобразных лопастей и спиральной конвейера. Конструктивные параметры смесителя были обоснованы ранее. Описаны методика и результаты экспериментальных исследований непрерывного смесителя по обоснованию его зоны технологической работоспособности. Представлены выражения, описывающие неравномерность смеси и энергоемкость перемешивания в зависимости от производительности устройства и доли контрольного компонента. Построены двумерные сечения поверхностей отклика. На основе анализа графиков обоснованы параметры смесителя: оптимальная производительность около 8 т/ч, рациональна доля контрольного компонента смеси – не менее 10%.*

Повышение экономической эффективности использования комбикормов заключается в снижении их стоимости и улучшении их качества. Сельскохозяйственные предприятия стремятся использовать произведенный фураж, перемешивая его с покупными БВД [1]. Однако не все смесители способны приготавливать смеси надлежащего качества. Существенным ограничением на применение того или иного смесителя является его зона работоспособности на соблюдение зоотехнических требований к качеству перемешивания смеси в зависимости от доли контрольного компонента в составе смеси согласно рецепту [3-5].

**Цель исследования** – обоснование технологических параметров смесителя непрерывного действия с комбинированным рабочим органом по наименьшей энергоемкости приготовления смеси концентрированных кормов (комбикормов-концентратов) при соблюдении зоотехнических требований на качество смеси.

**Задачи исследований:**

1) установить функциональную зависимость между технологическими параметрами приготовления смеси и показателями технологического процесса;

2) выявить оптимальные либо рациональные значения технологических параметров смесителя, обеспечивающих надлежащее качество смеси и наименьшую энергоемкость смесеобразования.

Для смешивания сухих компонентов наиболее эффективны смесители с лопастными рабочими органами [6-9]. Авторами разработан смеситель комбикормов непрерывного действия (рис. 1) с комбинированным рабочим органом.

**Материалы и методы исследований.** Смеситель представляет собой горизонтальный кожух 2 с загрузной воронкой 3 и выгрузным лотком 1. Внутри кожуха установлен горизонтальный вал с приводом 5 от электродвигателя через клиноременную передачу. На валу установлен комбинированный рабочий орган 4, который состоит из прутковой П-образной лопастной мешалки, расположенной в районе загрузной воронки 3, и двухзаходного спирально-винтового пруткового конвейера, размещенного в районе цилиндрической части кожуха 2. Компоненты смеси, загружаемые непрерывным потоком в смеситель через загрузную воронку 3, активно перемешиваются внутри кожуха 2 прутковыми лопастями П-образной мешалки в зоне загрузного отверстия. По мере увеличения высоты слоя материала в смесителе в районе загрузной воронки 3, часть материала ссыпается под собственным весом и воздействием лопастной мешалки на спирально-винтовой прутковый конвейер. Конвейер транспортирует материал вдоль кожуха к выгрузному лотку 1 и дополнительно перемешивает его.

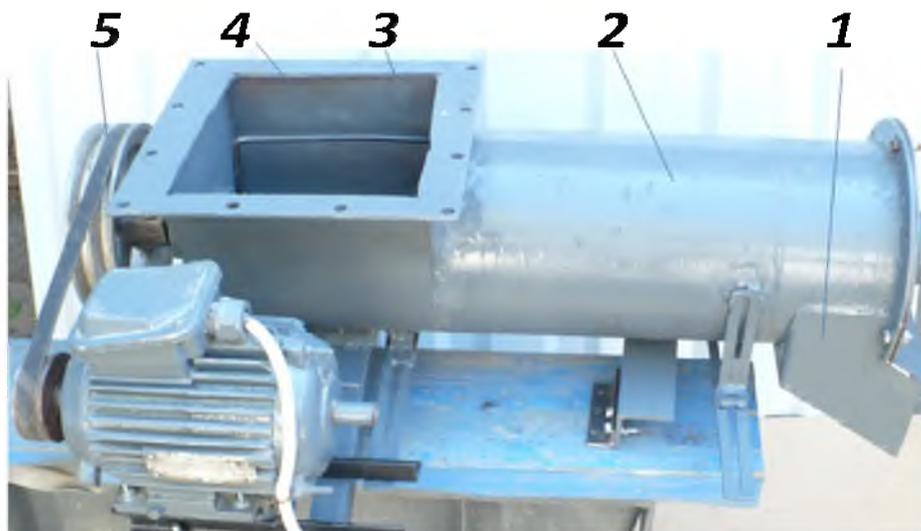


Рис. 1. Смеситель с комбинированным рабочим органом:  
1 – выгрузной лоток; 2 – кожух; 3 – загрузная воронка; 4 – рабочий орган; 5 – привод

Интервалы варьирования исследуемых факторов: доля контрольного компонента – от 1,5 до 12%, суммарная производительность дозирующих устройств – от 1,5 до 23,5 кг/с. При этом, использовались ранее обоснованные конструктивно-кинематические параметры смесителя: количество лопастей мешалки – 6 шт.; частота вращения вала – 320 мин<sup>-1</sup>. Методика опытов предусматривала в качестве контрольного компонента зерна ячменя. Наполнитель: дерти ячменная и пшеничная в пропорции (1:1), насыпной плотностью 710 кг/м<sup>3</sup>. Количество проб для определения качества смеси – 20 шт. Масса пробы – 100 г.

**Результаты исследований.** В результате обработки результатов экспериментов получено выражение неравномерности смеси (коэффициента вариации содержания контрольного компонента в пробах, рисунок 2), %:

$$v=63,28335 - 33,7012 \cdot d_k - 20,70799 \cdot Q - 2,617092 \cdot Q \cdot d_k + 8,903025 \cdot Q^2/d_k + 1,009618 \cdot Q^2 \cdot d_k, \quad (1)$$

где  $d_k$  – доля контрольного компонента, %;  $Q$  – производительность смесителя, кг/с.

Коэффициент корреляции  $R=0,93621$ . Данные  $F$ -тест = 0,91789.

С увеличением доли контрольного компонента неравномерность смеси понижается, т.е. качество смеси улучшается. При доле контрольного компонента в составе смеси более 9,5% коэффициент вариации менее 10%, что соответствует зоотехническим требованиям на качество смеси. Лучшие значения показателей соответствуют производительности 2,2 кг/с.

В результате расчета и обработки полученных данных получено выражение, описывающее энергоёмкость смесеобразования (рис. 3), Дж/кг:

$$Y=674,5031 - 0,982715 \cdot Q \cdot d_k - 287,966 \cdot Q + 49,57906 \cdot Q^2. \quad (2)$$

Коэффициент корреляции  $R=0,99243$ . Данные  $F$ -тест = 0,982308.

С ростом производительности смесительного агрегата энергоёмкость смешения возрастает по зависимости близкой к линейной. Это связано с ростом мощности на привод рабочего органа смесителя. Самая высокая энергоёмкость наблюдается при малой производительности смесителя – 1,5 кг/с. Доля контрольного

компонента в составе смеси существенного влияния на энергоёмкость не оказывает, так как практически не изменяется гранулометрический и физико-механический состав. Видимо влияет лишь изменение плотности смеси при смене доли контрольного компонента. Параметры, обеспечивающие зоотехнические требования, – производительность смесителя 2,2 кг/с при доле контрольного компонента не менее 10%, соответствуют энергоёмкости смешения около 300 Дж/кг.

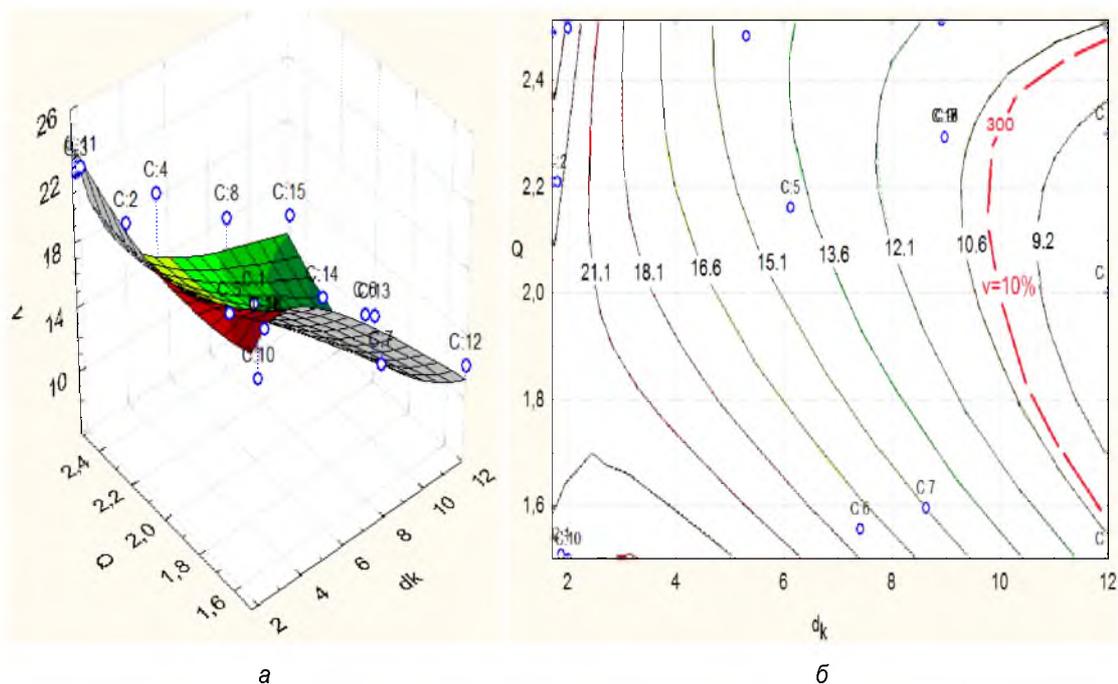


Рис. 2. Влияние доли контрольного компонента  $d_k$  (%) и производительности смесителя  $Q$  (кг/с) на неравномерность смеси  $v$ , %:

а – поверхность отклика; б – двумерное сечение поверхности отклика

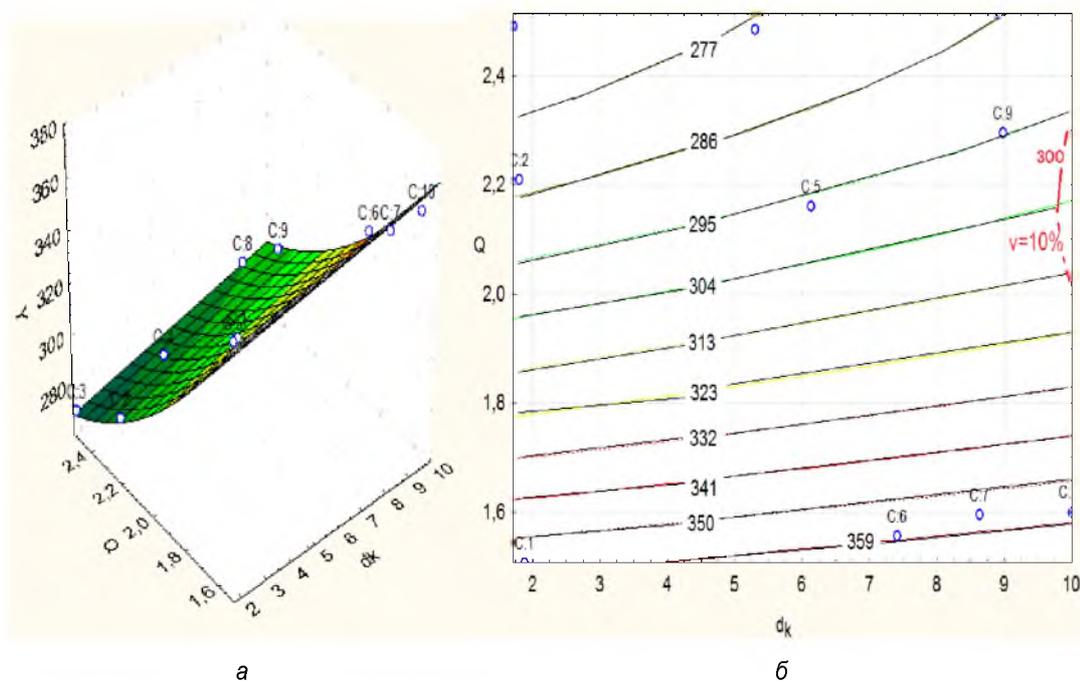


Рис. 3. Влияние доли контрольного компонента  $d_k$  (%) и производительности смесителя  $Q$  (кг/с) на энергоёмкость смешения  $Y$ , Дж/кг:

а – поверхность отклика; б – двумерное сечение поверхности отклика

Дополнительно рассчитывалась корректированная энергоёмкость по формуле

$$Y_k = Y / (100 - v). \quad (3)$$

В результате расчета и обработки полученных данных получено выражение, описывающее корректированную энергоёмкость смесеобразования (рис. 4), Дж/кг:

$$Y_k = 1017,21 - 564,5545 \cdot Q + 3,92468 \cdot d_k + 117,349 \cdot Q^2 - 1,972 \cdot Q \cdot d_k. \quad (4)$$

Коэффициент корреляции  $R=0,98596$ . Данные F-тест=0,969083.

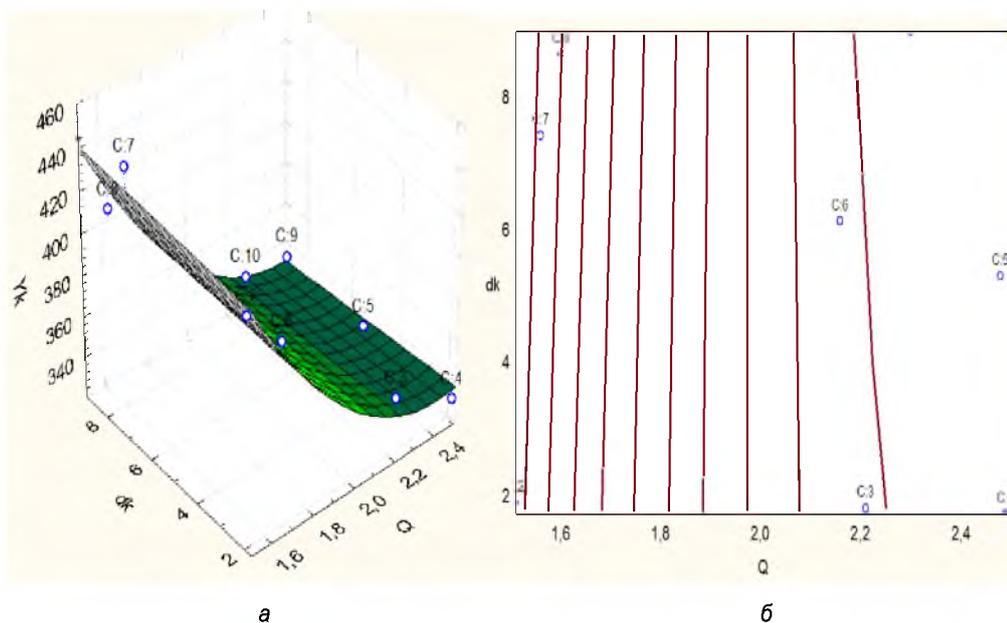


Рис. 4. Влияние доли контрольного компонента  $d_k$  (%) и производительности смесителя  $Q$  (кг/с) на корректированную энергоёмкость смешения  $Y_k$ , Дж/кг:

а – поверхность отклика; б – двумерное сечение поверхности отклика

Анализ поверхности отклика данного показателя подтверждает отсутствие влияния доли контрольного компонента на энергоёмкость смеси. При производительности более 2,2 кг/с наблюдается стабилизация показателя  $Y_k$ .

**Заключение.** Таким образом, для предложенного смесителя с количеством П-образных лопастей мешалки равном шести и при частоте ее вращения  $320 \text{ мин}^{-1}$  оптимальна производительность смесителя около 8 т/ч. Смеситель работоспособен при доле контрольного компонента не менее 9,5%. Энергоёмкость смесеобразования составляет около 300 Дж/кг.

#### Библиографический список

1. Сыроватка, В. И. Новые технические решения приготовления комбикормов в хозяйствах / В. И. Сыроватка, Н. В. Обухова, А. С. Комарчук // Кормопроизводство. – 2010. – № 7. – С. 42-45.
2. Кухарев, О. Н. Результаты исследований барабанного дражировщика / О. Н. Кухарев, И. Н. Сёмов, А. М. Чириков // Нива Поволжья. – 2010. – №1 – С. 54-57.
3. Коновалов, В. В. Концентрированные корма, обогащенные жиром / В. В. Коновалов, А. А. Курочкин, К. М. Мишин // Сельский механизатор. – 2003. – №1. – С. 18.
4. Коновалов, В. В. Обоснование расположения распылителей смесительных устройств // Механизация и электрификация с/х. – 2003. – №10. – С. 16-18.
5. Коновалов, В. В. Обоснование расположения распылителей компонентов в смесительных устройствах. / В.В. Коновалов // Достижения науки и техники АПК. – 2004. – №2. – С. 28-29.
6. Новиков, В. В. Обоснование параметров лопастной мешалки / В. В. Новиков, С. П. Симченкова, В. И. Курдюмов // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2011. – №2. – С. 104-108.
7. Коновалов, В. В. Результаты лабораторных исследований смесителя для получения сухих концентратов / В. В. Коновалов, С. В. Гусев, В. П. Терюшков, И. А. Боровиков // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина». – 2007. – №1. – С. 52-54.
8. Петрова, С. С. Сравнительные исследования смесителя с круглыми и плоскими лопастями / С. С. Петрова, В. П. Терюшков, А. В. Чупшев, М. В. Коновалова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – №3. – С. 121-124.

9. Коновалов, В. В. Определение давления сухого корма на дно бункера / В. В. Коновалов, К. М. Мишин, А. А. Власов // Механизация и электрификация с/х. – 2000. – №11. – С. 30-31.

10. Терюшков, В. П. К вопросу влияния высоты слоя корма и диаметра лопасти на перемещение материала / В. П. Терюшков, А. В. Чупшев, В. В. Коновалов // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве с/х продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства : сб. науч. докл. XVI Международной науч.-практ. конф. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2011. – С. 64-67.

УДК 631.363.7

## ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СПИРАЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ-КОНВЕЙЕРА

**Коновалов Владимир Викторович**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Теоретическая и прикладная механика», ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ.

440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: [konovalov-penza@rambler.ru](mailto:konovalov-penza@rambler.ru)

**Фомин Артем Сергеевич**, аспирант кафедры «Механизация технологических процессов в АПК», ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА.

440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Кордон Студеный, д. 25.

E-mail: [as\\_fomin@bk.ru](mailto:as_fomin@bk.ru)

**Терюшков Вячеслав Петрович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА.

440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: [tvp141@mail.ru](mailto:tvp141@mail.ru)

**Чупшев Алексей Владимирович**, канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА.

440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

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

**Ключевые слова:** смешивание, коэффициент, вариация, неравномерность, смесь, спираль, конвейер.

*Цель исследования – снижение энергоемкости приготовления смеси концентрированных кормов (комбикормов-концентратов) при соблюдении зоотехнических требований на качество смеси за счет применения смесителей-конвейеров. Задачи исследований – установить функциональную зависимость между конструктивными и технологическими параметрами смесителя, и показателями технологического процесса; выявить оптимальные либо рациональные значения параметров смесителя, обеспечивающих требуемое качество смеси и минимальную энергоемкость смесеобразования. Дается описание, конструктивная схема и фотография смесителя-конвейера непрерывного действия со спиральным рабочим органом. Описаны методика и результаты экспериментальных исследований непрерывного смесителя-конвейера. Представлены выражения, описывающие неравномерность смеси и энергоемкость перемешивания в зависимости от длины зоны смешения, производительности устройства и доли контрольного компонента. Построены двумерные сечения поверхностей отклика второго порядка. На основе анализа графиков неравномерности смеси и энергоемкости обоснованы параметры смесителя: оптимальна производительность устройства около 3,6 т/ч; смеситель-конвейер работоспособен для приготовления сухой смеси при доле меньшего компонента смеси – не менее 13% и длине зоны смешивания – не менее 1 м.*

Повысить продуктивность сельскохозяйственных животных и птицы можно за счет выдачи в достаточном количестве качественных комбикормов, как полнорационных для свиней и птицы, так и концентратов для КРС. С целью повышения экономической эффективности использования комбикормов и снижения их стоимости, хозяйства стремятся использовать собственный фураж и покупные БВД, обладающие в составе комбикорма 10-20% массы. К сожалению, далеко не все смесители способны приготавливать смеси надлежащего качества [1]. Существует большое разнообразие указанных устройств, но далеко не все из них способны приготавливать качественную смесь в конкретных технологических условиях и определенного рецепта [2-10]. Другим недостатком существующего процесса смешивания является потребность в последующем транспортировании приготавливаемых смесей, осуществляемая конвейерами. Устранить данные недостатки можно за счет применения смесителей-конвейеров.

**Цель исследования** – снижение энергоемкости приготовления смеси концентрированных кормов (комбикормов-концентратов) при соблюдении зоотехнических требований на качество смеси за счет применения смесителей-конвейеров.

**Задачи исследований:**

1) установить функциональную зависимость между конструктивными и технологическими параметрами смесителя, и показателями технологического процесса;

2) выявить оптимальные либо рациональные значения параметров смесителя, обеспечивающих надлежащее качество смеси и минимальную энергоёмкость смесеобразования.

Авторами был разработан смеситель-конвейер сухих концентрированных кормов непрерывного действия (рис. 1), осуществляющий как приготовление смеси в непрерывном режиме, так и одновременную транспортировку к следующим технологическим машинам (рис. 1).

**Материалы и методы исследований.** Смеситель представляет собой спирально-винтовой шнек (конвейер), состоящий из кожуха 2, загрузочной воронки 1, выгрузного лотка 6, электродвигателя 7, прутковой спирали 4 рабочего органа. Внутри кожуха на подшипниках установлен рабочий орган, представляющий собой вал 3 с крепящейся к нему на радиальных поддерживающих лопастях 5 винтовой спирали 4 из металлического прутка. Диаметр прутка спирали соответствует 5,0; 6,5 и 8,0 мм при шаге спирали 50; 120 и 175 мм. Диаметр кожуха 100 мм. Частота вращения рабочего органа изменяется от 190 до 440 мин<sup>-1</sup>. Длина кожуха лабораторного смесителя-конвейера составляет 2,3 м.

Компоненты смеси поступают в загрузочную воронку 1 смесителя-конвейера непрерывного действия. Поступающий материал (компоненты смеси) захватывается прутковой спиралью 4 однозаходного шнека и разгоняется в направлении выгрузного лотка 6. В процессе транспортировки материала перемешиваются компоненты смеси за счет воздействия на них прутковой спирали 4. При поступлении смеси в зону выгрузного лотка 6 осуществляется ее самопроизвольная выгрузка под действием гравитации.

План проведения экспериментов предусматривал варьирование тремя факторами. Уровни варьирования факторов: производительность смесителя  $Q=3; 4; 6$  кг/с; доля контрольного компонента  $d_k=110; 230; 350\%$ ; длина зоны смешивания  $L_k=0,5, 1,1$  и  $1,7$  м. Методика опытов предусматривала подачу контрольного компонента (зерна ячменя) в наполнитель, состоящий из дерти ячменной и пшеничной в пропорции (1:1), насыпной плотностью  $710$  кг/м<sup>3</sup>. Количество проб для определения качества смеси – 20 шт. Масса каждой пробы – 100 г.

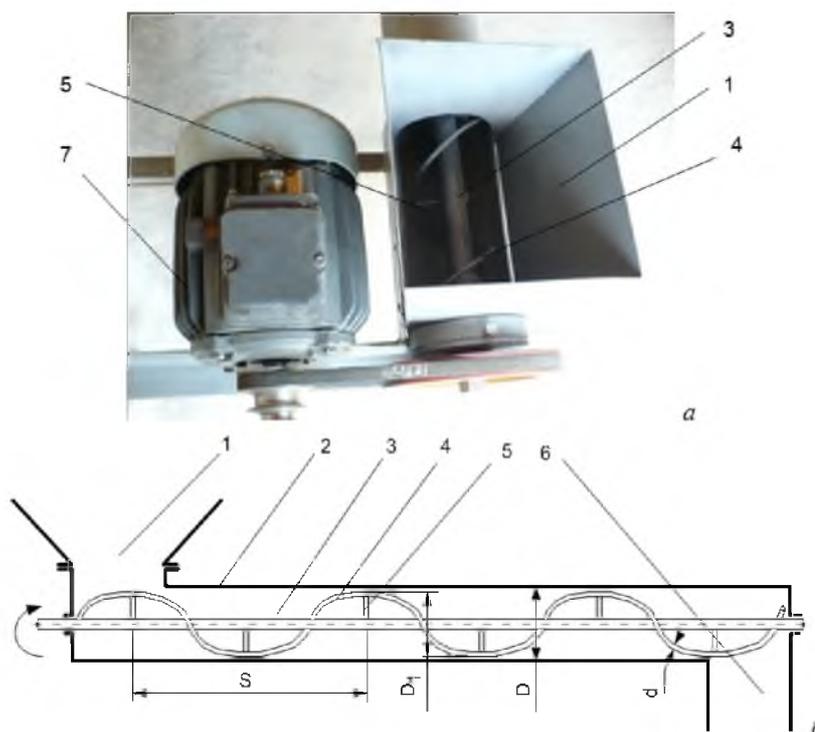


Рис. 1. Винтовой смеситель-конвейер концентрированных кормов:

а) общий вид; б) схема;

1 – загрузочная воронка; 2 – кожух; 3 – вал; 4 – прутковая спираль; 5 – радиальная поддерживающая лопасть; 6 – выгрузной лоток; 7 – электродвигатель

**Результаты исследований.** В результате обработки результатов экспериментов получено выражение неравномерности смеси (коэффициента вариации содержания контрольного компонента в пробах), %:

$$v = 63,2567 - 89,9991 \cdot Q + 45,6026 \cdot Q^2 - 0,7119 \cdot d_k + 2,539/d_k + 0,7262/L_k \quad (1)$$

Коэффициент корреляции  $R=0,96896$ .  $F\text{-мест}=0,9565$ .

Наиболее интенсивно улучшается качество на первом метре длины зоны смешивания (рис. 2), а затем неравномерность смеси практически не изменяется. Наименьшая неравномерность смешивания

обеспечивается при производительности около 1 кг/с (3,6 т/ч). Увеличение доли контрольного компонента улучшает качество смеси. Зоотехнические требования (менее 10%) обеспечиваются при доле контрольного компонента не менее 13%.

В результате проведения эксперимента получено уравнение регрессии энергоёмкости и определены коэффициент корреляции и данные F-теста. Уравнение регрессии энергоёмкости (Дж/кг) запишется как

$$Y = 236,5577 + 166,444/L_k + 177,6712 \cdot L_k - 558,636 \cdot Q + 3,740061 \cdot d_k - 45,8538 \cdot (1/L_k)^2 - 40,6377 \cdot (L_k)^2 + 277,2512 \cdot Q^2 + 0,126055 \cdot (d_k)^2 - 7,41507 \cdot Q \cdot d_k. \quad (2)$$

Коэффициент корреляции  $R=0,98993$ .  $F\text{-мест}=0,973831$ .

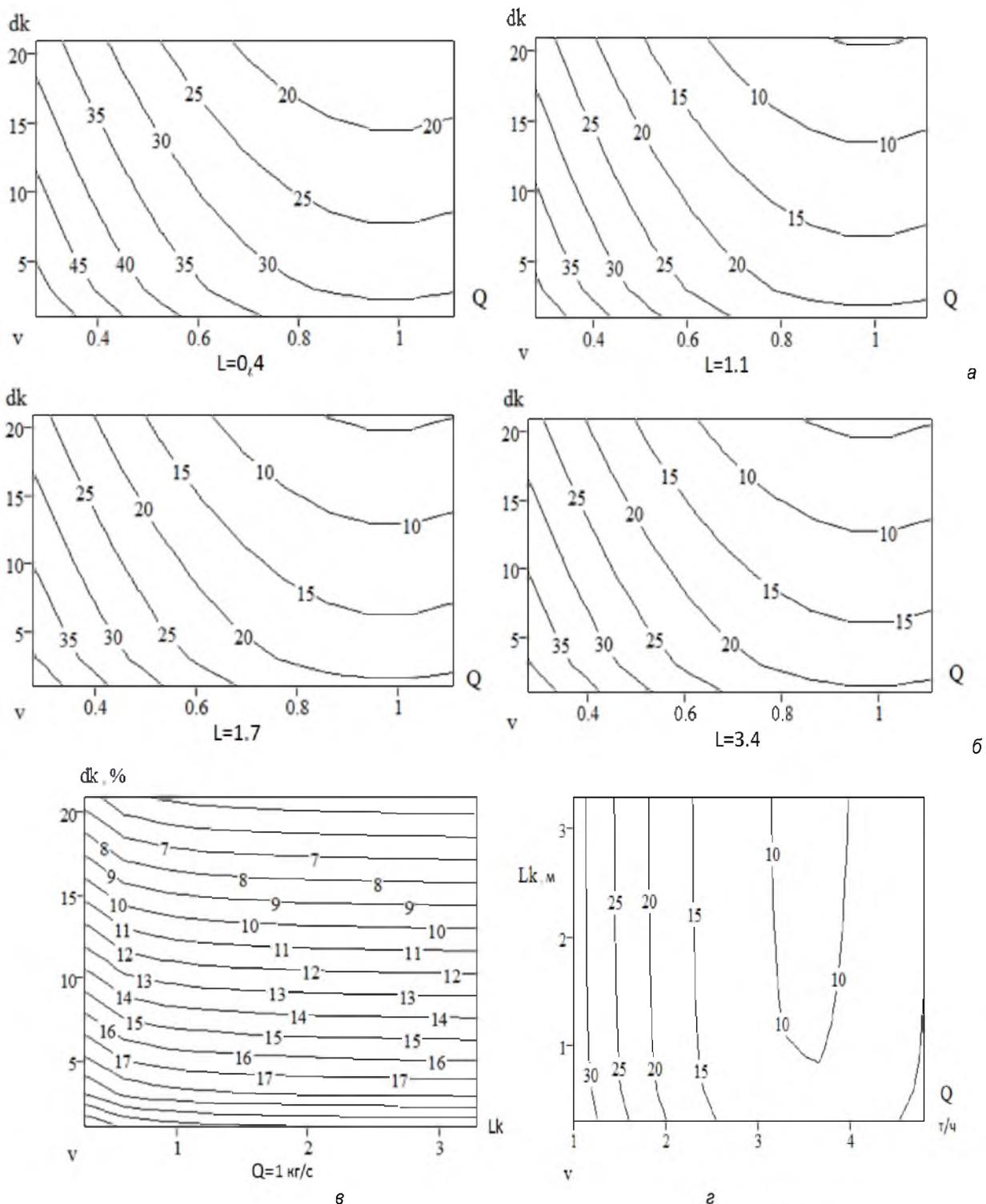


Рис. 2. Двумерные поверхности отклика неравномерности смешивания (%):  
 а, б) от производительности  $Q$  (кг/с) и доли контрольного компонента  $dk$  (%);  
 в) от длины зоны смешивания  $L_k$  (м) и доли контрольного компонента  $dk$  (%);  
 г) от производительности  $Q$  (т/ч) и длины зоны смешивания  $L_k$  (м)

Графический анализ полученного выражения показал (рис. 3), что доля контрольного компонента практически не влияет (в пределах ошибки опыта) на значения энергоёмкости. Видимо влияет изменение физико-механических свойств смеси (цельные зерна ячменя обладают большей текучестью, чем дерть).

Увеличение производительности снижает энергоёмкость. Минимум энергоёмкости соответствует около 1 кг/с (3,5 т/ч) и соответствует 180-220 Дж/кг в зависимости от доли контрольного компонента.

Учитывая, что в экспериментах изменялась не длина конвейера, а расположение выгрузного отверстия по длине кожуха конвейера, влияние длины конвейера на энергоёмкость существенного влияния не имеет.

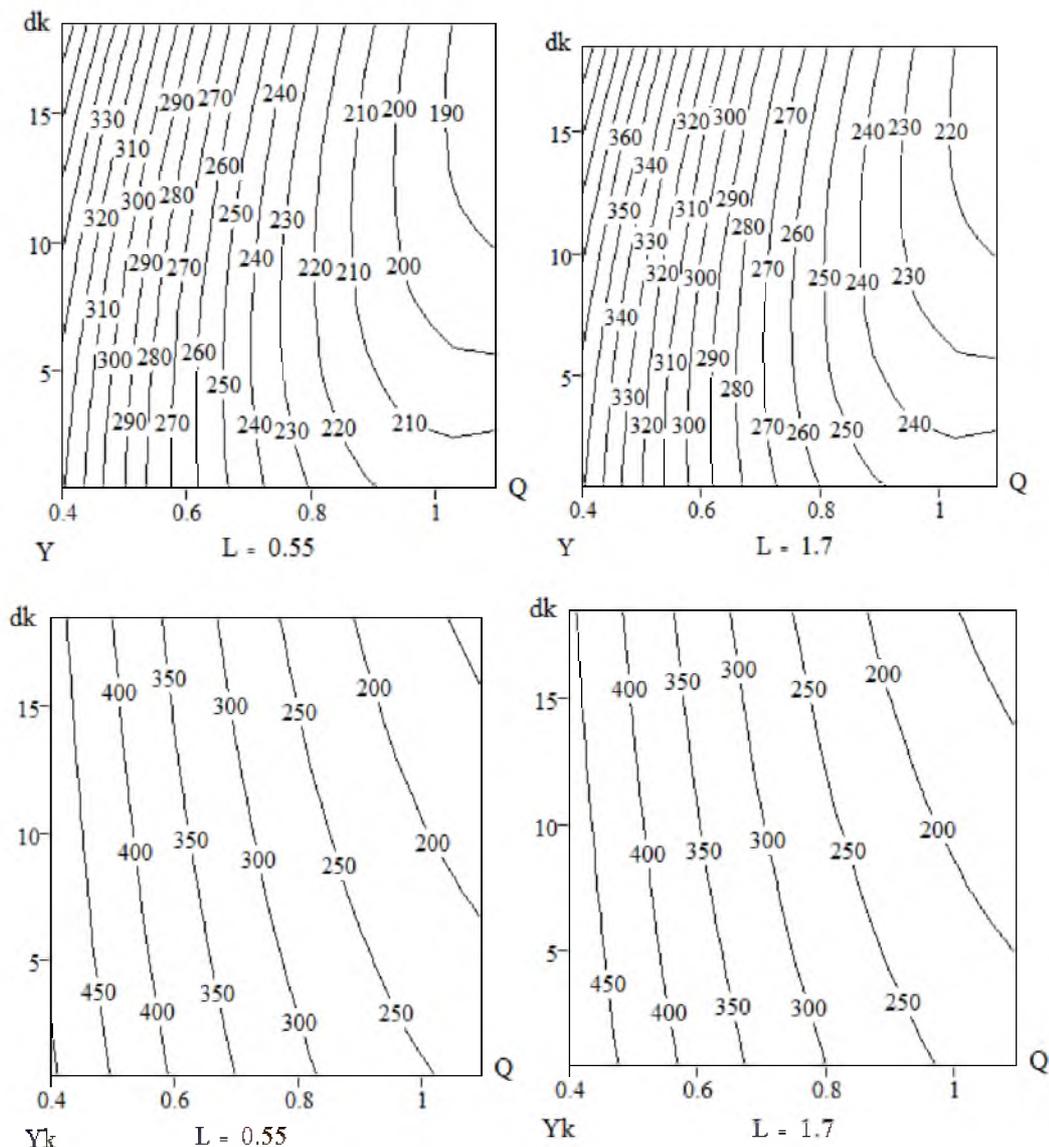


Рис. 3. Двумерные поверхности отклика энергоёмкости  $Y$  (Дж/кг) в зависимости от производительности устройства  $Q$  (кг/с) и доли контрольного компонента  $d_k$  (%) при длине зоны смешивания  $L=0,55$  и  $1,7$  м

В результате проведения эксперимента рассчитаны значения скорректированной энергоёмкости, Дж/кг:

$$Y_k = \frac{Y}{(100-v)} \quad (3)$$

После статистической обработки полученных данных определено уравнение скорректированной энергоёмкости:

$$Y_k = 348,1739 + 253,0372/L_k + 263,287 \cdot L_k - 893,059 \cdot Q - 0,80497 \cdot d_k - 39,0627 \cdot (1/L_k)^2 - 45,3764 \cdot L_k^2 + 340,2805 \cdot Q^2 + 0,032935 \cdot d_k^2 - 4,90645 \cdot Q \cdot d_k \quad (4)$$

Коэффициент корреляции  $R = 0,98150$ .  $F$ -тест =  $0,951731$ .

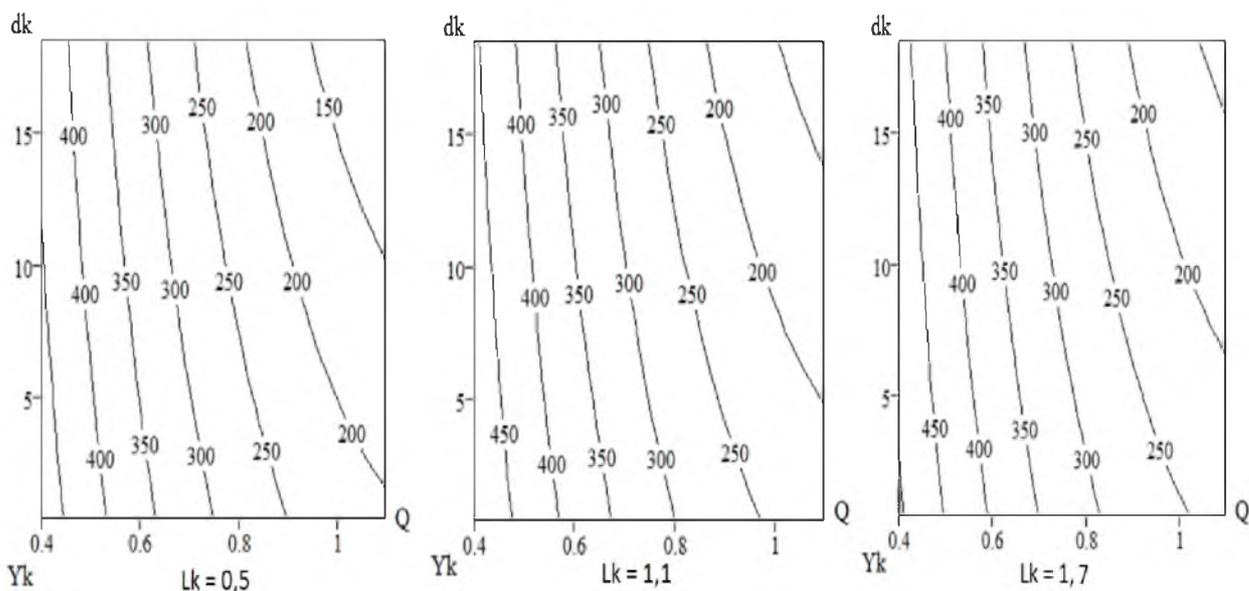


Рис. 4. Двумерные поверхности отклика скорректированной энергоёмкости  $Y_k$  (Дж/кг) в зависимости от производительности  $Q$  (кг/с) и доли контрольного компонента  $d_k$  (%)

Наиболее значимо влияние производительности, снижающей скорректированную энергоёмкость процесса. Увеличение длины конвейера повышает скорректированную энергоёмкость незначительно. Доля контрольного компонента влияет несущественно.

**Заключение.** Таким образом, оптимальна производительность смесителя-конвейера около 1 кг/с (3,6 т/ч) при энергоёмкости смесеобразования порядка 200 Дж/кг. Смеситель-конвейер обеспечивает соблюдение зоотехнических требований на качество смеси при доле контрольного компонента не менее 13%. Длина зоны смешивания смесителя-конвейера должна быть не менее 1 м, а мощность привода составлять около 200 Вт.

#### Библиографический список

1. Сыроватка, В. И. Новые технические решения приготовления комбикормов в хозяйствах / В. И. Сыроватка, Н. В. Обухова, А. С. Комарчук // Кормопроизводство. – 2010. – №7. – С. 42-45.
2. Коновалов, В. В. Устройство для внесения жира в концентрированные корма / В. В. Коновалов, А. А. Курочкин, К. М. Мишин // Механизация и электрификация с/х. – 2002. – №5. – С. 12-13.
3. Кухарев, О. Н. Результаты исследований барабанного дражирователя / О. Н. Кухарев, И. Н. Сёмов, А. М. Чирков // Нива Поволжья. – 2010. – №1 – С. 54-57.
4. Терюшков, В. П. К вопросу влияния высоты слоя корма и диаметра лопасти на перемещение материала / В. П. Терюшков, А. В. Чупшев, В. В. Коновалов // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве с/х продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства : сб. науч. докл. XVI Международной науч.-практ. конф. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2011. – С. 64-67.
5. Коновалов, В. В. Мобильный раздатчик для сухих и жидких кормов / В. В. Коновалов, С. И. Щербаков, С. В. Гусев // Молочное и мясное скотоводство. – 2003. – №1. – С. 23-24.
6. Новиков, В. В. Обоснование параметров лопастной мешалки / В. В. Новиков, С. П. Симченкова, В. И. Курдюмов // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2011. – №2. – С. 104-108.
7. Коновалов, В. В. Теоретическое обоснование основных конструктивных и режимных параметров смесителя кормов периодического действия / В. В. Коновалов, А. В. Чупшев // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : мат. Международной науч.-практ. конф. – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации с/х, 2011. – Т. 2. – С. 148-153.
8. Терюшков, В. П. Определение рациональных параметров смесителя концентратов / В. П. Терюшков, В. В. Коновалов // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве с/х продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства : сб. науч. докл. XVII Международной науч.-практ. конф. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2013. – С. 71-77.
9. Коновалов, В. В. Оптимизация параметров смесителя по минимуму энергоёмкости перемешивания / В. В. Коновалов, А. В. Чупшев, С. С. Петрова. // Известия Самарской ГСХА. – 2009. – №3. – С.72-76.
10. Коновалов, В. В. Смеситель сухих кормов / В. В. Коновалов, В. П. Терюшков, И. А. Боровиков, С. В. Гусев // Сельский механизатор. – 2006. – №7. – С. 32.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОФИЛАКТИКИ ТРАВМАТИЗМА В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

**Шкрабак Роман Владимирович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Безопасность технологических процессов и производств», ФГОУ ВПО Санкт-Петербургский ГАУ.

196601, Санкт-Петербург-Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2.

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

**Брагинец Юрий Николаевич**, канд. с.-х. наук, докторант кафедры «Безопасность технологических процессов и производств», ФГОУ ВПО Санкт-Петербургский ГАУ.

196601, Санкт-Петербург-Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2.

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

**Ключевые слова:** травматизм, животноводство, профилактика, теоретические, положения/

*Приведены результаты исследований по теоретическим положениям профилактики травматизма в животноводстве, базирующиеся на анализе системы «человек-животное-машина-технология-среда». Цель исследований – обоснование и разработка профилактических мероприятий многопланового характера. Задачи исследований – разработать номенклатуру поражающих факторов составляющих названной выше системы и противодействия возможностям реализации потенциальных опасностей указанных факторов в травмы и заболевания работников. Новизна постановки проблемы и пути её решения многогранны и вполне реальны, о чём свидетельствуют результаты обширных научных исследований трудовой школы Санкт-Петербургского ГАУ. Каждому из составляющих системы уделено внимание как поражающему фактору с учётом его функций в системе. Обращено внимание на необходимость предотвращения реализации присущей факторам потенциальной опасности в кинетическую энергию, способствующую при определённых условиях травмированию работающих. Методы исследований базировались на изучении системы «человек-животное-машина-технология-среда» в условиях реального животноводческого комплекса дойного стада численностью 1125 голов.*

Роль животноводства в обеспечении жизнедеятельности общества переоценить трудно. Именно животноводство, и особенно крупный рогатый скот (КРС), является стабильным поставщиком для всех слоёв населения мясной и молочной продукции, являющейся по медицинским данным незаменимым источником для человека. Поэтому этому виду животноводства, несмотря на все сложности, уделялось и уделяется особое внимание в части его развития и наращивания производства молока, мяса и продукции их переработки.

Вместе с тем отметим, что животноводство – это особая отрасль производства, реализуемая на основе взаимодействия биологических систем и биологической продукции. Кроме того, животноводство характерно большим объёмом самых разнообразных видов работ. Типичными видами их являются: выращивание молодняка (особое кормление с момента рождения, уход, содержание, поение, ветеринарно-профилактические мероприятия, санитарно-гигиеническое обеспечение и др.), оплодотворение в определённый период, дальше доение, кормление, поение, обеспечение ветеринарного благополучия, обеспечение нормальной работы систем по обеспечению микроклимата в различные периоды года (температура, чистота воздуха, освещение, влажность, подвижность и др.). Для коллективных хозяйств характерным является немалая численность животных (400-1200 гол. дойного стада). Обслуживание такого количества животных в настоящее время не мыслимо без широкого использования процессов механизации и электрификации в приготовлении и транспортировке кормов, поении, удалении навоза, обеспечения доения, транспортировки молока в молочные блоки, охлаждении его и доставки к местам приёма.

Большая и сложная работы выполняется по обеспечению ветеринарного благополучия на фермах и комплексах. Положение осложняется тем, что биотехникотехнологическая система в животноводстве изначально является травмоопасной. Об этом свидетельствуют ежегодные сведения о травматизме в животноводстве [1]. По данным специалистов и исследований авторов [2-4] на отрасль животноводства ежегодно приходится 20-23% травм от числа имеющих место в отрасли АПК. При этом травматизм с тяжёлым исходом осреднённо ежегодно в АПК практически в три раза превышает такой со смертельным исходом [3]. В животноводстве с 2007 по 2011 гг. погибло 1521 и тяжело травмировано 1311 человек, поэтому важно принять меры к поиску эффективных путей решения проблемы. В числе таких путей важнейшими являются теоретические положения профилактики травматизма и заболеваний в животноводстве.

Методика исследований базируется на изучении системы «человек-животное-машина-технология-среда» в условиях реального животноводческого комплекса дойного стада крупного рогатого скота численностью 1125 коров.

**Цель исследований** – обоснование и разработка профилактических мероприятий многопланового характера.

**Задачи исследований** – разработать номенклатуру поражающих факторов составляющих назван-ной выше системы и противодействия возможностям реализации потенциальных опасностей указанных фак-торов в травмы и заболевания работников.

Новизна постановки проблемы и пути её решения многогранны и вполне реальны, о чём свидетель-ствуют результаты обширных научных исследований трудоохранной научной школы Санкт-Петербургского ГАУ [5, 6].

Исходной позицией профилактики является сопоставление затрат на её реализацию и на компен-сацию последствий в случае, если реализация профилактических мероприятий не состоялась, в результате чего имеет место травматизм. Общеизвестно, что затраты на профилактику осреднённо на порядок – два ниже затрат на компенсацию последствий, т.е.

$$З_{\text{ПР.}} \ll З_{\text{К.П.}} \Rightarrow З_{\text{ПР.}} < З_{\text{К.П.}}(10 - 10^2), \quad (1)$$

где  $Z_{\text{ПР.}}$  – затраты на профилактические мероприятия, упреждающие травматизм;  $Z_{\text{К.П.}}$  – затраты на компен-сацию последствий травматизма.

Доминанта, описываемая выражением (1), недооценивается в ряде случаев в реальном производ-стве. Основанием к тому являются ряд обстоятельств (не всегда обоснованных), существует надежда, что не будет отказов в технологиях, технике и операторах; профессионализм операторов будет постоянно обеспе-чивать нормальное функционирование системы в целом и её элементов в животноводстве; техника, про-шедшая обкатку, техническое обслуживание или ремонт, будет длительно функционировать как исправная; производственная среда не будет генерировать непредвиденные обстоятельства; поведение животных (в частности) будет прогнозируемое; исключаются нарушения правил безопасности при выполнении тех или иных операций; имеют место все обстоятельства, способствующие нормальному функционированию рабоче-го процесса. Однако изложенная ситуация является практически идеальной, что в реальных условиях не все-гда обеспечивается. Следствием такой ситуации являются несчастные случаи. Ответ на вопрос: что (или кто) является побудителем такой ситуации, может дать обстоятельный анализ каждой составляющей технологи-ческого процесса. Таким образом, налицо необходимость анализа системы, в которой функционируют её элементы. Иначе применительно к данным условиям анализу должна подвергаться система «человек-животное-машина-технология-среда» («Ч-Ж-М-Т-С»).

В общем виде схема безопасного функционирования указанной системы и потенциальные источники опасности её составляющих представлены на рисунке 1.

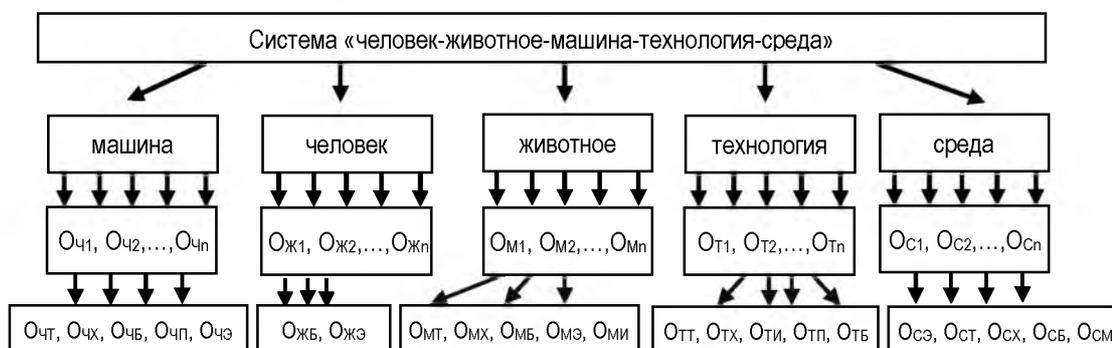


Рис. 1. Принципиальная схема потенциальных опасностей системы «Ч-Ж-М-Т-С» и её элементов:

$O_{ч1}, O_{ч2}, \dots, O_{чп}$  – опасности, генерируемые человеком;  $O_{ж1}, O_{ж2}, \dots, O_{жп}$  – опасности, генерируемые животными;  
 $O_{т1}, O_{т2}, \dots, O_{тп}$  – опасности, генерируемые технологиями;  $O_{с1}, O_{с2}, \dots, O_{сп}$  – опасности, генерируемые окружающей средой;  
 $O_{чт}, O_{чх}, O_{чб}, O_{чп}, O_{чэ}$  – генерируемые человеком опасности соответственно термического, химического, биологического, профессионального, энергетического характера;  $O_{жб}, O_{жэ}$  – генерируемые животными опасности биологического и энергетического характера;  $O_{мт}, O_{мх}, O_{мб}, O_{мэ}, O_{ми}$  – генерируемые машиной (оборудованием, инструментом, установками) опасности технологического, химического, биологического, энергетического, электромагнитного характера;  
 $O_{тт}, O_{тх}, O_{ти}, O_{тп}, O_{тб}$  – генерируемые технологиями опасности термического, химического, электромагнитного, проектного, биологического характера;  $O_{сэ}, O_{ст}, O_{сх}, O_{сб}, O_{см}$  – генерируемые средой опасности термического, энергетического, химического, биологического, метеорологического характера

Анализ рисунка 1 показывает, что каждая из составляющих системы «Ч-Ж-М-Т-С» потенциально обладает достаточным множеством травмирующих факторов самой разнообразной природы. Переход этих факторов из потенциального состояния в динамичное приводит к проблемным ситуациям. Если такого перехода нет, то система продолжает функционировать с нереализованной потенциальной опасностью, т.е. система обладает множеством потенциальных травмирующих факторов. Иными словами, имеем ситуацию в общем виде:

$$\text{система «Ч-Ж-М-Т-С»} \in \sum_1^n (O_{ч_n} + O_{ж_n} + O_{м_n} + O_{т_n} + O_{с_n}). \quad (2)$$

Обращаем внимание, что составляющие в круглых скобках являются разноприродными, однако сведение их воздействий к последствиям термическим, энергетическим, химическим, биологическим, лучеизлучательным и метрологическим даст право с определённой условностью записать равенство (2) в представленном выше виде.

Ликвидация (или недопущение) возможности травмирования в рассматриваемой ситуации возможно либо онулением потенциальных опасностей, составляющих систему «Ч-Ж-М-Т-С», либо наложением «табу» на возможность перехода потенциальных опасностей в динамическое состояние с травмированием работающих. Иными словами, сказанное можно представить так:

$$\text{система «Ч-Ж-М-Т-С»} \in \sum_1^n (O_{\text{ч}_n} + O_{\text{ж}_n} + O_{\text{м}_n} + O_{\text{т}_n} + O_{\text{с}_n}) \Rightarrow 0; \quad (3)$$

$$\text{система «Ч-Ж-М-Т-С»} \in \sum_1^n \text{П}_{\text{п.ф}} \not\Rightarrow \text{«Ч-Ж-М-Т-С»} \in \sum_1^n \text{Д}_{\text{п.ф}}, \quad (4)$$

где  $\text{П}_{\text{п.ф}}$  – потенциальные поражающие факторы системы, находящиеся в круглых скобках равенства (3);  $\text{Д}_{\text{п.ф}}$  – перешедшие из потенциального  $\text{П}_{\text{п.ф}}$  в динамическое состояние (все или некоторые) поражающие факторы анализируемой среды, приводящие к травмам; знак  $\not\Rightarrow$  в данном случае обозначает запрет (невозможность) перехода  $\text{П}_{\text{п.ф}}$  в  $\text{Д}_{\text{п.ф}}$ , т.е.  $\text{П}_{\text{п.ф}} \not\Rightarrow \text{Д}_{\text{п.ф}}$ .

В связи с изложенным возникает вопрос об источниках и причинах обладания потенциально опасными факторами составляющих системы «Ч-Ж-М-Т-С» с одной стороны и возможностях (невозможностях) их перехода из потенциального в динамическое состояние. Касаясь первой части вопроса, отметим, что речь идёт об желаемых (бестравмоопасных) составляющих отдельных элементов системы «Ч-Ж-М-Т-С», т.е. об идеале, к которому надо стремиться (равенство 3). Как показывает анализ, это важнейшее направление профилактики травматизма, которое можно выразить зависимостью

$$\int_0^{n=5} \text{«Ч – Ж – М – Т – С»} = 0. \quad (5)$$

Это значит, что каждая из составляющих системы (Ч, Ж, М, Т, С), обладая  $n$  степенями свободы, должна соответствовать условию:

$$\int_0^5 \text{Ч} = 0; \int_0^2 \text{Ж} = 0; \int_0^5 \text{М} = 0; \int_0^4 \text{Т} = 0; \int_0^5 \text{С} = 0, \quad (6)$$

где верхний предел в интеграле обозначает количество потенциальных опасностей, которыми обладает каждый элемент системы (рис. 1).

Добиться такой ситуации в биотехнической системе, которой является система «Ч-Ж-М-Т-С», современными методами и средствами практически очень сложно. Действительно, применительно к основному элементу системы – человеку (Ч) – отметим, что все требования им должны выполняться в полном объёме (профессионализм, дисциплинированность, компетентность, выдержка, психо-физиологические качества, здоровье, знание требований правил охраны труда и умение их применять и др.)

Нейтрализация перечисленных факторов требует профессионального обучения, воспитания, профессионального отбора и интереса к работам данного вида.

В части второй составляющей – животного (Ж) – отметим непредсказуемость поведения животных, поэтому необходим отбор при комплектовании стада, исключение ситуаций грубости и др.

Относительно третьей составляющей – машина (М) – отметим, что опасность её элементов во много определяется конструированием её защиты (блокировки) её поражающих элементов, надёжностью и прочностью элементов, эргономичностью, грамотной эксплуатацией, включая своевременную диагностику, техническое обслуживание и ремонт, полным обеспечением мер безопасности. При этом не надо забывать, что как правило работа машин предполагает наличие (регулярного или периодического) человека, что осложняет ситуацию и требует со стороны оператора особого соблюдения мер безопасности. С другой стороны и сама техника, машина, должны совершенствоваться постоянно по параметрам безопасности (устройства против наматывания на карданные валы, противоопрокидывающие устройства, автоматические сцепки, блокировки придавливания кузовами самосвалов и прицепов и др. [4-6]). Особо успешно эти вопросы решены пятидесятилетними научными исследованиями трудовой охраны научной школы СПбГАУ, где сформирована стратегия и тактика динамичного снижения и ликвидации производственного травматизма, подтверждённая практикой. Там же ведётся работа по подготовке дипломированных трудоохранников в соответствии с ГОСТ 12.0.004-90 и научно-педагогических кадров по охране труда (кандидатов и докторов наук). Интеграция усилий по обоим направлениям способна обеспечить безопасность по элементу  $M$  рассматриваемой системы.

Касательно технологий, реализуемых в животноводстве, отметим, что их множество, как и видов работ. Обеспечение безопасности технологий – важный резерв в реализации стратегии и тактики динамичного снижения и ликвидации травматизма в животноводстве. Травмоопасность технологий в значительной степени определяется рациональным проектированием их с учётом видов работ, оснащённости их средствами электромеханизации и автоматизации, роботизации [7-9].

Говоря о параметре «Среда» (С) в анализируемой системе отметим, что её характеризуют ряд потенциальных опасностей (рис. 1), характерных для дойного стада КРС. Вероятность их проявления характеризуется в значительной степени неопределённостью. Большое влияние на параметры этой среды оказывают системы жизнеобеспечения (микроклимат, освещённость, шум, запылённость воздуха, его подвижность, загазованность, влажность). Нельзя оставить без внимания и зону среды, учитывая беспривязное содержание животных. Параметры среды определяются также размещением и работой средств кормления, поения, доения, навозоудаления, транспортировки и раздачи корма и др. Вышеперечисленные факторы свидетельствуют о том, что система находится в состоянии потенциальной опасности, в значительной степени надёжность систем определяется профессионализмом операторов. При нарушении правил безопасности с их стороны составляющие системы с потенциальной опасностью трансформируются в кинетическую энергию с вытекающими отсюда последствиями в случае наличия в травмоопасных зонах операторов.

Составляющие системы «Ч-Ж-М-Т-С» обладают множеством потенциальных поражающих факторов, которые являются источниками травматизма при создании определённых ситуаций (нарушение режима работы, правил охраны труда, отказов, травмоопасные зоны, непредвиденные поведения животных, несоответствующее окружающей обстановке поведение операторов, способствующее созданию травмоопасных ситуаций и др.). В целях ликвидации таких ситуаций в соответствии с полученными теоретическими положениями необходим комплекс адекватных мероприятий, нивелирующих возможности перехода потенциальной опасности в реальную. Современная теория и практика охраны труда применительно к животноводству обладает номенклатурой таких мероприятий, обоснованных учёными страны и мира [3-9]. Базируются они на нормативно-правовых, организационно-технических, санитарно-гигиенических, инженерно-технических, медико-биологических, эргономических, социально-экономических, кадровых и управленческих обеспечениях проблемы. Первоочерёдность реализации любой из них диктуется конкретной ситуацией, сложившейся в анализируемой системе на рассматриваемый момент времени. При этом возможны ситуации, когда имеет место настоятельная необходимость реализации комплекса трудоохранных мероприятий с целью обеспечения динамичного снижения и ликвидации производственного травматизма в животноводстве.

#### Библиографический список

1. Фурман, И. В. Современное состояние охраны труда в АПК России и пути её совершенствования / И. В. Фурман, Р. В. Шкрабак, В. С. Шкрабак // Известия Международной академии аграрного образования. – 2013. – №19. – С. 122-126.
2. Шкрабак, Р. В. Труд без обеспечения безопасности и безвредности – преступление / Р. В. Шкрабак, В. М. Комов // Вестник Петровской академии. – 2013. – №2. – С. 36-40.
3. Баранов, Ю. Н. Травматизм со смертельным и тяжёлым исходом в животноводстве АПК России / Ю. Н. Баранов, Б. М. Тюриков, Н. С. Студенникова // Охрана труда и техника безопасности в сельском хозяйстве. – 2007. – №6. – С. 41-44.
4. Баранов, Ю. Н. Методология обеспечения безопасности на животноводческих комплексах : монография / Ю. Н. Баранов, Р. В. Шкрабак, Ю. Н. Брагинцев ; под ред. ЗДНТ РФ, д-р техн. наук В.С. Шкрабака. – СПб. : СПбГАУ, 2013. – 423 с.
5. Библиографический указатель трудов В. С. Шкрабак / сост. Кубрицкая Н. В. – 2-е изд. перераб. и доп. – СПб. : 2012. – 315 с.
6. Шкрабак, В. В. Стратегия и тактика динамичного снижения и ликвидации производственного травматизма в АПК. Теория и практика : монография. – СПб. : СПбГАУ, 2007. – 580 с.
7. Шкрабак, В. С. Проблема снижения травматизма и улучшения охраны труда в животноводстве : монография / В. С. Шкрабак, П. А. Лапин, И. В. Гальянов. – Орёл, 2002. – 420 с.
8. Шкрабак, В. С. Повышение безопасности в биотехнической системе «Человек-машина-животное-среда» за счёт этологофизиологического аспекта / В. С. Шкрабак, Ю. Н. Баранов. – Орёл : ОрёлГАУ, 2009. – С. 40-48.
9. Шкрабак, В. С. Эргономико-психологические основы безопасности жизнедеятельности / В. С. Шкрабак, П. Г. Митрофанов : монография. – СПб. : СПбГАУ, 1994. – 187 с.

УДК 658.382

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ, ДИНАМИКИ ЕЁ РАЗВИТИЯ И ПУТЕЙ ПРОФИЛАКТИКИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗОВ АВТОТРАНСПОРТОМ

**Григоров Петр Павлович**, зав. кафедрой «Организация перевозок и технический сервис», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Россия, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

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

**Ключевые слова:** безопасность, состояние, динамика, профилактика, груз, транспорт.

*В статье приведены сведения о состоянии безопасности и динамике её развития при перевозке грузов автотранспортом, рассмотрены вопросы количественного и качественного характера, приводится картина в динамике по годам применительно к стране, Приволжскому федеральному округу и Самарской области. Приведена*

сравнительная динамика перевозки пассажиров автобусами общего пользования. Проанализирована динамика протяженности автомобильных дорог. Представлены сведения и их анализ по динамике происшествий при использовании автомобильного транспорта, по динамике числа погибших и раненых в результате происшествий при использовании автомобильного транспорта, по динамике зарегистрированных нарушений правил дорожного движения, их последствий и наказаний виновных. Исследована сравнительная динамика числа дорожно транспортных происшествий и погибших в них в стране, Приволжском федеральном округе и Самарской области по годам. Обращено внимание на необходимость выработки эффективных мер профилактики, адекватных ситуациям. Обоснованы причины, обстоятельства, источники и последствия аварийности на транспорте, отличающиеся большой разнообразностью. Обоснованы номенклатура профилактических мероприятий и выбор наиболее эффективных при реализации данной потребности.

Как известно во всех видах экономической деятельности в стране, как и в мире, используются транспортные средства для выполнения технологических процессов по перевозкам грузов и пассажиров [1-4]. Динамика перевозки грузов автомобильным транспортом, являющимся основным исполнителем транспортных работ в агропромышленном комплексе (АПК), за последнее двадцатилетие имеет тенденцию к снижению, как и грузооборот. Это динамика, реализуемая автомобилями, автопоездами, а в АПК в основном на внутривозрастных дорогах – тракторными поездами.

**Цель исследований** – обоснование состояния безопасности и динамики развития при перевозке грузов автотранспортом.

**Задача исследований** – изучить вопросы количественного и качественного характера безопасности перевозки грузов автотранспортом по годам в стране, по Приволжскому федеральному округу и в Самарской области.

Общая динамика перевозки грузов автомобильным транспортом (в млн. тонн) и грузооборот (в млрд. тонно-километров) (за 1992-2012 г.) представлена в таблице 1.

Таблица 1

Динамика перевозки грузов, пассажиров, грузооборота, реализуемого автомобильным транспортом в стране, и протяженности путей сообщения за 1992-2012 гг.

Параметры	Количество перевозимых грузов автомобильным транспортом и его грузооборот по годам								
	1992	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Перевезено грузов, млн. т	12750	5878	6685	6861	6893	5240	5236	5663	5842
Грузооборот, млн. тонно-километров	257	153	194	206	216	180	199	223	249
Процент грузооборота автомобильным транспортом в общей доле грузооборота	5,2	4,2	4,1	4,2	4,4	4,0	4,2	4,5	4,9
Перевезено пассажиров (млн. чел.), в том числе:									
автобусами	24874	230001	16374	14795	14718	13704	13434	13305	12766
таксомоторным транспортом	46	16	6	8	7	7	8	5	6
Процент пассажирооборота автобусами	-	35	30,1	30,2	29,7	30,5	29,1	27,6	25
Автомобильные дороги общего пользования, тыс. км:	466	584	581	747	754	793	825	927	1269
из них с твердым покрытием	419	532	531	624	629	647	665	728	920

В части перевозки пассажиров автобусами общего пользования отметим, что как по стране в целом, так и по Приволжскому федеральному округу и Самарской области имеет место тенденция снижения количества перевозимых пассажиров. Это же касается пассажирских автобусов общего пользования. Сведения этого характера в сравнительном плане по России, Приволжском федеральном округе и Самарской области приведены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительная динамика перевозки пассажиров автобусами общего пользования в стране, Приволжском федеральном округе и Самарской области за 2000-2012 гг. (в числителе – число перевезенных пассажиров (тыс. чел.), в знаменателе – пассажирооборот (тыс. пасс.-км))

Регион	Годы						
	2000	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Российская Федерация, тыс. чел.	23001095	14733625,5	14794891,1	14717826,1	13433693,3	13304924,5	12766173,4
	173659665,4	135985558,1	149928940,1	152145029,9	140611171,7	138587834,7	133275023
Приволжский федеральный округ, тыс. чел.	5406573,2	3221623	3290550,1	3402196,5	3114651	3086315,9	3079839,7
	46475392,1	33546359,9	38125593,7	38948653,5	35442218,7	35580776,4	35123551,5
Самарская область, тыс. чел.	692326,1	177370	198709,6	196145,8	129892,1	143466,1	319370,8
	5222225,6	1823204	1941264,4	1903550	1361114,1	1476140,3	2595390,1

Указанный выше огромный объем работ, выполненный автомобильным транспортом, включая АПК, возможен только при наличии достаточного числа транспортных средств. Общее представление о динамике наличия транспортных средств дают сведения, приведенные в таблице 3.

Таблица 3

Динамика наличия автомобильных транспортных средств автобусов и легковых автомобилей за 1980-2011 гг., тыс. шт.

Транспортные средства	Динамика наличия автомобилей по годам										
	1980	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Грузовые автомобили (включая пикапы, легковые фургоны), всего,	2437	2744	2937	4401	4848	4929	5168	5349	5323	5414	5545
в том числе:											
в организациях всех видов экономической деятельности	343	331	361	1387	944	881	830	754	712	683	661
в собственности граждан	-	4	798	1568	2300	2440	2627	2818	2857	2950	3097
Пассажирские транспортные средства:											
- автобусы общего пользования	140	153	128	109	79	72	69	64	65	63	72
- легковые автомобили, всего	4603	8964	14195	20353	25570	26794	29405	32021	33084	34354	36415
в том числе в собственности граждан	4195	8677	13688	19097	24125	25282	27755	30300	31341	32629	34624

Касательно Самарской области отметим [1], что по состоянию на 2012 г. там было всего 1140538 транспортных средств. Легковых автомобилей – 895527, грузовых автомобилей – 124014, автобусов – 27457, мототранспортных средств – 31537, прицепов – 61997.

Сведения по динамике протяженности автотранспортных дорог приведены в таблице 4.

Таблица 4

Динамика протяженности автомобильных дорог за 1980-2011 гг., тыс. км

Наименование	Протяженность автомобильных дорог										
	Годы										
	1980	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Автомобильные дороги, всего	694	884	940	898	858	932	963	939	983	1004	1094
в том числе: общего пользования	498	455	539	684	581	701	747	754	793	825	927
необщего пользования	196	429	401	314	277	231	216	185	190	179	167
Из общей протяженности автомобильных дорог											
- дороги с твердым покрытием, всего;	421	657	750	752	724	754	771	754	776	786	841
в том числе общего пользования, из них:	322	400	484	532	531	597	624	629	647	665	728
- федерального значения	-	-	44	46	47	47	49	50	50	50	51
- регионального или межмуниципального значения	-	-	440	486	484	465	469	456	450	450	452
- местного значения						85	107	124	147	164	225
Необщего пользования	99	256	266	220	194	157	147	125	129	121	113

Грунтовые автодороги федерального, регионального и межмуниципального значения составляют 7,9%. Около 30% дорог имеют мостовое, щебеночное и гравийное покрытие. Около 28,6% сельских населенных пунктов страны не имеют дорог с твердым покрытием. По состоянию на конец 2012 г. общая протяженность автомобильных дорог в России составляет 1283387,4 км (в том числе федерального значения – 50 749,2 км, регионального – 50 4020 км, местного 728618,2 км). В Приволжском федеральном округе эти данные составляют соответственно 292003,9 км (7752,3; 102552,7 и 181698,9 км). В Самарской области эти данные соответственно 22099,7 км (689,5; 7089,0 и 141321,2 км). Отметим, что постоянным спутником транспортных перевозок является аварийность на транспорте [5-8]. Её причины, обстоятельства, источники и последствия отличаются большой разнообразностью. И всё это тяжелым бременем ложится на государство, предприятия и семьи, имеющие к этому отношение. При этом имеют место моральные, социальные и материальные последствия. Не останавливаясь на сказанном в связи с тем, что эти проблемы являются предметом самостоятельных исследований, рассмотрим ситуацию с общей аварийностью при использовании автомобильного транспорта. Динамика общей аварийности на транспорте за 1994-2012 гг. в стране представлена в таблице 5. Как видно из данных таблицы 5, динамика происшествий, в том числе и по причине алкогольного опьянения водителей, далека от желаемой и требуемой законодательными положениями страны.

Указанный уровень происшествий определяющим образом сказывается на динамике погибших и раненых при этом. Эти сведения представлены в таблице 6 за 1994-2012 гг. Анализ данных таблицы 5 показывает, что число погибших и раненых в результате происшествий при использовании автомобильного транспорта за 2000-2012 меняется незначительно и имеет колебательный характер. Это говорит о недостаточной эффективности профилактических мер как организационно-технического, так и инженерно-технического,

кадрового, санитарно-гигиенического, медико-биологического, нормативно-правового, социально-экономического характера.

Сведения о нарушении правил дорожного движения и эксплуатации транспортных средств и последствиях, а также о наказании виновных за 1992-2012 гг. приведены в таблице 7.

Таблица 5

Динамика происшествий при использовании автомобильного транспорта за 1994-2012 гг.

Автомобильный транспорт	Годы								
	1994	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Всего на автомобильных дорогах и улицах, тыс. чел.	175	158	223	234	218	204	199	200	204
В том числе по вине водителей транспортных средств в состоянии алкогольного опьянения	-	21,3	19,6	15,6	13,6	12,3	11,8	12,3	12,8

Таблица 6

Динамика числа погибших и раненых в результате происшествий при использовании автомобильного транспорта в стране за 1994-2012 гг.

В происшествиях на транспорте	Число пострадавших по годам								
	1994	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Погибло на автомобильных дорогах и улицах, всего, тыс. чел.	35,6	29,6	34	33,3	29,9	27,7	26,6	28,0	28,0
в том числе по вине водителей транспортных средств в состоянии алкогольного опьянения		4,1	3,2	2,6	2,4	3,3	2,0	2,1	2,1
Ранено на автомобильных дорогах и улицах, всего, тыс. чел.	189,9	179,4	174,9	292,2	270,9	255,5	250,6	251,8	258,6
В том числе по вине водителей транспортных средств в состоянии алкогольного опьянения		28,3	28,3	22,7	19,9	18,1	17,3	17,9	18,7

Таблица 7

Динамика зарегистрированных нарушений правил дорожного движения, их последствий и наказаний виновных за 1992-2012 гг. в стране

Наименование фактора и последствий	Число нарушений правил дорожного движения по годам, их последствия для пострадавших и виновных по годам анализа, тыс.								
	1992	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Нарушение правил дорожного движения и эксплуатации транспортных средств	90,1	52,7	26,6	25,6	24,3	27,5	26,3	27,3	29,4
Из них повлекших по неосторожности смерть человека, двух или более лиц	17,5	15,4	15,7	15,5	13,6	10,6	10,3	10,9	11,6
Число осужденных за нарушение правил дорожного движения и эксплуатации транспортных средств, повлекших по неосторожности смерть человека, двух или более лиц	13,4	4,5	6,2	6,6	6,9	5,4	5,6	5,7	6,4

Анализ данных таблицы 6 показывает, что с 2008 по 2012 гг. имеет место устойчивая тенденция практически ежегодного роста нарушений правил дорожного движения и эксплуатации транспортных средств (осреднённо на 1000 в год). С 2009 г. по 2012 г. наблюдается рост погибших по этим причинам (осреднённо на 250 человек ежегодно). За этот же период возросло и число осужденных за нарушения (осреднённо также на 250 человек в год). Такое положение тоже вызывает тревогу и требует дополнительных мер профилактики рассмотренных происшествий. Касаясь аналогичных рассмотренным вопросам в Приволжском округе и Самарской области за 2000-2012 гг. по числу дорожно-транспортных происшествий и числу погибших на 100 тыс. человек населения в сравнении со среднероссийскими данными, отметим, что результаты этого анализа сведены в таблицу 8.

Таблица 8

Сравнительная динамика числа дорожно-транспортных происшествий (в числителе) и погибших в них (в знаменателе) на 100 тыс. человек населения в стране,

Приволжском федеральном округе и Самарской области за 2000-2012 гг.

Территория	Число транспортных происшествий и число погибших в них на 100 тыс. человек населения по годам в стране, Приволжском федеральном округе и Самарской области									
	2000	2001	2002	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Российская Федерация	107,5	112,6	126,9	160,2	163,7	152,9	142,6	139,6	139,8	142,7
	20,2	21,2	22,9	22,9	23,3	21,0	19,4	18,6	19,6	19,5
Приволжский федеральный округ	100,9	109,3	117,5	151,3	151,5	145,3	136,7	135	135,1	140
	18,9	20,0	21,6	21,3	22,0	20,3	19,2	18,6	18,9	19,3
Самарская область	86	113,4	112,7	162,5	161	145,3	136,1	132,6	131	143,1
	19,3	22,5	22,6	23,3	22,1	18,2	18,1	16,5	15,3	18,4

Как видно из данных таблицы 7, динамика рассматриваемых там показателей не отличается устойчивостью ни в стране, ни в федеральном округе, ни в Самарской области, где рост сменяется падением и наоборот. И это несмотря на необходимость снижения рассматриваемых показателей. Поэтому для реализации этой потребности должны разрабатываться адекватные ситуациям профилактические мероприятия. Номенклатура их и выбор наиболее эффективных крайне важное направление профилактики рассматриваемой ситуации.

#### Библиографический список

1. Россия в цифрах – 2013 г. : стат. сб. / Федеральная служба государственной статистики. – М., 2013. – 62 с.
2. Горбунов, А. А. Транспортная безопасность объектов транспортной инфраструктурой автомобильного и дорожного хозяйства / А. А. Горбунов, П. П. Григоров. – Самара : Книга, 2013. – 152 с.
3. Григоров, П. П. Организация и безопасность перевозок пассажиров и грузов / П. П. Григоров, А. А. Горбунов ; под ред. С. С. Калинина. – Самара : Книга, 2009. – 520 с.
4. Вельможин, А. В. Грузовые автомобильные перевозки / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин. – 2-е изд. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 560 с.
5. Григоров, П. П. Транспортная безопасность и пути её повышения / П. П. Григоров, Р. В. Шкрабак // Известия Самарской ГСХА. – 2013. – №3. – С. 78-83.
6. Шкрабак, В. С. Проблемы безопасности на автомобильном транспорте и пути её повышения / В. С. Шкрабак, П. П. Григоров, Р. В. Шкрабак [и др.] // Известия Самарской ГСХА. – №3. – С. 99-106.
7. Рябчинский, А. И. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса : учебник / А. И. Рябчинский, В. А. Гудков, Е. А. Кравченко. – М. : Академия, 2011. – 256 с.
8. Яхьяев, Н. Я. Безопасность транспортных средств : учебник. – М. : Академия, 2011. – 432 с.
9. Пьядичев, Э. В. Экономика безопасности труда / Э. В. Пьядичев, В. С. Шкрабак, Р. В. Шкрабак. – СПб. : СПбГАУ, 2011. – 240 с.

УДК 658.382

## ДИНАМИКА ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ И ЧИСЛО ПОГИБШИХ И РАНЕННЫХ В НИХ

**Шкрабак Роман Владимирович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Безопасность технологических процессов и производств», ФГОУ ВПО Санкт-Петербургский ГАУ.

196601, Санкт-Петербург-Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2.

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

**Григоров Петр Павлович**, зав. кафедрой «Организация перевозок и технический сервис», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Россия, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

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

**Шатилов Алексей Викторович**, аспирант кафедры «Безопасность технологических процессов и производств», ФГОУ ВПО Санкт-Петербургский ГАУ.

196601, Санкт-Петербург-Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2.

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

**Ключевые слова:** анализ, происшествие, динамика, число, гибель.

*Агропромышленный комплекс характеризуется большим объемом транспортных перевозок. Последние осуществляются автомобилями, тракторами, автотракторными поездами. Значительная часть грузов перевозится железнодорожным и водным транспортом. Имеет место перевозка грузов и воздушным транспортом. К сожалению перевозка всеми видами транспорта сопровождается различными происшествиями, в результате которых могут быть пострадавшие. Цель исследований – снижение числа погибших и раненых в транспортных происшествиях. Приводится сравнительный анализ динамики транспортных происшествий с подвижным составом по перевозке грузов различным транспортом за 1994-2012 гг. и числа погибших и раненых в них, а также сравнительная динамика дорожно-транспортных происшествий за 2000-2012 гг. по стране и Приволжскому федеральному округу в целом и его субъектам.*

Как известно [1, 3], агропромышленный комплекс характеризуется большим объемом транспортных перевозок. Последние осуществляются автомобилями, тракторами, автотракторными поездами. Значительная часть грузов перевозится железнодорожным и водным транспортом. Имеет место перевозка грузов и воздушным транспортом. К сожалению перевозка всеми видами транспорта сопровождается различными происшествиями, в результате которых могут быть пострадавшие. Для уяснения ситуации с указанными проблемами представляет интерес сравнительный анализ динамики транспортных происшествий.

**Цель исследований** – снижение числа погибших и раненых в транспортных происшествиях.

**Задача исследований** – выявить динамику происшествий с подвижным составом и гибели людей при этом и дать их анализ.

В соответствии с данными [2] численность происшествий с подвижным составом представлена в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная динамика числа происшествий с подвижным составом по перевозке грузов различным транспортом за 1994-2012 г.

Вид транспорта	Число происшествий по годам								
	1994	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012
железнодорожный общего пользования	34	7	5	5	3	1	1	4	1
автотракторный на автомобильных дорогах и улицах, всего в тыс.	175	158	223	234	218	204	199	200	204
в том числе по вине водителей автотракторных средств в состоянии опьянения	-	4,3	19,6	15,6	13,6	12,3	11,8	12,3	12,8
морской	31	20	41	36	32	19	25	37	20
внутренний водный	12	2	4	6	1	3	2	2	4
воздушный	59	17	12	23	27	23	24	38	38

Анализ данных таблицы 1 показывает, что по всем анализируемым годам по числу транспортных происшествий на первом месте находится автомобильный (автотракторный) транспорт, на втором месте – морской (до 2009 г.), а с 2009 г. – воздушный, на третьем месте – воздушный (до 2009 г.) и морской после 2009 г. до настоящего времени, на четвертом месте – внутренний водный и на пятом – железнодорожный общего пользования (меняясь местами с внутренним водным в некоторые годы (табл. 1). Обращает на себя внимание тот факт, что число происшествий по годам при использовании автомобильного транспорта, начиная с 2000 г., растет до 2008 г., а затем отмечается неустойчивая стабильность на уровне  $\approx 200$ . Оставляет желать лучшего и динамика транспортных происшествий по вине водителей автотракторных средств в состоянии опьянения (табл. 1). Неблагополучно обстоит дело с транспортными происшествиями на морском и воздушном транспорте. Обращаем внимание, что, к примеру, в 2012 г. число происшествий на автомобильных (автотракторных) дорогах и улицах было в 10 раз больше, чем на морском транспорте, в 5,4 больше, чем на воздушном и в 204 раза больше, чем на железнодорожном. С небольшими отклонениями такая динамика характерна и для остальных лет. В целом отметим, что на всех видах транспорта имеет место (кроме железнодорожного) значительное число происшествий, которые приводят к большому числу погибших (табл. 2).

Динамика числа погибших за те же годы на указанных видах транспорта приведена в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительная динамика числа погибших в транспортных происшествиях при перевозке грузов подвижным составом в России за 1994-2012 гг.

Вид транспорта	Число погибших/раненых по годам при транспортных происшествиях, чел.								
	1994	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012
железнодорожный общего пользования	24/38	3/5	1/1	1/-	-/1	-/-	-/-	2/-	-/-
автотракторный на автомобильных дорогах и улицах, всего, тыс. чел.	35,6/189,9	29,6/179,4	34,9/274,9	33,3/292,2	29,9/270,9	27,7/255,5	26,6/250,6	28/251,8	28/258,6
в том числе по вине водителей автотракторных средств в состоянии опьянения, тыс. чел.	.../...	4,1/28,3	3,2/28,3	2,6/27,7	2,4/19,1	2,3/18,1	2,0/17,3	2,1/17,9	2,1/18,7
морской	2/-	1/2	-/-	1/-	1/1	-/-	10/-	53/2	10/-
внутренний водный	2,3/...	7/...	16/-	7/1	-/-	4/-	3/-	123/-	1/-
воздушный	310/-	20/-	56/-	41/-	143/-	59/16	34/112	139/109	90/52

Анализ данных по погибшим в транспортных происшествиях по годам показывает, что на первом месте находится автотракторный транспорт, в том числе и по причине алкогольного опьянения. На втором месте устойчиво находится воздушный транспорт. Третье место принадлежит внутреннему водному транспорту. Четвертое – морскому, и пятое – железнодорожному общему пользованию.

По числу раненых в транспортных происшествиях первое место занимает автомобильный (автотракторный) парк, в том числе и в состоянии алкогольного опьянения, на втором месте в период 2009-2012 гг. находился воздушный транспорт, железнодорожный транспорт общего пользования занимал третье место, морской – четвертое и внутренний водный – пятое.

Представляет интерес сравнительная динамика числа транспортных происшествий, числа погибших и раненых в январе-сентябре 2012 и 2013 гг. Эти данные приведены в таблице 3.

Сравнительная динамика числа происшествий, погибших и раненых на транспорте в январе-сентябре 2012 и 2013 г. в стране

Вид транспорта	Число происшествий, ед.		Число погибших, чел.		Число раненых, чел.	
	годы		годы		годы	
	2013	2012	2013	2012	2013	2012
Железнодорожный общего пользования	15	...	2	...	3	...
Автотракторный, в тыс.	146,5	150,6	19	20	187,5	192,6
Морской	27	13	1	1	-	-
Внутренний водный	4	1	9	-	49	-
Воздушный	27	30	50	75	26	31

Как видно из таблицы 3, лидирующим является автомобильный транспорт и в 2013 г. как и за рассматриваемый период. Второе место устойчиво занимает воздушный транспорт, на третьем месте – внутренний водный, на четвертом – морской, на пятом – железнодорожный.

Кроме изложенного, в январе-сентябре 2013 г. на транспортных средствах произошло 17,4 тыс. пожаров. В результате уничтожено 7 морских и речных судов, два воздушных судна, 5,9 тыс. ед. автотракторной техники, 9 железнодорожных вагонов. Кроме того, повреждено одно воздушное судно, 109 железнодорожных вагонов, 16,8 тыс. ед. автотракторной техники, 41 морское и речное судно. Как видно, и здесь автотракторная техника лидирует.

Представляет интерес сравнительная динамика числа дорожно-транспортных происшествий за 2000-2012 гг. по России в целом, Приволжском федеральном округе в целом и его субъектам федерации, а также число погибших в них. Эти сведения приведены в таблице 4.

Таблица 4

Сравнительная динамика дорожно-транспортных происшествий за 2000-2012 гг. по Российской Федерации в целом, ее Приволжскому федеральному округу и его субъектам федерации на 100 тыс. чел. населения (в числителе) и числа погибших в них (в знаменателе) на тоже количество людей

Наименование региона	Годы									
	2000	2001	2002	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Российская Федерация	107,5/20,2	112,6/21,2	126,9/22,9	160,2/22,9	163,7/23,3	152,9/21,0	142,6/19,4	139,6/18,6	139,8/19,6	142,2/19,5
Приволжский федеральный округ	100,9/18,9	109,3/20,0	117,5/21,6	151,3/21,3	151,3/22,0	145,3/20,3	136,7/19,2	135,0/18,6	135,1/18,9	140,0/19,3
Республика Башкортостан	95,7/17,1	98,1/17,9	95,5/19,2	139/18,6	136,8/18,0	132,1/16,7	129,9/16,3	126,8/16,2	126,8/17,8	125,0/17,4
Республика Марий-Эл	105,2/23,6	111,8/22,1	115,4/22,1	174,1/24,1	173,3/23,6	169,2/23,3	155,2/22,4	155,6/22,5	142,2/16,6	161,0/21,8
Республика Татарстан	116,5/17,8	129,3/20,1	147,7/22,8	188,3/20,0	159,2/20,4	158,0/18,9	147,4/18,4	141,1/17,6	146,7/18,3	143,8/18,2
Удмуртская Республика	104,8/15,7	106,0/20,7	109,6/17,7	121,6/20,7	119,5/19,7	117,5/19,7	109,7/18,3	109,6/16,6	106,5/19,4	100,4/17,7
Чувашская Республика	93,5/18,8	100,5/19,6	110,1/23,8	147,0/22,5	175,9/26,0	150,7/23,6	139,7/22,4	138,7/23,0	144,1/20,9	165,5/21,3
Пермский край	115,8/21,1	132,8/22,1	131,6/22	152,7/24,3	155,1/23,6	152,5/23	146,9/20,8	146,8/20,1	144,7/21,7	148,1/22,6
Кировская область	111,6/19,0	124,6/18,8	159,2/19,1	193,7/20,9	193,5/20,3	192,6/22,2	166,6/19,5	174,0/16,2	168,4/19,8	158,1/18,2
Нижегородская область	96,4/19,5	103,3/22,5	129,2/23,7	159,7/24,0	181,2/28,0	179,7/23,4	166,2/23,1	167,2/22,8	160,3/20,9	158,3/21,4
Оренбургская область	113,4/22,7	115,5/22,4	120,3/24,3	172,4/22,3	174,5/23,0	163,2/22,4	152,2/20,3	142,4/17,5	132,0/17,1	121,2/18,3
Пензенская область	96,7/20,6	100,3/20,5	103,0/24,2	122,6/22,2	122,2/25,7	122,4/23,5	119,3/19,8	118,6/24,3	132,4/22,1	164,0/21,6
Самарская область	86,0/19,3	113,4/22,5	112,7/22,6	162,5/23,3	161,0/22,1	145,3/18,2	136,1/18,1	132,6/16,5	131,0/15,3	143,1/18,4
Саратовская область	85,1/13,3	82,2/13,3	87,1/17,1	102,2/16,7	106,4/18,3	101,4/16,9	99,7/16,2	99,4/16,3	100,4/17,7	103,9/17,5
Ульяновская область	101,3/22,2	100,9/20,1	101,1/21,6	104,8/20,2	105,2/18,7	98,2/17,9	89,9/16,2	101,8/18,3	124,6/18,0	172,0/16,6

Анализ данных таблицы 4 показывает, что как в стране в целом, так и в Приволжском федеральном округе и его субъектах имеет место стабильный рост числа дорожно-транспортных происшествий. Различия в росте имеет место только в части количественных показателей. Так в стране рост имеет место в 1,32 раза (по сравнению с 2000 г.); в Приволжском федеральном округе рост составляет 1,39 раза. Для субъектов названного федерального округа этот рост составляет соответственно в Республике Башкортостан – в 1,3 раза, в Республике Марий-Эл – в 1,53 раза, в Республике Татарстан – в 1,23 раза, в Удмуртской Республике наметилась стабилизация положения, в Чувашской Республике имеет место рост в 1,77 раза, в Пермском крае – в 1,28 раза, в Кировской области – в 1,42 раза, в Нижегородской области – в 1,64 раза, в Оренбургской области – в 1,07 раза, в Пензенской области – в 1,7 раза, в Самарской области – в 1,6 раза, в Саратовской области – в 1,21 раза, в Ульяновской области – в 1,7 раза.

Как видно из приведенных данных, сложилась весьма неблагоприятная обстановка числа дорожно-транспортных происшествий в Приволжском федеральном округе и его субъектах (осредненно рост составил 39%). Это обстоятельство требует углубленных исследований с целью выявления причин и обстоятельств и поиска эффективных путей профилактики, включая все составляющие стратегии и тактики динамического снижения и ликвидации транспортных происшествий [4-9].

Положительным в рассматриваемом вопросе является менее выраженная динамика роста числа погибших в указанных транспортных происшествиях. Так если в стране в целом в 2012 г. по сравнению с 2000 г. произошло снижение числа погибших на 3,5%, то в Приволжском федеральном округе имеет место рост на 2,1%. Допущен рост числа погибших в следующих субъектах округа: в Республике Татарстан – на 2,2%, в Удмуртской Республике – на 12,7%, в Чувашской Республике – на 13,3%, в Пермском крае – на 7,1%, в Нижегородской области – на 9,7%, в Пензенской области – на 5,3%, в Саратовской области – на 31,5%.

Вместе с тем, в ряде субъектов округа имело место снижение числа погибших в транспортных происшествиях за рассматриваемые годы. Так в Республике Марий-Эл снижение составило 7,7%, в Кировской области – 19,4%, в Самарской области – 4,7%. И тем не менее, и здесь надо усиливать профилактические мероприятия с тем, чтобы иметь более динамичную картину снижения числа погибших в транспортных происшествиях. Одновременно особое внимание должно быть обращено на субъекты, где допущен рост числа погибших в транспортных происшествиях. Методы и средства решения этой проблемы, которые к настоящему времени разработаны, приведены в работах [1, 3-6, 7-9]. Использование этих решений в практике позволит коренным образом улучшить положение дел с транспортными происшествиями, а следовательно, и с числом погибающих в них. Авторам представляется, что арсенал профилактических мероприятий нуждается в пополнении новыми методами и средствами предупреждения дорожно-транспортных происшествий и числа погибающих в них. Уже достигнутый уровень профилактики позволяет ставить вопрос о динамичном снижении указанных показателей и ликвидации их, несмотря на сложности решения этой проблемы. Этому же способствует и сопоставление затрат на профилактику с такими, расходуемые на компенсации травмируемым и семьям погибших, которые осредненно на 1,5-2 порядка выше затрачиваемых на профилактику. Доказательством возможности решения проблемы являются результаты целенаправленных НИР, выполненных трудовохранной научной школой СПбГАУ [4, 5]. В основе их комплекс профилактических мероприятий, включающий нормативно-правовое, организационно-техническое, медико-биологическое, санитарно-гигиеническое, кадровое, инженерно-техническое, эргономическое и социально-экономическое обеспечение безопасности транспортных средств, используемых на дорогах страны.

#### Библиографический список

1. Шкрабак, В. С. Теория и практика обеспечения безопасности дорожного движения в АПК : монография / В. С. Шкрабак, Е. Н. Христофоров, Н. Е. Сакович. – Брянск : Изд-во Брянской ГСХА, 2008. – 285 с.
2. Центр подготовки и повышения квалификации в сфере организации перевозок, управления и технического сервиса на автомобильном транспорте : стат. сб. – Самара, 2013. – 51 с.
3. Григоров, П. П. Организация и безопасность перевозки пассажиров и грузов / П. П. Григоров, А. А. Горбунов ; под. ред. С. С. Калинина. – Самара : Книга, 2013. – 520 с.
4. Шкрабак, В. В. Стратегия и тактика динамичного снижения и ликвидации производственного травматизма в АПК (теория и практика) : монография. – СПб. : СПбГАУ, 2007. – 580 с.
5. Библиографический указатель трудов В. С. Шкрабак. – СПб., 2012. – 315 с.
6. Горбунов, А. А. Транспортная безопасность объектов транспортной инфраструктуры автомобильного транспорта / А. А. Горбунов, П. П. Григоров. – Самара : Книга, 2013. – 152 с.
7. Христофоров, Е. Н. Безопасность транспортных работ в АПК // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. – №6. – С. 55-56.
8. Шкрабак, В. С. Теоретический анализ обеспечения безопасности транспортных работ в АПК / В. С. Шкрабак, Е. Н. Христофоров, Р. В. Шкрабак // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – №5. – С. 46-48.
9. Шкрабак, В. С. Методологические аспекты теоретического обоснования безопасности транспортных работ и технические средства ее реализации / В. С. Шкрабак, Е. Н. Христофоров, Р. В. Шкрабак // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2009. – №3. – С. 55-64.

## Содержание

### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

<i>Петров А.М., Крючин Н.П.</i> Разработка универсальной пневматической сеялки для зерновых, мелкосемянных и трудновысеваемых культур.....	3
<i>Мионов Д.В. (ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА), Мазанко В.Ф. (Институт металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины), Герцикен Д.С. (Институт металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины), Перетяжку П.В. (Педагогический университет им. А. Руссо)</i> Взаимодействие титана и никеля с углеродом при обработке искровыми разрядами в средах, содержащих углерод.....	7
<i>Воронков В.В. (ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. академика Д.К. Беляева)</i> Интенсификация сепарирующей способности прутковых элеваторов картофелеуборочных машин за счет предварительного разрушения клубненосного пласта.....	14
<i>Мионова Т.Ф., Мионова Т.В.</i> Особенности фазообразования и взаимодействия Nb, Mo и Ti со сталями при пластической деформации.....	19
<i>Вдовкин С.В. (ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА), Крючин П.В. (ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА), Исаев Ю.М. (ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина), Семашкин Н.М. (ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА им. П. А. Столыпина)</i> Теоретическое обоснование технологического процесса работы универсального диско-щеточного высевающего аппарата.....	22
<i>Фролов Д.И. (ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ), Курочкин А.А. (ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ), Шабурова Г.В. (ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ)</i> Моделирование процесса удаления ботвы лука рабочим органом ботвоудаляющей машины.....	29
<i>Савельев Ю.А., Крючин А.Н.</i> Результаты исследований физико-механических свойств семян трав.....	33
<i>Милюткин В.А., Долгоруков Н.В.</i> Почвозащитные сельскохозяйственные технологии и техника для возделывания сельскохозяйственных культур.....	37

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

<i>Володько О.С. (ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА), Бажутов Д.Н. (ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА), Молофеев М.В. (ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА), Назарова Н.В. (Самарский ГУПС)</i> Обоснование методов улучшения и оценки критериев работоспособности гидронавесных систем тракторов.....	45
<i>Ленивцев А.Г. (ФГБОУ ВПО Самарский ГАСУ), Бухвалов А.С. (ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА)</i> Влияние герметичности на изнашивание ресурсопределяющих деталей трансмиссий транспортных и технологических машин.....	49
<i>Терентьев В.В. (ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. академика Д. К. Беляева), Аколова О.Б. (ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. академика Д. К. Беляева), Баусов А.М. (ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. академика Д. К. Беляева), Герасимов А.И. (ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. академика Д. К. Беляева), Телегин И.М. (ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. академика Д. К. Беляева)</i> Разработка и исследование антифрикционных и противоизносных дискотических мезогенных присадок для пластичных смазок машин и оборудования.....	53
<i>Приказчиков М.С.</i> Оценка влияния режима трения фрикционных дисков на ресурс гидроподжимных муфт.....	57
<i>Бухвалов А.С. (ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА), Володько О.С. (ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА), Ленивцев А.Г. (ФГБОУ ВПО Самарский ГАСУ)</i> Обоснование рационального режима смазывания опорных катков гусеничного трактора.....	62
<i>Иншаков А.П. (ФГБОУ ВПО МГУ им. Н. П. Огарёва), Курбаков И.И. (ФГБОУ ВПО МГУ им. Н. П. Огарёва), Кувшинов А.Н. (ФГБОУ ВПО МГУ им. Н. П. Огарёва)</i> Способ диагностирования системы воздухоподдачи тракторного дизеля.....	67
<i>Приказчиков М.С.</i> Исследование трибологических свойств минерально-растительной смазочной композиции... <i>Черкашин Н.А., Шигаева В.В., Макарова М.П., Дмитриев Г.Н.</i> Основные направления снижения термических деформаций в головке цилиндров дизеля.....	72
	75

### МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ АПК

<i>Петрова С.С. (ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА), Лянденбургский В.В. (ФГБОУ ВПО Пензенский ГУАС), Коновалов В.В. (ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ)</i> Обоснование параметров канатно-скребкового конвейера.....	78
<i>Коновалов В.В. (ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ), Терюшков В.П. (ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА), Чупшев А.В. (ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА), Коновалов В.В. (ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА)</i> Оптимизация технологических параметров смесителя с комбинированным рабочим органом.....	83

<i>Коновалов В.В. (ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ), Фомин А.С. (ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА), Терюшков В.П. (ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА), Чупшев А.В. (ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА) Оптимизация конструктивно-технологических параметров спирального смесителя-конвейера.....</i>	87
<i>Шкрабак Р.В. (ФГОУ ВПО Санкт-Петербургский ГАУ), Брагинец Ю.Н. (ФГОУ ВПО Санкт-Петербургский ГАУ) Теоретические положения профилактики травматизма в животноводстве.....</i>	92
<i>Григорев П.П. Результаты исследований безопасности, динамики её развития и путей профилактики при перевозке грузов автотранспортом.....</i>	95
<i>Шкрабак Р.В. (ФГОУ ВПО Санкт-Петербургский ГАУ), Григорев П.П. (ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА), Шатилов А.В. (ФГОУ ВПО Санкт-Петербургский ГАУ) Динамика транспортных происшествий и число погибших и раненых в них.....</i>	99

## Contents

### MODERN TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF PLANT GROWING

<i>Petrov A.M., Kruchin N.P.</i> Design of universal pneumatic drill for grain, small seeds and difficultly sowing crops.....	3
<i>Mironov D.V. (FSBEI HVE Samara SAA), Mazanko V.F. (Institute of Metal Physics by NSA Ukraine), Gertsriken D.S. (Institute of Metal Physics by NSA Ukraine), Peretyatku P.V. (A. Russo State University)</i> The interaction of titanium and nickel with carbon by processing of spark discharges in carbon containing media.....	7
<i>Voronkov V.V. (FSBEI HVE Ivanovskaya SAA of academic D.K. Belyaev)</i> Intensification of potato harvesters bar elevators separating ability by preliminary deformation of tuber bearing.....	14
<i>Mironova T.F., Mironova T.V.</i> Phase formation features and Nb, Mo and Ti interactions with steels during plastic deformation.....	19
<i>Vdovkin S.V. (FSBEI HVE Samara SAA), Kryuchin P.V. (FSBEI HVE Samara SAA), Isayev Yu.M. (FSBEI HVE Ulyanovsk SAA of P.A. Stolypin), Semashkin N.M. (FSBEI HVE Ulyanovsk SAA of P. A. Stolypin)</i> Universal disk and brush sowing device operating technological process theoretical justification.....	22
<i>Frolov D.I. (FSBE HVE Penza STA), Kurochkin A.A. (FSBE HVE Penza STA), Shaburova G.V. (FSBE HVE Penza STA)</i> Onions tops removing process modeling by haulm removing machine operating element.....	29
<i>Savelyev Yu.A., Kryuchin A.N.</i> Results of herbs seeds physicommechanical properties researches.....	33
<i>Milyutkin V.A., Dolgorukov N.V.</i> Soil conservation agricultural technology and equipment for crop cultivation.....	37

### EFFICIENCY AND OPERATIONAL RELIABILITY OF FARM MACHINERY

<i>Volodko O.S. (FSBEI HVE Samara SAA), Bazhutov D.N. (FSBEI HVE Samara SAA), Molofeev M.V. (FSBEI HVE Samara SAA), Nazarova N.V. (Samara SUMC)</i> Improving methods justification and performance criteria evaluation of tractors hydraulic systems.....	45
<i>Lenivtsev A.G. (FSBEI HVE Samara SACU), Bukhvalov A.S. (FSBEI HVE Samara SAA)</i> Leaktightness influence for resort determinative parts' wearing in transmissions of transport and engineering machinery.....	49
<i>Terentyev V.V. (FSBE HVE Ivanovo SAA of academician D. K. Belyaev), Akopova O.B. (FSBE HVE Ivanovo SU), Bausov A.M. (FSBE HVE Ivanovo SAA of academician D. K. Belyaev), Gerasimov A.I. (FSBE HVE Ivanovo SAA of academician D. K. Belyaev), Telegin I.M. (FSBE HVE Ivanovo SAA of academician D. K. Belyaev)</i> Developing and research of antifrictional and non-wear disk-like mesogene additives for plastic greasings of machines and equipment...	53
<i>Prikazchikov M.S.</i> Assessment of frictional disks mode influence for the friction clutches resource.....	57
<i>Bukhvalov A.S. (FSBEI HVE Samara SAA), Volodko O.S. (FSBEI HVE Samara SAA), Lenivtsev A.G. (FSBEI HVE Samara SACU)</i> The basis of tractors' track rollers efficient lubrication mode.....	62
<i>Inshakov A.P. (FSBEI HVE Mordovia SU of N.P. Ogaryov), Kurbakov I.I. (FSBEI HVE Mordovia SU of N.P. Ogaryov), Kuvshinov A.N. (FSBEI HVE Mordovia SU of N.P. Ogaryov)</i> The diagnostics system of tractor diesel air supply.....	67
<i>Prikazchikov M.S.</i> Research of tribological mineral and vegetable lubricating compositions properties.....	72
<i>Cherkashin N.A., Shigayeva V.V., Makarova M.P., Dmitriyev G.N.</i> Main directions of decrease in the thermal deformations in the diesel cylinders head.....	75

### MACHINES IN SPECIALIZED TECHNOLOGIES OF AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEX

<i>Petrova S.S. (FSBEI HVE Samara SAA), Lyandenbursky V.V. (FSBE HVE Penza SUAB), Konovalov V. V. (FSBE HVE Penza STA)</i> Justification of the cable scraper conveyor parameters.....	78
<i>Konovalov V.V. (FSBE HVE Penza STA), Teryushkov V.P. (FSBE HVE Penza SAA), Chupshev A.V. (FSBE HVE Penza SAA), Konovalov V.V. (FSBE HVE Penza SAA)</i> Mixer with combined working bodies technological parameters optimization.....	83
<i>Konovalov V.V. (FSBE HVE Penza STA), Fomin A.S. (FSBE HVE Penza STA), Teryushkov V.P. (FSBE HVE Penza SAA), Chupshev A.V. (FSBE HVE Penza SAA)</i> Optimization of spiral mixer-pipeline constructive-technological parameters.....	87
<i>Shkrabak R.V. (FSEI HPE St. Petersburg SAU), Braginets Yu.N. (FSEI HPE St. Petersburg SAU)</i> Theoretical thesis of animal injury prevention.....	92
<i>Grigorov P.P.</i> Results of security, its development and prevention dynamics for freight transport ways.....	95
<i>Shkrabak R.V. (FSEI HPE St. Petersburg SAU), Grigorov P.P. (FSBEI HVE Samara SAA), Shatilov A.V. (FSEI HPE St. Petersburg SAU)</i> Dynamics of transport incidents and death toll and wounded in them.....	99

## Abstracts of articles

### MODERN TECHNOLOGIES AND MEANS OF PLANT GROWING MECHANIZATION

UDK 631.331

#### DESIGN OF UNIVERSAL PNEUMATIC DRILL FOR GRAIN, SMALL SEEDS AND DIFFICULTLY SOWING CROPS

Petrov A. M., cand. of techn. sciences, prof., head of the «Agricultural machines and mechanization of animal husbandry» department, FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelskiy, Sportivnaya, 8-a str.

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

Kruchin N. P., dr. of techn. sciences, prof., head of the «Mechanics and engineering graphics» department, FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelskiy, Sportivnaya, 8-a str.

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

Keywords: row, sowing, drills, device, seeds, quality, design.

The purpose of the research is the universal drill efficiency improving by its constructive-technological scheme designing. In modern plant growing energy saving technologies play the extremely important role. Such one of the major perspective and priority directions demands using of new generation farm machines providing high quality of activity for all technological operations, including sowing. The design of machines has to be developed taking into account the requirements of multifunctionality, power consumption and resource-saving, and layout schemes of these machines have to correspond block modular to functioning. For sowing grain, tiny seeds and difficulty sowing crops the mounted universal pneumatic group dosing drill with width of 4.5 m and modular principle of functioning is developed. The coefficient of intervals variation between seeds for the experimental sowing amounted to:  $v = 87\%$  (goat's Rue East, seeds soaked);  $v = 68\%$  (goat's Rue East, seeds dry),  $v = 75\%$  (buckwheat),  $v = 73\%$  (wheat), and for crops serial seeder this figure is the average for the above-mentioned crops amounted to 112%. When the seeding rate up to 15 kg/ha, reel-to-reel machines drill SZT-3.6 does not provide soaked seeds seeding. The quantity of grains embedded in the soil by experimental drill with combined openers in given horizon depth is 83%. Disc openers drills SZT-3.6 laid in the given horizon 65% of seeds. It is established that the experimental machine ensures the implementation of the technological process drill seeding of crops with different physical-mechanical seeds properties with the necessary operational and agronomic performance.

#### Bibliography

1. Ivzhenko, S. A. the Increase of soil fertility, using resource-saving technologies and technical means for cultivating grain crops / S. A. Ivzhenko, A. M. Maradudin, P. V. Tarasenko // Bulletin of the Saratov SAU of N. I. Vavilov. – 2013. – №2. – P. 50-53.
2. Bulavintsev, R. A. Substantiation of the design process parameters reel-pin seed grain drills : thesis for the degree of cand. of technical sciences : 05.20.01 / Bulavintsev Roman Alekseevich. – M. : MSAU, 2006. – 19 p.
3. Petrov, A. M. Substantiation of the sowing and settings pin seed distributor pneumatic drill technology for sowing soaked seeds of goat's Rue East : dis. ... cand. of techn. sciences : 05.20.01 / Petrov Alexander Mikhailovich. – Saratov, 1994. – 214 p.
4. Pat. 2142685 Russian Federation, the Seed distributor / Kruchin N. P., Petrov A. M., Larionov J. V. [et al.]. – № 98107606/13 ; appl. 21.04.98 ; publ. 20.12.99, Bul. № 35. – 10 p. : ill.
5. Pat. 2081546 Russian Federation. Device for seeding / Kirov A. A., Kruchin N. P., Petrov A. M. [et al.]. – № 93003545/13 ; appl. 21.01.93 ; publ. 20.06.97, Bul. № 17. – 6 p. : ill.
6. Pat. 2053624 Russian Federation. Coulter drill for small grain crops / Kirov A. A., Kruchin N. P., Kuzin L. M. [et al.]. – № 92005219/15 ; appl. 11.11.92 ; publ. 10.02.96, Bul. № 4. – 6 p. : ill.
7. Kruchin, N. P. Efficiency of the distribution and transportation systems pneumatic seeding machines increasing : monograph. – Samara : PC SSAA, 2008. – 176 p.
8. Pat. 2104627 Russian Federation. Device for fastening Coulter drill / Kirov A. A., Kruchin N. P., Larionov J. V. – № 94004108/13 ; appl. 08.02.94 ; publ. 20.02.98, Bul. № 5. – 10 p. : ill.
9. Kruchin, N. P. Development and validation of horizontal pneumatic sowing grass seed spreader parameters // Bulletin Samara SAA, 2010. – № 3. – P. 21-23.
10. Laryushin, N. P. Results of laboratory reel seed distributor / N. P. Laryushin, A. V. Chukov, A. C Fedina // Niva Povolzhya. – 2009. – №1. – P. 77-82.

## THE INTERACTION OF TITANIUM AND NICKEL WITH CARBON BY PROCESSING OF SPARK DISCHARGES IN CARBON CONTAINING MEDIA

Mironov D. V., cand. of physics and mathematics sciences, head of the department «Mathematical methods and information technology», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelskiy, Uchebnaya, 2 str.

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

Mazanko V. F., dr. of techn. sciences, head of G. V. Kurdyumov «Non-stationary mass transaction» department, Institute of Metal Physics by NSA Ukraine.

03680, Ukraine, Kiev, Academican Vernadsky blvd., 36.

E-mail: [vmazanko@imp.kiev.ua](mailto:vmazanko@imp.kiev.ua)

Gertsriken D. S., cand. of physics and mathematics sciences, senior scientist staff of head of the G. V. Kurdyumov «Non-stationary mass transaction» department, Institute of Metal Physics NSA Ukraine.

03680, Ukraine, Kiev, Academican Vernadsky blvd., 36.

E-mail: [dina\\_izotop@mail.ru](mailto:dina_izotop@mail.ru)

Peretyatku P. V., cand. of techn. sciences, senior teacher of A. Russo State University.

3100, Moldova, Balti, Pushkina, 38 str.

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

**Keywords:** spark discharges, alloying, phase, diffusion.

Research objective is interaction of metals and gaseous and liquid environments initial covering metals under the influence of spark categories. Methods layered radiometric analysis of micro-, macro - and electron microscope of autoradiography, x-ray, x-ray spectrum and microdynamical analyses phase composition were formed by electric-spark alloying coverage and diffusion zone between the coating and the substrate, the length of diffusion zone and localization of alloying atoms when machining Titanium and Nickel in environments containing carbon. The role of the density and the physical state of the environment in the penetration and dissolution of carbon atoms is shown. Mechanical properties of the processed materials are defined. The work was carried out using three environments in different states of aggregation, containing various amounts of carbon. Diffusion alloying element (carbon) and atoms of basic metals (Nickel, titanium), and phase composition of the formed coating were considered by metals subjected to ESA in gaseous media: methane CH<sub>4</sub> and carbon dioxide CO<sub>2</sub> in the chamber pressure of 0.1 MPa, and carbon-containing liquid environment glycerine. For galvanic coatings electrolytes and modes of application, allowing to receive layers gloss, with good adhesion, constanting thickness and composition throughout the treated surface. Processing of samples spark discharges and coating was carried out at the installation of Elitron-22. In experiments contactless method of doping was used, which ranged value of the interelectrode gap  $l_{ig}$  from 0.5 to 2 mm. Experiments were performed in a special chamber where we put the appropriate environment. It is established that the application of the original multicomponent coatings and use of liquid and gaseous media with high contenting of carbon in combination with carbon anode in the process spark alloying metals allows to give the near-surface layers of Titanium and Nickel new properties that provide the necessary performance.

### Bibliography

1. Tyshkievich, V. M. Features of multicomponent formation titanium coating alloy VT-20 for electrospark alloying / V. M. Tyshkievich, D. S. Gertsriken, V. M. Fal'chenko, A. I. Yanovich // Bulletin Cherkassk State University. – 1999. – №9. – P. 16-23. – (Ser. «Physical and mathematical»).
2. Arsenic, V. V. Influence of electroscrap treatmet for Molibdenum coating of steel 20 / V. V. Arsenuk, D. S. Gertsriken, V. F. Mazanko [et al.] // Metaloplast obrobka metals. – 2002. – №4. – P. 3-8.
3. Mazanko, V. F. Influence of gas protection form sales electroshchit leguana / V. F. Mazanko, E. V. Ivashchenko, S. P. Vorona, K. M. Xranovska // Fico-HMON mechanics materials. – 2008. – №44 (2). – P. 117-119.
4. Gertsriken, D. S. Interactions of iron with gases by air under really spark discharges / D. S. Gertsriken, V. F. Mazanko, Chao Shenju [et al.] // Interaction of radiation with solids-smoke body : mat. of the 8th International conference. – 2009, 23-25 Sept. – Minsk : Publishing centre of BSU, 2009. – P. 24-26.
5. Gertsriken, D. S. Interaction of copper with gases by air under the action of spark discharges / D. S. Gertsriken, V. F. Mazanko, Chao Shenju [et al.] // Interaction of radiation with solids : mat. 8-th International conference. – 2009, 23-25 Sept. – Minsk : Publishing centre of BSU, 2009. – P. 27-29.
6. Gertsriken, D. S. Interaction of Nickel and molybdenum with gases by air under the action of spark discharges / D. S. Gertsriken, V. F. Mazanko, Chao Shenju [et al.] // Actual problems of strength : proceedings of the 50 International Symposium. – 2010, 27 Sept. – 1 Oct. – Vitebsk : Publishing center of the Institute of technical acoustics of national Academy of Sciences of Belarus, 2010. – Vol. 2. – P. 164-167.
7. Verkhoturov, A. D. Technology ESA metal surfaces. – Kiev : Tekhnika, 1982. – 181 p.
8. Hranov's'ka, K. M. Massoperenosa, structure Vazov SMN at salt MD when their Legoland for minds temperaturnykh grant. : thesis for the degree. ... cand. of techn. sciences / Hranov's'ka Kateryna Mikolaevna. – Kiev : Institute metallic of G. V. Kurdyumov of NAS of Ukraine, 2009. – 21 C.

9. Koval', Yu. N. Crystal structure of metals and alloys / Yu. N. Koval', O. M. Barabash. – Kiev : Naukova Dumka, 1986. – 599 p.

UDK 631.358.459(088.8)

### INTENSIFICATION OF POTATO HARVESTERS BAR ELEVATORS SEPARATING ABILITY BY PRELIMINARY DEFORMATION OF TUBER BEARING

Voronkov V. V., senior teacher of the «Tractors and agricultural machinery» department, FSBEI HVE Ivanovskaya SAA of academic D. K. Belyaev.

153022, Ivanovo, Tashkentckaya str., house 77.

E-mail: [voronkov58@list.ru](mailto:voronkov58@list.ru)

**Keywords:** stalk, elevator, separation, soil, biter, apron, trajectory.

The purpose of researches is separating ability of potato-harvesters stalk elevators increase due to preliminary destruction of tuberiferous layer. For this it is necessary to intensify the process of separation with steam elevators sweepers. This problem can be solved by breaking soil clods in repositories tuber bearing to separability sizes. Due to insufficient activity space core elevator is not able to solve this problem completely. In this regard, the article discusses the use of additional devices used for deformation of tuber bearing layer at the stage of exit from the working parts of undermining sections of potato harvesters. The best way to destruct soil clods is dynamic impact for them with the working parts of such devices. The design of active beater with flexible rods, which are planted with spherical strikers having an elastic surface is suggested. This allows to provide the destruction of soil clods with the least effort and strains that minimizes the defectiveness of potato tubers. To maximize the effective surface area of bar elevator the graph-analytical method of location installation of rubberized apron serving to dampen the kinetic energy of tuber bearing layer by elements with active beater is based.

#### Bibliography

1. Tubolev, S. S. Mashinotechnologies and machinery for potato production / S. S. Tubolev, S. I. Shelomentsev, K. A. Pshechenkov [et al.] ; under ed. N. N. Kolchina. – M. : Agrosplas, 2010. – 316 p. : ill.
2. Kolchin, N. N. Complex of machines and equipment for postharvest processing of potatoes and vegetables. – M. : Mashinostroenie, 1982. – 268 p. : ill.
3. Tubolev, S. S. Domestic potato need modern technology and mechanized machines // Potatoes and Vegetables. – 2006. – №6. – P. 3-5.
4. Pryamov, V. V. Efficiency of potato and vegetables of different types of machines / V. V. Pryamov, K. A. Pshechenkov, S. V. Maltsev, N. N. Kolchin // Potatoes and Vegetables. – 2012. – №4. – P. 3-5.
5. Tubolev, S. S. Application of machine technologies for potato production in Russia / S. S. Tubolev K. A. Pshechenkov, N. N. Kolchin // Potatoes and Vegetables. – 2007. – №5. – P. 3-6.
6. Alesenko, V. M. By definition, the linear velocity of the separation of the elevator, located behind the blade beater // Mechanization and Electrification of Agriculture : National Interagency thematic scientific and technical collection. – Minsk : Urojaj, 1970. – Vol. 8. – P. 144-149.
7. Soloduhin, A. P. Study the effectiveness of strike to destroy the potato patch // Tr. TSNIIMESKH NC USSR. – 1964. – Vol. 3. – P. 56-67.

UDK 539.219.3:53.09

### PHASE FORMATION FEATURES AND Nb, Mo AND Ti INTERACTIONS WITH STEELS DURING PLASTIC DEFORMATION

Mironova T. F., cand. of physical and mathematical sciences, associate prof. of the department «Physicist», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Uchebnaya, 2 str.

E-mail: [tmironova51@mail.ru](mailto:tmironova51@mail.ru).

Mironova T. V., cand. of physical and mathematical sciences, associate prof. of the department «Physicist», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Uchebnaya, 2 str.

E-mail: [mirt\\_777@mail.ru](mailto:mirt_777@mail.ru).

**Keywords:** phase formation, metal, radioactive, isotopes, plastic, deformation.

The purpose of research – to improve the quality of welded joints based on refractory metals. Experiments were carried out on 10 mm diameter cylinder samples 10 mm in height, made of pure metal. Saturation of the samples used as the carbon source, carried out in solid carburizer BaCO<sub>3</sub>, further comprising radioactive <sup>14</sup>C, at 1253 K for 2 hours. Deformation process was realized with the help of impact falling load up to two pre-heated samples. Penetration of Metals atoms into steel and refractory metals were fixed using radioactive isotopes <sup>44</sup>Ti, <sup>55</sup>Fe, <sup>95</sup>Nb, <sup>63</sup>Ni. The results of experimental researches for phase formation

and interactions of metals with steel under plastic deformation with deformation velocity  $250 \text{ s}^{-1}$  are presented. It is shown that during plastic deformation with pulse welding metals with refractory steels there are milliseconds partial decomposition of cementite steel and redistribution of carbon in solid solution. It was found that carbides formed niobium, molybdenum and titanium under pulsed exposure, have different morphology. The solid solution of carbon in metals uniformly distributed in the plane parallel to the surface, while the interstitial phase are located near the grain and interphase boundaries.

#### Bibliography

1. Mazanko, V. F. Diffusion processes in metals under the action of magnetic fields and pulsed deformation : in 2 v. Vol. 2 / V. F. Mazanko, A. V. Pokoev, V. M. Mironov [et al.]. – M. : Machine-building, 2006. – 320 p.
2. Petushkov, V. G. Using explosion in welding technology. – Kiev : Naukova Dumka, 2005. – 754 p.
3. Lashchenko, G. I. Arc welding steel methods with consumable electrode. – Kiev : Ecotechnology, 2006. – 384 p.
4. Kharchenko, G.K. Stainless steel-aluminum adapters manufacturing using welding process under pressure in vacuum method / G. K. Kharchenko, Y. V. Falchenko, V. E. Fedorchuk [et al.] // Automatic welding. – 2012. – №1. – P. 30-32.
5. Neklyudov, I. M. Compound dissimilar metal formation features for welding by hot rolling in vacuum / I. M. Neklyudov, B. V. Borts, V. I. Tkachenko // Automatic welding. – 2011. – №8. – P. 31-37.
6. Bobyr', S. V. Analysis of the graphitization process in iron alloys using thermodynamics of irreversible processes // Physics of Metals and Advanced Technologies. – 2013. – Vol. 35, iss. 2. – P. 199-208.
7. Panin, A. V. Plastic deformation features and commercial titanium and mild steel destructions subjected to ultrasonic treatment // The Physics of Metals and Metallography. – 2004. – Vol. 98, №1. – P. 109-118.

UDK 631.33

### UNIVERSAL DISK AND BRUSH SOWING DEVICE OPERATING TECHNOLOGICAL PROCESS THEORETICAL JUSTIFICATION

Vdovkin S. V., cand. of techn. sciences, associate prof. of the department «Mechanics and engineering graphics», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Uchebnaya, 8-a str.

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

Kryuchin P. V., cand. of techn. sciences, assistant of the department «Electrification and Agrarian and Industrial Complex Automation», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Uchebnaya, 8-a str.

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

Isayev Yu. M., dr. of techn. sciences, prof., head of the department «Mathematics and physics», FSBEI HVE Ulyanovsk SAA of P. A. Stolypin.

432017, Ulyanovsk, Novy Venets Boulevard, house 1.

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

Semashkin N. M., cand. of techn. sciences, associate prof. of the department «Mathematics and physics», FSBEI HVE Ulyanovsk SAA of P. A. Stolypin.

432017, Ulyanovsk, Novy Venets Boulevard, house 1.

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

Keywords: device, disk, roller, screw, particle, seeds.

Research objective – theoretically proving of universal disk and brush sowing device operation technological process. On the basis of universal sowing devices analysis on «Mechanics and Engineering Graphics» chair of the Samara SAA the disk and brush sowing device was developed for seeding of seeds with various physicomachanical properties. The description of the constructive and technological scheme and process of operation of the universal disk and brush sowing device is presented in article (the patent Russian Federation for the invention No. 2452166). For ensuring steady transportation of seed material from the bunker to the seedputting roller process of seed material transportation by sowing disk is investigated and expression allowing to establish dependence of angular speed of sowing disk rotation for constructive and technological parameters at which steady transportation of seed material from the bunker to the seedputting roller will be provided is received. As process of movement of seeds by elastic elements of the seedputting roller for surface of sowing disk as a result which was received the differential equation describing movement of seed material of particle by screw surface of the seedputting roller by sowing disk in funnel seed pipe was investigated. As a result of theoretical researches the analytical expression establishing functional dependence of angular speed of rotation of the sowing disk from constructive and technological parameters at which steady transportation of seed material from the bunker to the seedputting roller and the differential equation, movement of seed material particle by screw surface of the seedputting roller for sowing disk in funnel seed pipe will be provided was received.

#### Bibliography

1. Grigoryev, A. M. Screw conveyors. – M. : Mechanical engineering, 1972. – 185 p.
2. Zenkov, R. L. Mechanic of bulk cargoes. – M. : Mashgiz, 1952. – 215 p.

3. Kryuchin, N. P. Constructive and regime parameters influence of the seedputiig roller for quality of work sowing device / N. P. Kryuchin, P. V. Kryuchin // the Contribution of young scientists to agrarian science of the Samara region : collection of scientific. – Samara : PC SSAA, 2011. – P. 99-101.
4. Kryuchin, N. P. Sowing device development for seeding of seeds with various physicomechanical properties / N. P. Kryuchin, P. V. Kryuchin // News of the Samara state agricultural academy. – Samara : PC SSAA, 2010. – №3. – P. 42.
5. Kryuchin, N. P. Results of pilot studies of the disk and bayonet sowing device / N. P. Kryuchin, S. V. Safonov, P. V. Kryuchin // Bulletin Samara SAA. – Samara : PC SSAA, 2007. – №3. – P. 36-37
6. Kryuchin, N. P. Theoretical justification of elastic elements of parameters of the seedputing roller / N. P. Kryuchin, S. V. Vdovkin, P. V. Kryuchin // Bulletin Samara SAA. – Samara : PC SSAA, 2012. – №3. – P. 25.
7. Kryuchin, N. P. The universal sowing device / N. P. Kryuchin, P. V. Kryuchin // Rural machine operator. – 2011. – №11. – P. 8.
8. Kryuchin, P. V. Research of seeding by the disk and brush sowing device // Science and youth: new ideas and decisions : mat. V International scientific and practical conference of young researchers / FSBEI HVE Volgograd SAA. – Volgograd, 2011. – Vol. III. – P. 259-262.
9. Muhin, S. P. About creation of universal sowing equipment // Equipment in agriculture. – 1997. – №3. – 22 p.
10. Pat. 2452166 Russian Federation. The sowing device / Kryuchin N. P., Vdovkin S. V., Kryuchin P. V., Kotov D. N. – № 2010152159/13 ; appl. 20.12.10 ; publ. 10.06.12, Bul. № 16. – 6 p.

UDK 631.352.99

### ONIONS TOPS REMOVING PROCESS MODELING BY HAULM REMOVING MACHINE OPERATING ELEMENT

Frolov D. I., cand. techn. sciences, associate prof. of the department «Food productions», FSBE HVE Penza STA.  
440014, Penza region, Penza, Botanicheskaya, 30 str.

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

Kurochkin A. A., dr. techn. sciences, prof. of the department «Food productions», FSBE HVE Penza STA.  
440014, Penza region, Penza, Botanicheskaya, 30 str.

E-mail: [anatolij\\_kuro@mail.ru](mailto:anatolij_kuro@mail.ru)

Shaburova G. V., cand. techn. sciences, associate prof. of the department «Food productions», FSBE HVE Penza STA.  
440014, Penza region, Penza, Botanicheskaya, 30 str.

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

Keywords: haulm removing, machine, leaf and stalk, mass, haulm, onion.

The purpose of research – to prove the optimum parameters of vegetable onions tops removal process by operating element of the haulm removing machine in vitro. To resolve this problem, remove the weed to the cleaning of design and manufactured model of the haulm removing machine leaf-and-stalk mass removal devices before cleaning, laboratory studies which were conducted for the soil. For mathematical model of the process of removing the tops of onions, which takes into account the combined effect of the factors on the effective work of the cutter error is, and determine the optimal combinations of parameters, was used to plan the multifactorial experiment. In the study of the process of removing the tops of onions identified factors that influence the work process. Originally there were 12 more than that characterized design and operating parameters of a working body cutter error is, technological conditions of the process, as well as the physical and mechanical properties of onions. Experimental data processing started with their graphic representation on the original diagram. The degree of influence of factors was estimated by the difference in the median values of the pilot data of the upper and lower levels of the factors and the number of available points. On these soils was been allocated 4. When processing the results of the screening experiment got linear equation describing the surface response in terms of completeness, remove tops of onions and weeds. Built a mathematical model of the process of removing the tops of Luke working organ of the haulm removing machine in the laboratory has the following significant factors influencing the removal of foliage full of onions and weeds: the frequency of rotation of a working body, the installation height of the working body on the surface, the angle of the blades.

#### Bibliography

1. Laryushin, N. P. Optimal parameters of top removing working member of cutter for leaf-and-stalk mass / N. P. Laryushin, A. M. Laryushin, D. I. Frolov // Tractors and agricultural machines. – 2010. – №2. – P. 15-17.
2. Laryushin, N. P. Cleaning without delay / N. P. Laryushin, A. M. Laryushin, D. I. Frolov // Rural machine operator. – 2007. – №7. – P. 48-49.
3. Frolov, D. I. Development of cutter error is tops of onions and weeds with substantiation of constructive and operational parameters : dis. ... cand. of techn. sciences : 05.20.01 / Frolov Dmitry Ivanovich. – Penza, 2008. – 153 p.
4. Frolov, D. I. Substantiation of the haulm removing machine operating element rotation optimum frequency / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova // Bulletin Samara SAA. – 2013. – №3. – P. 18-23.
5. Frolov, D. I. Development of cutter error is tops of onions and weeds with substantiation of constructive and operational parameters: candidate of technical sciences dissertation author's abstract : 05.20.01 / Frolov Dmitry Ivanovich. – Penza, 2008. – 18 p.

6. Laryushin, N. P. Substantiation of constructively operation characteristic plant-top removing machine by laboratory research / N. P. Laryushin, A. M. Laryushin, D. I. Frolov // *Niva Povolzhya*. – 2008. – № 2 (7). – P. 46-51.

7. Kurochkin, A. A. The regulation of the structure of extrudates of vegetable raw materials / A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov, P. K. Voronina // *Bulletin Samara SAA*. – 2013. – №4. – P. 94-99.

UDK 631.33.022.96:633.21

## RESULTS OF HERBS SEEDS PHYSICOMECHANICAL PROPERTIES RESEARCHES

Savelyev Yu. A., dr. of techn. sciences, prof. of the department «Agricultural machines and mechanization of animal husbandry», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelskiy, Sportivnaya, 8-a str.

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

Kryuchin A. N., post-graduate student of the department «Agricultural machines and mechanization of animal husbandry», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelskiy, Sportivnaya, 8-a str.

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

**Keywords:** dispensing, meadow grass, device, arch, flowability, seeding.

The research purpose is constructive and technological parameters optimization of disk dowel sowing device determination of physicomechanical properties of grass seeds. The self-propelled pneumatic mini-seeder equipped with the special sowing device for dispensing of hardly loose and coherent sowing materials is developed for crops of herbs in selection production, such as seeds of long-term herbs, in particular, seeds of meadow grass. The meadow grass thanks to climatic resistance and mechanical influences is applied as a part of the grass mixer majority fodder to formation of highly productive long-term pasturable grasses. However, meadow grass crops are difficult because of its seeds features. Quality of dosing and pneumotransporting systems of seeders significantly depends on the sizes and form of seeds. For constructive and technological parameters optimization of developed sowing device the physicomechanical properties of meadow grass seeds were investigated. Measurements results of longness, width and thickness of grain are given in article. The volume mass of bulk, and as average value of mass of 1000 seeds is determined. Researches of frictional properties of meadow grass seeds and grass mixer fodder which partly seeds of fescue meadow and red, meadow grass and ryegrass are conducted. The dynamic corner of natural slope, coefficient of flowability and collapse corner (static corner of a natural slope) are defined. Charts of tension in loose bodies on which average values of corners and coefficients of meadow grass seeds friction and grass mixer seeds fodder are established. The data obtained during laboratory researches on dimensional and mass characteristics and frictional properties of meadow grass seeds will be considered at the mathematical description of dispensing and of process constructive and technological parameters of the sowing device during laboratory researches of process.

### Bibliography

1. Grass mixer fodder for laying of long cultural haymaking and pastures [Electronic resource]. – Mode of access: [http://agroprogress.ru/category\\_72.html/](http://agroprogress.ru/category_72.html/) (address date: 1.05.2014).
2. Meadow grass meadow [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.apkkolos.ru/index.php?option=comcontent&view=article&id=112&Itemid=121/> (address date: 1.05.2014).
3. Pat. 125430 Russian Federation. Self-propelled pneumatic Mini-seeder / Kryuchin N. P., Safonov S. V., Kotov D. N., Kryuchin A. N. – № 2012136414 ; appl. 24.08.12 ; publ. 10.03.2013, Bul. № 7. – 2 p.
4. Pat. 133677 Russian Federation. The sowing Device / Savelyev Yu. A. Kryuchin N. P., Kotov D. N., Kryuchin A. N. – № 2013121148 ; appl. 7.05.13 ; publ. 27.10.2013, Bul. № 30. – 2 p.
5. Dzenike, E. V. Warehousing and release of bulks / under ed. M. I. Agoshkova. – M. : World, 1968. – 163 p.
6. Pershina, S. V. Weight dispensing of granular materials / S. V. Pershina, A.V. Katalymov, V. G. Odnolko, V. F. Pershin. – M. : Mechanical engineering, 2009. – 260 p.
7. Technological properties of seeds [Electronic resource]. – Mode of access: <http://mehanik-ua.ru/lektcii-po-mtsskhm/178-tehnologicheskie-svoystva-semyan.html/> (address date: 1.05.2014).
8. C. c. 1226000 USSR, MKI3 G 01 V 3/56. The device for bulks natural slope definition of corners / V. F. Pershin, E. A. Mandryka, A. N. Tsetovich (USSR). – № 3776750/25-28 ; appl. 30.07.84 ; publ. 23.04.86, Bul. № 15. – 2 p.
9. C. c. 1295201 USSR, MKI3 G 01 V 5/24. The device for measurement of collapse and natural slope corners / V. F. Pershin, E. A. Mandryka, V. C. Molochkov, A. N. Tsetovich (USSR). – № 3950780/25-28 ; appl. 10.09.85 ; publ. 07.03.87, Bul. № 9. – 4 p.

Milyutkin V. A., dr. of techn. sciences, prof., head of the department «Equipment and automation of processing industries», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Uchebnaya, 2 str.

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

Dolgorukov N. V., cand. of techn. sciences, associate prof. of the department «Higher Mathematics», FSBEI HVE Samara SAA. 446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Sportivnaya, 8-a str.

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

**Keywords:** technologies, equipment, soil defense, stubble, moisture savings, drought.

The purpose of researches is proving analytical indicator of soil-protective technologies efficiency by stubble soil shelter and to develop technical means for the Strip-Till technology. In the article the soil-protective technologies of crops cultivation with use of stubble and the vegetable remains for solar radiation reflection and an overheat of the soil, reduction of unproductive loss of moisture are considered. For an assessment of soil-protective efficiency the coefficient of shelter  $K_u$  on the stubble surface and the vegetable remains is entered: by full shelter at least in one layer of  $K_u=1$ , in the presence of  $K_u$ 's separate open sites  $<1$ , by surface shelter the vegetable remains in  $K_u$ 's some layers  $>1$ . Repeating abnormal years for climatic manifestations (drought, lack of soil moisture, etc.) demand continuous improvement cultivation of the crops technologies reducing negative adverse weather circumstances. For effective use of the Strip-Till technology which is development for the No-Till technology, the adapter to all designs of grain harvesters – the simple design which isn't changing the basic device of harvester, and the adapter to crushing of straw and its scattering seeder is developed and tested for educated strips, for the soil and crops protection against an overheat and unproductive losses of moisture.

#### Bibliography

1. Volga region Agro : the modern magazine about effective agriculture. – Ulyanovsk, 2013. – №10. – P. 30.
2. Suhorukov, A. F. Of grade of winter wheat Selection of the Samara NIISH of N. M. Tulaykov // Volga region Agro. – Ulyanovsk, 2013. – P. 48-49.
3. Serzhanov, I. M. Spring-sown field in northern part of the forest-steppe of the Volga region / I. M. Serzhanov, F. Sh. Shaykhutdinov. – Kazan, 2013. – 250 p.
4. Demand for the invention №2014106512. Universal Harvester / Strebkov N. F. Milyutkin V. A. – appl. 20.02.2014.
5. Pat. № 2492614 Russian Federation, MPK A01S 7/00. Sowing Unit / Milyutkin V. A. Strebkov N. F. – № 2012107363/13 ; appl. 28.02.12 ; publ. 20.08.13, Bul. № 26. – 5 p.
6. The best decision for production – system of strip processing of the soil and full preseeding preparation for one pass // Euroequipment of MPS [Electronic resource]. – Mode of access: <http://Service@egps.ru> (address date: 20.03.2014).
7. Sergeev, N. Obmolot on a root: technology of tow // Resource-saving agriculture. – 2013. – №2 (18). – P. 27-30.
8. Milyutkin, V. A. Harvester – cleaner of cereals / V. A. Milyutkin, N. F. Strebkov // Machinery and the equipment for the village. – 2011. – №1. – P. 30-31.

# EFFICIENCY AND OPERATIONAL RELIABILITY OF FARM MACHINERY

UDK 620.179.12

## IMPROVING METHODS JUSTIFICATION AND PERFORMANCE CRITERIA EVALUATION OF TRACTORS HYDRAULIC SYSTEMS

Volodko O. S., cand. of techn. sciences, associate prof., head of the department «Tractors and Lorries», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Uchebnaya, 2 str.

E-mail: [volodko-75@mail.ru](mailto:volodko-75@mail.ru)

Bazhutov D. N., engineer of research laboratory of the department «Tractors and Lorries», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Uchebnaya, 2 str.

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

Molofeev M. V., post-graduate student of the department «Tractors and Lorries», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Uchebnaya, 2 str.

E-mail: [max19899891@yandex.ru](mailto:max19899891@yandex.ru)

Nazarova N. V., cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Mechanics», Samara SUMC. 446442, Samara, lane Bezymyannyi, 1-nd, 18.

E-mail: [max19899891@yandex.ru](mailto:max19899891@yandex.ru)

**Keywords:** criterion, operability, hydraulic system, filtering, wear, resource.

The aim of the article is tractors hydraulic system methodological justification of improving and performance criteria evaluation ways. Based on the goal of the study the following task was identified– to justify the methodological stages of the research criteria for assessing all system the main elements efficiency; to assess the efficiency of modernization of the tractor hydraulic system using centrifugal cleaner and alternative working herbal based liquid. The structure of hydraulic system was substantiated in the form of basic elements: the hydraulic fluid with bifunctional role of lubricant and hydraulic fluid, pumping, regulatory, power and connector elements. Additive component hydraulic efficiency and method of its determination was proposed. Analysis of the hydraulic system and a methodology to assess their performance elements are presented. The methodical questions of plant-mineral mixture as the working fluid use are considered, improving its filtering and improving hydraulic tightness. The rational alternative composition of the working fluid, the technological dimensions and modes of operation of the centrifugal fluid cleaner were defined. The analysis of the process of centrifugal cleaning hydraulic fluid to determine the basic structural and technological parameters on the basis of the finite element method made it possible to calculate the rational size of centrifuge rotor (diameter  $D=148$  mm, height  $H=137$  mm). Taking into account the characteristic size of abrasive particles entering the working fluid, and the structure of ultradispersed additives was improved the tribological properties of plant-mineral mixtures. Annual economic effect of hydraulic modernization can be up to 7.0 thousand rubles per tractor MTZ-82 type.

### Bibliography

1. Galin, D. A. Evaluation of condition and longer life of the volume of lending of the hydraulic drive GST-90 : dis. ... cand. of techn. sciences : 05.20.03 / Galin Dmitry Alexandrovich. – Saransk, 2007. – 224 c.
2. Rylyakin, E. G. Increase efficiency of the hydraulic system of the tractor control fluid : dis. ... cand. of techn. sciences : 05.20.03 / Rylyakin Evgeny Gennad'evich. – Penza, 2007. – 150 p.
3. Volodko, O. S. Methodological foundation of reliability and operability research of engineering systems / O. S. Volodko, A. G. Lenivtsev // Bulletin Samara SAA. – Samara, 2013. – №3. – P. 40-44.
4. SIS 27.002-89. Industrial product dependability. General concepts. Terms and definitions. – Intr. 1990-01-07. – M.: Publishing company standards. – 24 p.
5. Chichinadze, A. V. Friction, wear and lubrication (tribology and tribo-engineering) / A. V. Chichinadze, E. M. Berliner, E. D. Brown [et al.] ; under total ed. A. V. Chichinadze. – M. : Mashinostroenie, 2003. – 576 p.
6. Bazhutov, D. N. The purification quality increasing and tribology features improvement of hydraulic system fluid / D. N. Bazhutov, G. A. Lenivtsev // Bulletin Samara SAA. – Samara, 2009. - №3. – P. 49-51.
7. Lenivtsev, G. A. Centrifugal cleaner constructive parameters impact on oils purification rate. / G. A. Lenivtsev, D. N. Bazhutov // Bulletin Samara SAA. – Samara, 2013. – №3. – P. 44-49.
8. Brodsky, G. S. Rationale for the choice of parameters and development of filtering systems working liquids for hydraulic mining machines : dis. ... dr. of techn. sciences : 05.05.06 / Brodsky Grigory Semenovich. – M., 2006. – 370 p.
9. Improvement of treatment and tribological properties level of fluids in the operation of the tractor hydraulic systems : report of research work / All-Russian scientific and technical information center ; executors: Lenivtsev G. A., Volodko O. S., Molofeev M. V. [et al.]. – M. : AURDI BACS, 2012. – 137 p. – № SR 01.201062609. – Inv. № 02.201352396.

UDK 620.179.112:075.8

## LEAKTIGHTNESS INFLUENCE FOR RESORT DETERMINATIVE PARTS' WEARING IN TRANSMISSIONS OF TRANSPORT AND ENGINEERING MACHINERY

Lenivtsev A. G., cand. of technical sciences, associate professor of the department «Mechanization, automation and power supply in construction activity», FSBEI HVE Samara SACU.

443001 Samara, Molodogvardeiskaya, 194 str.

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

Bukhvalov A. S., engineer of research laboratory «Tractors and lorries», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelskiy, Uchebnaya, 2 str.

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

Keywords: reliability, operability, leaktightness, tribological system, abrasive.

Methods of machines' transmissions leaktightness improving by using efficient seals and leaktightness canceller, assuring decrease of abrasive wear rate are shown in this article. The purpose of the study – decreasing the rate of parts' abrasive wear and augmenting working life of transmission oil by the method and the transmission's air exchange mode with environment. The interactions of main tribological characteristics are augmented and the measures aiming to decrease abrasive wear rate are proposed. The ways of improving transmission leaktightness are shown in this article. The features of leaktightness canceller for transmissions of main agricultural tractors are defined. Efficient capacities of leaktightness canceller for tractors are: for MTZ-80 –  $22.4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ , for T-4A –  $20.9 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3$ , for DT-75M –  $18.6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ , for K-701 –  $17.1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ , for T-150 –  $15.2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ . Bench and field tests of T-4A tractor's transmission revealed that using leaktightness canceller enables to increase transmission oil working life by 1.4-1.7 times and to decrease parts' abrasive wear rate by 7-9% as compared with basic transmission. Using the centralized lubrication system with centrifugal purification assures of parts wear rate by 1.5-1.8 times and augmentation working life of transmission oil by 2-3 times as compared with oil bath lubrication are decreased. Effective measures of improving transmissions lubrication mode are increasing leaktightness of unit by mounting efficient seals, cups, tightenings, gaskets and using leaktightness canceller. Combination and qualitative implementation of these measures and taking account of structural features and working conditions are proved to be efficient.

### Bibliography

1. Fundamental tribology (friction, wear and lubrication) / under ed. A. V. Chichinadze. – M. : Mashinostroenie, 2001. – 664 p.
2. Tribology: international encyclopedia. Vol. I. Historical background, terms, definitions / under ed. K. N. Voynov. Spb. : ANIMA ; Krasnodar, 2010. – 176 p.
3. Modern tribology : results and perspectives / responsible ed. K. V. Frolov. – M. : LKI, 2008. – 480 p.
4. Chichinadze, A. V. Friction, wear and lubrication (tribology and tribo-engineering) / A. V. Chichinadze, E. M. Berliner, E. D. Braun [et al.] ; under total ed. A. V. Chichinadze. – M. : Mashinostroenie, 2003. – 576 p.
5. Malkin, V. S. Engineering system reliability anthropogenic risk. – Rostov-on-Don : Fenix, 2010. – 432 p.
6. Lenivtsev, A. G. Decreasing abrasive wear rate of tractor's transmission by using leaktightness canceller : dis. ... cand. of techn. sciences : 05.20.03 / Lenivtsev Aleksandr Gennadevich. – Samara, 1999. – 132 p.
7. Volodko, O. S. Methodological foundation of reliability and operability research of engineering systems / O. S. Volodko, A. G. Lenivtsev // Bulletin Samara State Agricultural Academy. – Samara, 2013. – №3. – P. 40-44.

UDK 621.892.84

## DEVELOPING AND RESEARCH OF ANTIFRICTIONAL AND NON-WEAR DISK-LIKE MESOGENE ADDITIVES FOR PLASTIC GREASINGS OF MACHINES AND EQUIPMENT

Terentyev V. V., cand. of techn. sciences, associate prof. of the department «Technical service», FSBE HVE Ivanovo SAA of academician D. K. Belyaev.

153012, Ivanovo, Soviet, 45 str.

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

Akopova O. B., dr. of chemistry sciences, senior scientific employee, SRI nanomaterials, FSBE HVE Ivanovo SU.

153025, Ivanovo, Ermak, 39 str.

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

Bausov A. M., dr. of techn. sciences, prof., head of the department «Technical service», FSBE HVE Ivanovo SAA of academician D. K. Belyaev.

153012, Ivanovo, Soviet, 45 str.

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

Gerasimov A. I., cand. of techn. sciences, associate prof. of the department «Tractors and agricultural machines», FSBE HVE Ivanovo SAA of academician D. K. Belyaev.

153012, Ivanovo, Soviet, 45 str.

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

Telegin I. M., post-graduate student of the department «Technical service», FSBE HVE Ivanovo SAA of academician D. K. Belyaev.  
153012, Ivanovo, Soviet, 45 str.  
E-mail: [rektorat@ivgsha.ru](mailto:rektorat@ivgsha.ru)

**Keywords:** carboxylates, wear, lubricant, friction, additive, mesophase.

The research objective – the indications tribological serial plastic lubricant on the basis of lithium improvement, used in knots of friction of agricultural machines. This work is devoted to the results of experimental researches antifrictional and non-wear properties plastic greasing with liquid crystal additives – carboxylates of copper, forming in mesophase the column form over molecular structures. The choice of additives for researches is caused by the sizes of their molecules. Synthesis of additives was carried out by various methods (fusion and mechanical activation method in crusher of shock-reflective type). Tribological researches have been executed by friction machine. Researches have shown that introduction as additives to greasings on the basis of lithium the investigated carboxylates of copper allows to lower friction coefficient in 1.5-3.45 times that as a whole allows to reduce losses from friction in tribological connection. Wear of friction pairs elements decreases in 1.4-4.8 times, that allows to increase further the resource of details friction pairs of agricultural machines and the equipment. Tribological characteristics Improvement is connected with the fact that at transition in amorphous condition the given connections collected in hexagonal domains, are occupy certain position concerning the friction surface, having thus lowered durability at shift deformation. It is revealed that for investigated carboxylates of copper at their additive in lubricant on the basis of lithium is obviously observed dependence on concentration of an additive in a range from 1 to 20 weights %: if above its concentration it is more decrease in coefficient of friction and wear. The received results show perspective copper carboxylates at use as antifrictional and non-wear additives to plastic lubricant on the basis of lithium.

#### Bibliography

1. Usoltseva, N. V. Liquid crystals: disk-like mesogenes / N. V. Usoltseva, O. B. Akopova, V. V. Bykova [et al.]. – Ivanovo : Ivanovo SU, 2004. – 546 p.
2. Akopova, O. B. Copper carboxylates. Simulation, synthesis, mesomorphism and tribological properties / O. B. Akopova, V. B. Lapshin, V. V. Terent'yev, V. S. Bogdanov // Liquid crystals and their practical application. – 2012. – Vol. 2. – P. 20-28.
3. Terentyev, V. V. Structure influence of disk-like mesogene additives- copper carboxylates on properties synthetic calcium greases / V. V. Terentyev, O. B. Akopova, V. B. Lapshin, K. V. Subbotin // Repair, rescondition, modernization. – 2011. – №4. – P. 31-33.
4. Akopova, O. B. Influence molecular and over a molecular structure disk-like mesogenes on them tribological characteristics // Successes in studying of liquid crystal materials / under ed. N. V. Usoltseva. – Ivanovo : Ivanovo SU, 2007. – P. 73-79.
5. Berezina, E. V. Derivatives ftalocianin as additives to lubricant compositions. – Ivanovo : Ivanovo SU, 2007. – 240 p.
6. Terentyev, V. V. Increasing the resource of friction units of soil cultivating equipment / V. V. Terentyev, V. B. Lapshin, K. V. Subbotin, V. S. Bogdanov // Science Review. – 2011. – №6. – P. 27-31.
7. Terentyev, V. V. Studying of the mechanism of influence on tribotechnical properties calcium greases disk-like mesogenes – copper carboxylates / V. V. Terentyev, V. B. Lapshin, O. B. Akopova // Theses of reports of the First All-Russia conference on liquid crystals. – Ivanovo : Ivanovo SU, 2012. – P. 209.

UDK 620.179 : 631.86

#### ASSESSMENT OF FRICTIONAL DISKS MODE INFLUENCE FOR THE FRICTION CLUTCHES RESOURCE

Prikazchikov, M. S., cand. techn. sciences, senior teacher of «Reliability and machinery repair», FSBEI HVE Samara SAA. 446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Sportivnaya, 8A str.  
E-mail: [prikazchikov\\_ms@rambler.ru](mailto:prikazchikov_ms@rambler.ru)

**Keywords:** wear, friction clutch, vodorozhivaniye, lubricant, disks, transmission.

The research purpose –the friction clutches resource increase of transmissions couplings with hydraulic management improvement of frictional disks mode by combination of friction disks surfaces modification and the tribology properties of mineral and vegetable lubricant composition. Influence of frictional disks mode for the friction clutches resource of couplings was estimated: by means of the additive criterion characterizing complex influence of friction surfaces quality and the lubricant environment and indicators, estimating influence of positive gradient of hardness of friction surface when using mineral and vegetable lubricant composition. For improvement of frictional disks mode the friction clutches of couplings modification of friction disks surfaces by means of FABO in combination with application of mineral and vegetable lubricant composition (50% of M-10G<sub>2</sub> + 50% rape oil) is offered. The presented results of researches and their analysis testify that realization of considered constructive actions for modification of friction surfaces in combination with rational structure of the mineral and vegetable lubricant composition, friction of frictional disks improving mode without any additional changes of mechanical transmission with hydraulic management, will allow to raise the friction clutches resource of couplings by 1,7 times.

#### Bibliography

1. Influence of mineral and vegetable fuels and lubricant combinations for tribology parameters the interfaces defining a resource of interfaces in agricultural machinery: report of research work (intermediate) / All-Russian scientific and technical information center. – M. : AURDI BACS, 2007. – 172 p. – № SR 01.200511089. – Inv.№ OTs0260415V.
2. Volodko, O. S. Results of the accelerated resource tests of friction clutches / Island of S. Volodko, M. S. Prikazchikov // Bulletin FGOU VPO Samara GSHA. – 2011. – №3. – Page 73-76.
3. SES R 53457-2009. Rapeseed Oil. Technical conditions. – Intr. 2011-01-01. – M. : STANDARTINFORM, 2009. – 16 p.
4. SES R 12337-84. Motor oil for diesel engines. Technical conditions. – Intr. 1985-01-01. – M. : STANDARTINFORM, 2009. – 12 p.
5. Prikazchikov, M. C. Improving of resource friction clutches transmission with hydraulic control improved friction mode of friction disks : dis. ... cand. techn. sciences / Prikazchikov Maksim Sergeevich. – Penza, 2013. – 197 p.
6. Prikazchikov, M. C. Assessment of friction surface modifying efficiency of friction clutches / M. S. Prikazchikov, O. S. Volodko // Bulletin Samara SCRAS. – Samara : SSTU, 2011. – T. 13, №4 (42) (3). – P. 268-271.
7. Prikazchikov, M. C. Improvement of friction mode of frictional disks for mechanical transmission with hydraulic management of the tractor «Kirovets» / M. S. Prikazchikov, M. V. Sazonov // Achievements of science to agro-industrial complex : collection of scientific papers. – Samara : PC SGSHA, 2013. – P. 38-42.
8. Tribology: international encyclopedia. Vol. I. Historical background, terms, definitions / under ed. K. N. Voynov. – SPb. : ANIMA ; Krasnodar, 2010. – 176 p.
9. Improvement friction modes of friction discs for hydromechanical transmissions tractors : report of research work (intermediate) / All-Russian scientific and technical information center. – M. : AURDI BACS, 2011. – № SR 01.201062609. – Inv. № 02.201252363.

UDK 621.89.017:892.5

#### THE BASIS OF TRACTORS' TRACK ROLLERS EFFICIENT LUBRICATION MODE

Bukhvalov A. S., engineer of research laboratory «Tractors and lorries», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelskiy, Uchebnaya, 2 str.

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

Volodko O. S., cand. of techn. sciences, associate professor, head of the department «Tractors and lorries», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelskiy, Uchebnaya, 2 str.

E-mail: [volodko-75@mail.ru](mailto:volodko-75@mail.ru)

Lenivtsev A. G., cand. of technical sciences, associate professor of the department «Mechanization, automation and power supply in construction activity», FSBEI HVE Samara SACU.

443001 Samara, Molodogvardeiskaya, 194 str.

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

**Keywords:** resource, roller, mode, friction, wear.

This article deals with the research results of uprated tractors' track rollers lubrication system. The purpose of the study is increasing bearing resource of tractors' track rollers by developing lubrication system using rape-mineral lubrication composition and improving lubrication mode. Efficient compound of plastic lubrication composition, including rape oil, additives A-22 and T-43, grease «Litol-24» and lithium stearate is grounded. On the basis of theoretical research, there defined the ratings of auger device for tractor DT-75M track rollers (external diameter – 93 mm, helix lead – 13 mm) that provide circulation feed of grease in bearings' friction areas. As a result of uprate of tractors' track rollers lubrication system it was succeeded to reduce the content of iron in lubricant by 14,3%, the wear-and-tear of bearings' outer races by 23,3%, the rate of endplay by 16%, the wear-and-tear of face seals by 36% as compared with basic lubrication system. Using the worked out plastic lubrication composition and device for its circulation feed in friction areas allows to increase bearing resource of tractors' track rollers by 45% as compared with basic lubrication system. The endplay change evolution and bearings resource evaluation allow to change lubricant and to adjust the bearings by running time of tractor equal 3000 motor-hours. Annual affordability of using proposed way of improving lubrication system and the worked out plastic rape-mineral lubrication composition is 1656 roubles for one tractor.

#### Bibliography

1. Bukhvalov, A. S. Ways improving lubrication mode of tractor's chassis / A. S. Bukhvalov, G. A. Lenivtsev // Agrarian science to agriculture : collected papers. – Samara : PC SSAA, 2010. – P.193-200.
2. Pat. №2441796. Russian Federation. Track roller for crawler machinery / Bukhvalov A. S., Lenivtsev G. A., Volodko O. S. [et al.]. – № 2010115505/11 ; appl. 19.04.2010 ; publ. 10.02.2012, Bull. № 4. – 4 p.
3. Bukhvalov, A. S. Theoretical study of the ratings of auger device for circulation feeding of grease in track rollers / A. S. Bukhvalov, O. S. Volodko // Operation activity of motor and tractor technics: experience, objectives, innovations, perspectives : collected articles of All-Russian theoretical and practical conference. – Penza : PD PSAA, 2013. – P. 25-31.
4. Working out and implementing technology of efficient using of mineral and alternate fuel-and-lubricate stuffs and methods of improving tribological ratings of agricultural technics : report of research work (final) / All-Russian scientific and technical

information center ; executors: Volodko O. S., Lenitsev G. A., Boldashev G. I. [et al.]. – M. : AURDI BACS, 2010. – 150 p. – № SR 01.200511089. – Inv. № 02.201153084.

5. Modern tribology : results and perspectives / responsible ed. K. V. Frolov. – M. : LKI, 2008. – 480 p.

6. Chichinadze, A. V. Friction, wear and lubrication (tribology and tribo-engineering) / A. V. Chichinadze [et al.] ; under total ed. A. V. Chichinadze. – M. : Mashinostroenie, 2003. – 576 p.

7. Bukhvalov, A. S. Increasing bearing resource of tractors' track rollers improving lubrication system : dis. ... cand. of techn. sciences : 05.20.03 / Bukhvalov Artem Sergeevich. – Penza, 2014. – 197 p.

8. Pricazchikov, M. S. Increasing hydro-tightening coupling resource of gearbox with hydrocontrol improving friction mode of friction discs : dis. ... cand. of techn. sciences : 05.20.03 / Pricazchikov Maxim Sergeevich. – Penza, 2013. – 197 p.

UDC 621.515

## THE DIAGNOSTICS SYSTEM OF TRACTOR DIESEL AIR SUPPLY

Inshakov A. P., dr. of techn. sciences, associate professor, head of the «Mobile power tools» department, FSBEI HVE Mordovia SU of N. P. Ogaryov.

430032, Republic of Mordovia, Saransk, Bolshevistskaya, 68 str.

E-mail: [kafedra\\_mes@mail.ru](mailto:kafedra_mes@mail.ru)

Kurbakov I. I., teacher of the «Mobile power tools» department, FSBEI HVE Mordovia SU of N. P. Ogaryov.

430032, Republic of Mordovia, Saransk, Bolshevistskaya, 68 str.

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

Kuvshinov A. N., cand. of techn. sciences, senior teacher of the department «Mobile power tools», FSBEI HVE Mordovia SU of N. P. Ogaryov.

430032, Republic of Mordovia, Saransk, Bolshevistskaya, 68 str.

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

**Keywords:** engine, system, air supplying, turbocompressor, diagnosing.

The article considers the possibility of carrying out operations system diagnostics of gas turbine pressurization of diesel internal combustion engines, which are based on the principles of system parameters of gas-turbine supercharging and operating parameters of internal combustion engine mobile energy tool. The aim of the study was determined as improvement of methods and means of air supply system engines diagnosis of mobile agricultural machinery. On the objectives basis the study was defined the following tasks: to study the conditions of air supply system of automobile and tractor diesel engines; to define settings that are appropriate as diagnostic tool in assessing the technical condition of the gas-turbine system supercharging in operating conditions; to develop diagnostic tools for the indiscriminate assessment of the gas-turbine systems technical condition supercharging engines mobile power tools for fixed and operational conditions. One of the directions in solution of the effective use problem of agricultural machinery mobile is its maintenance in operating state due to timely carrying out diagnostic actions. The most labor-consuming and knowledge-intensive still have process of diagnosing of the internal combustion engines (ICE) mobile power means. Malfunctions of the engine conduct to decline in production, deterioration of profitability and environmental friendliness of the machine and tractor unit (MTU). During studying of working conditions systems of mobile agricultural machinery engines pressurization are installed the emergence reasons in operation of turbocompressors (TKR) refusals and engine. The carried-out analysis of existing methods and diagnostic devices of autotractor diesels airgiving systems allowed to define ways of their improvement due to optimization of layout decisions and development of the software. Information integrating complex (IIC) with providing program, allowing to diagnose pressurization system on input and output parameters, to define efficiency engine pressurization system, to display results in the form of analytical and graphic information is developed.

### Bibliography

1. Inshakov, A. P. Integrated approach to the diagnostics of tractor diesel turbocharger systems / A. P. Inshakov, A. N. Kuvshinov, O. F. Kornauhov // Tractors and agricultural machinery. – 2012. – №10. – P. 15-16.

2. Alekseev, O. A. Substantiation of turbo-compressors diagnostics mobile power tools means : thesis for the cand. of the techn. sciences degree : 05.20.03 / Alekseev Oleg Alekseevich. – Orenburg : Orenburg SU, 2007. – P. 16.

3. Kuvshinov, A. N. Improving the efficiency of diagnosis systems for gas turbine pressurization engines of mobile agricultural machinery : thesis for the degree cand. of the techn. sciences : 05.20.03 / Kuvshinov Aleksey Nikolaevich. – Saransk : Publishing house of MSU, 2013. – P. 17.

4. Inshakov, A. P. Experimental investigation of diagnostic system for the D-245-35 motor-and-tractor engine turbocharging / A. P. Inshakov, A. N. Kuvshinov, I. I. Kurbakov, O. F. Kornaukhov // Tractors and farm machinery. – 2014. – №5. – P. 45-47.

5. Inshakov, A. P. Diagnostics of turbocharger for motor-and-tractor diesel engine using the KI 5543 running and braking bench developed by GOSNITI / A. P. Inshakov, A. N. Kuvshinov, I. I. Kurbakov, O. F. Kornaukhov // Tractors and farm machinery. – 2014. – №1. – P. 39-41.

6. Inshakov, A. P. Diagnosis of turbochargers on the stand KI-5543 / A. P. Inshakov, A. N. Kuvshinov, I. I. Kurbakov, O. F. Kornaukhov // Rural machine operator. – 2013. – №12 (58). – P. 39.

7. Inshakov, A. P. The software package «Diesel RK»/ A. P. Inshakov I. I. Kurbakov // Rural machine operator. – 2013. – №12 (58). – P. 45.

## RESEARCH OF TRIBOLOGICAL MINERAL AND VEGETABLE LUBRICATING COMPOSITIONS PROPERTIES

Prikazchikov, M. S., cand. techn. sciences, senior teacher of «Reliability and machinery repair», FSBEI HVE Samara SAA. 446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Sportivnaya, 8A str.  
E-mail: [prikazchikov\\_ms@rambler.ru](mailto:prikazchikov_ms@rambler.ru)

**Keywords:** wear, friction clutch, greasing, disks, tribology, transmission.

The research purpose is improvement of rapeseed oil as a lubricant composition alternative to use of mineral oil for mechanical transmissions with hydraulic control tractors «Kirovets». Tribological properties of the mineral and vegetable lubricating compositions were evaluated by a number of indicators which together describe the efficiency of its application in gearboxes driveline high horsepower tractor «Kirovets» production company CCS «Petersburg tractor plant». Efficiency of mineral and vegetable lubricating compositions application were evaluated in such parameters as: the wear of the friction surface during studies; assessment of kinematic viscosity, temperature of friction. It is established that kinematic viscosity at 100°C explored mineral and vegetable lubricating compositions with concentration of rapeseed oil from 0 to 100% by volume meet required to mineral oils requirements, and is within 8.0-10.5 sSt and their use allows to reduce the wear of the friction surfaces and attributable to their thermodynamic load. As a result, the analysis of the obtained data, rational recognized mineral and vegetable oil composition with the following composition: 50% mineral oil M-10G<sub>2</sub> + 50% rapeseed oil. The application of this lubricant composition, possessing the best tribological properties, alternatively, mineral oil M-10G<sub>2</sub>, will reduce thermodynamic load and wear of the friction surfaces of structural elements (friction discs), determine the resource gears with hydraulic control tractors «Kirovets».

### Bibliography

1. Prikazchikov, M. C. Improving resource friction clutches transmission with hydraulic control improved mode friction of friction disks : dis. ... cand. techn. sciences / Prikazchikov Maksim Sergeevich. – Penza, 2013. – 197 p.
2. SES R 53457-2009. Rapeseed Oil. Technical conditions. – Intr. 2011-01-01. – M. : STANDARTINFORM, 2009. – 16 p.
3. SES R 12337-84. Motor oil for diesel engines. Technical conditions. – Intr. 1985-01-01. – M. : STANDARTINFORM, 2009. – 12 p.
4. Petin, S. C. Improving resource hydromechanical gearboxes improvement of tribological parameters of friction : dis. ... cand. techn. sciences : 05.20.03 / Petin Sergey Victorovich. – Samara, 2005. – 190 p.
5. SES R 53228-2008. Scales manual activities. Vol. 1. Metrological and technical requirements. Tests. – Intr. 2008-12-25. – M. : STANDARTINFORM, 2010. – 141 p.
6. SIS R 54071-2010. Scales manual activities. Vol. 2. The form of protocols. – Intr. 2012-01-01. – M. : STANDARTINFORM, 2010. – 75 p.
7. Bukhvalov, A. S. Increase the resources of the track roller bearings caterpillar tractors improve the lubricating system : dis. ... cand. techn. sciences / Bukhvalov Artem Sergeevich. – Penza, 2014. – 197 p.
8. Pat. № 2241555. Russian Federation. Lubricating composition / Edukov D. A., Boldashev G. I. – № 2007121290/04 ; appl. 06.06.2007 ; publ. 20.12.2008, Bul. 35. – 7 p.

## THE MAIN DIRECTIONS OF DIESEL CYLINDERS HEAD DECREASE IN THE THERMAL DEFORMATIONS

Cherkashin N. A., cand. of techn. sciences, associate prof. of the department «Reliability and repair of cars», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Uchebnaya, 8-a str.

E-mail: [SSAA\\_Ingener@mail.ru](mailto:SSAA_Ingener@mail.ru)

Shigayeva V. V., associate prof. of the department «Reliability and repair of cars», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Uchebnaya, 8-a str.

E-mail: [SSAA\\_Ingener@mail.ru](mailto:SSAA_Ingener@mail.ru)

Makarova M. P., cand. ped. sciences, associate prof. of the department «Reliability and repair of cars», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Uchebnaya, 8-a str.

E-mail: [SSAA\\_Ingener@mail.ru](mailto:SSAA_Ingener@mail.ru)

Dmitriyev G. N., undergraduate of the department «Reliability and Repair of Cars», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Uchebnaya, 8-a str.

E-mail: [SSAA\\_Ingener@mail.ru](mailto:SSAA_Ingener@mail.ru)

**Keywords:** thermal, tension, deformation, fatigue, crack.

The purpose of researches is decrease of diesel cylinders head in thermal deformations by definition of various factors influencing extent emergence and development. The general tension of cylinders block heads (HBC) is considered. Its main parts are defined and analysed. The major factor causing damage of the fire bottom of GBTs are the thermal tension reaching the maximum in intervalvate crossing points. Emergence of this tension is caused by action of high temperatures of fuel burning and their great unevenness of distribution on surface and thickness of the cylinders block head fire bottom. The difference of temperatures in zone intervalvate crossing points and the periphery of the bottom can reach considerable sizes. Is the reasons of these temperatures difference design features, heat conductivity of material and way of heated surfaces cooling. Existence in of temperature detail differences will lead to unequal lengthenings of fire bottom various GBTs parts. These lengthenings (deformations) cause the thermal tension of compression corresponding to them. At low-cyclic thermal loading gradually there is a relaxation of thermal tension in the presence of already formed residual deformation. It will lead to emergence of tension of stretching. Tension of stretching is especially dangerous to gray cast iron of which the head of the block of cylinders is made. The side-altar of durability of this material on stretching several times is less, than on compression. With each thermocycle of tension of stretching will increase as gray cast iron possess small plasticity. Residual deformations will increase and finally will lead to emergence of thermofatigue cracks. As a result of the conducted theoretical researches dependence of residual deformations on various factors defining durability of GBTs is received. On the basis of this dependence, probably to define the directions of further researches of decrease in thermal tension and residual deformations.

#### Bibliography

1. Cherkashin, N. A. Ways of tractor diesels cylinders durability increase / Bulletin SSAA. – Samara, 2011. – P. 86-89.
2. Mezhetsky, G. D. Mekhanika of formation of cracks in details of engines of internal combustion at low-cyclic thermo fatigue mode / G. D. Mezhetsky, V. V. Chekmarev, D. V. Mezhetsky // Messenger of the Saratov state agrouniversity of N. I. Vavilov. – 2009. – №10. – P. 54-58.
3. Cherkashin, N. A. Decrease in intervalvate crossing point tensions of diesels cylinders heads / N. A. Cherkashin, V. V. Shigayeva, G. N. Dmitriyev // Achievement of science to agro-industrial complex : collection of scientific. – Samara, 2014. – P. 268-271.
4. Mezhetsky, G. D. Theoretical bases of long life rising of heads and covers of diesels cylinders / G. D. Mezhetsky, V. V. Chekmarev, A. A. Zakharov // the Messenger of the Saratov state agrouniversity of N. I. Vavilov. – 2005. – №2. – P. 55-57.
5. Cherkashin, N. A. Justification chosen rational constructional material for case details of the engine // Actual problems of agrarian and industrial complex in HH1 : collection of scientific SSAA. – Samara, 2004. – P. 98-99.
6. Zakharov, A. A. Increase of durability diesels cylinders heads at restoration by application of decontsentrator of tension. : dis. ... cand of techn. sciences : 05.20.03 / Zakharov Alexander Anatolyevich. – Saratov, 2005. – 207 p.
7. Bondarenko, S. I. Influence of a form of graphite on thermal firmness of cast iron [Electronic resource] / S. I. Bondarenko, I.P. Gladky // HNADU Bulletin. – 2006. – №33. – URL: <http://cyperleninka.ru/areicle/n/Vliyanie-formy-grafita-na-termicheskuyu> (address date: 28.04.2014).

# MACHINES IN SPECIALIZED TECHNOLOGIES OF AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEX

UDK 631.363.7

## JUSTIFICATION OF THE CABLE SCRAPER CONVEYOR PARAMETERS

Petrova S. S. cand. of techn. sciences, associate prof. of the Mechanics and engineering graphics» department , FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Uchebnaya, 2 str.

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

Lyandenbursky V. V., cand. of techn. sciences, associate prof. of the department «Motor transport», FSBE HVE Penza SUAB 440014, Penza region, Penza, Germana Titova, 28 str.

E-mail: [lvv789@yandex.ru](mailto:lvv789@yandex.ru)

Konovalov V. V., dr. of techn. sciences, prof. of the «Animal husbandry mechanization» department, FSBE HVE Penza STA. 440014, Penza region, Penza, Botanicheskaya, 30 str.

E-mail: [konovalov-penza@rambler.ru](mailto:konovalov-penza@rambler.ru)

Keywords: conveyor, transportation, friable, materials, fodder, productivity.

The purpose of the study is the reduction of bulk livestock fodder energy transportation with the substantiation of cable scraper conveyor rational parameters. For movement and distribution of the concentrated forages in animal husbandry cable and scraper conveyors with cablewasher or chainwasher working body widely are used. Considering bigger traction ability of cable in comparison with the chain, the first working body has essential advantages. Wearing of washers and formation of material blocking belongs to shortcomings of the specified working bodies against moving washer. If the first defect can be eliminated only by corresponding materials use, decrease of contacting surfaces roughness, etc. (manufacturing techniques improvement), the second defect can be eliminated by washer design optimizing. For optimization of cable scraper conveyor working body design of continuous action with 50 mm internal diameter of experimental installation was used. The article provides the technique of performance and pipeline transporting feed energy ratio determining. The article gives the results of comparative experimental researches of conveyor with cable-collar and cable-bowl mechanism. The article shows the expressions describing the performance of conveyor and energy ratio transportation, depending on the working body design, step of scraper elements installation and the length of the loading area. The graphs describing two-dimensional surface response of device performance and energy transportation are provided. On the basis of the received results analysis the conveyor parameters are proved: the volume of the bowl 0.1-0.15 cm<sup>3</sup> step installation of scraper elements (bowls) 0.1-0.15 m, the length of the loading area of 0.2 m and the speed of the body 0.6-0.8 m/s.

### Bibliography

1. Syrovatka, V. I. New technical solutions in mixed fodder farms / V. I. Syrovatka, N. V. Obukhova, A. S. Komarchuk // Grassland. – 2010. – №7. – P. 42-45.
2. Lyandenbursky, V. V. Improving of cable-scraper feeder for poultry substantiating constructive-regime parameters : thesis for the degree of cand. of tehn. sciences : 05.20.01 / Lyandenbursky Vladimir Vladimirovich. – Saratov, 1997. – 164 p.
3. Lyandenbursky, V. V. Cordage scraper wagon for poultry / V. V. Lyandenbursky, V. N. Strigin // Poultry. – 2002. – №8. – P. 23-26.
4. Lyandenbursky, V. V. Improving of cable-scraper feeder for poultry / V. V. Lyandenbursky, V. N. Strigin // Mechanization and Electrification Specifications in agriculture. – 2002. – №9. – P. 31-33.
5. Pat. 2042594 Russian Federation. Scraper Conveyor / Shvarev I. P., Miroyevsky P. R., Kondratenko A. N. [et al.]. – № 93003397/03 ; appl. 19.01.93 ; publ. 27.08.95. – 2 p.
6. Lyandenbursky, V. V. Basic scientific research / V. V. Lyandenbursky, V. V. Konovalov, A. V. Bazhenov. – Penza, 2013. – P. 396.

UDK 631.363.7

## MIXER WITH COMBINED WORKING BODIES TECHNOLOGICAL PARAMETERS OPTIMIZATION

Konovalov V. V., dr. of techn. sciences, prof. of the department «Animal husbandry mechanization» department, FSBE HVE Penza STA.

440014, Penza region, Penza, Botanicheskaya, 30 str.

E-mail: [konovalov-penza@rambler.ru](mailto:konovalov-penza@rambler.ru)

Teryushkov V. P., cand. of techn. sciences, associate prof. of the «Operation of Machine and Tractor Park» department, FSBE HVE Penza SAA.

440014, Penza region, Penza, Botanicheskaya, 30 str.

E-mail: [tvp141@mail.ru](mailto:tvp141@mail.ru)

Chupshev A. V., cand. of tech. sciences, senior teacher of the «Operation of Machine and Tractor Park» department, FSBE HVE Penza SAA.

440014, Penza region, Penza, Botanicheskaya, 30 str.

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

Konovalov V. V., engineer, FSBE HVE Penza SAA.

440014, Penza region, Penza, Botanicheskaya, 30 str.

E-mail: [zenit11-91@mail.ru](mailto:zenit11-91@mail.ru)

Keywords: mixing, coefficient, variation, unevenness, mix.

The purpose of the research is the substantiation of continuous mixer with combined working body technological parameters at the lowest energy intensity of concentrated feed (fodder concentrates) and zootechnical requirements mixing respecting the quality of the prepared mixture. The research tasks are setting the functional relationship between technological parameters of preparing mixture and indicators compounding process; identifying optimal or rational values of the mixer technological parameters, which are observed when mixture is the desired quality and lower energy intensity of mixing. Increase of compound feeds economic efficiency using, consists in their cost and improvement of their quality decrease. Farm enterprises seek to use industrial fodder, mixing it with purchased BVD. However not all mixers are capable to prepare mixes of appropriate quality. Essential restriction for using of this or that mixer is its zone of working capacity on observance of zootechnical requirements to quality of mix hashing depending on share of control component as a part of mix according to the recipe. For mixing dry components mixers with bladed working bodies are most effective. Authors developed the mixer for compound feeds of continuous action with the combined working body. Such combined working body consists of loop-like blades and spiral conveyor. The given method results during experimental studies by continuous mixer for substantiation of its technological efficiency zone. Expressions describing the unevenness of the mixture, its energy consumption and stirring, depending on the device performance and controlling the proportion of the component are given. Two-dimensional sections of response surfaces are constructed. Based on graphs mixer parameter analysis s are justified: optimum performance about 8 t/h, the proportion of rational control component of the mixture – not less than 10%.

#### Bibliography

1. Syrovatka, V. I. New technical solutions in mixed fodder farms / V. I. Syrovatka, N. V. Obukhova, A. S. Komarchuk // Grassland. – 2010. – №7. – P. 42-45.
2. Kuharev, O. N. Research results drum drazhiratora / O. N. Kuharev, I. N. Semov, A. M. Chirikov // Niva Povolzhya. – 2010. – №1. – P. 54-57.
3. Konovalov, V. V. Concentrated feed enriched fat / V. V. Konovalov, A. A. Kurochkin, K. M. Mishin // Rural mechanic. – 2003. – №1. – P.18.
4. Konovalov, V. V. Justification location dispensers mixing devices // Mechanization and electrification with. – 2003. – №10. – S.16-18.
5. Konovalov, V. V. Justification location dispensers components in the mixture relatively devices // Advances in science and technology AIC. – 2004. – №2. – P. 28-29.
6. Novikov, V. V. Justification parameters paddle mixer / V. V. Novikov, S. P. Simchenkova, V. I. Kurdiumov // Bulletin of the Ulyanovsk SAA. – 2011. – №2. – P.104-108.
7. Konovalov, V. V. Laboratory results mixer for dry concentrates / V. V. Konovalov, S. V. Gusev, V. P. Teryushkov, I. A. Borovikov // Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Moscow State Agro-Engineering University of V. P. Goryachkin». – 2007. – №1. – P. 52-54.
8. Petrova, S. S. Comparative studies of the mixer with round and flat blades / S. S. Petrova, V. P. Teryushkov, A. V. Chupshev, M. V. Konovalova // Samara State Agricultural Academy Bulletin. – 2011. – №3. – P. 121-124.
9. Konovalov, V. V. Determination of dry feed pressure to the bottom of the hopper / V. V. Konovalov, K. M. Mishin, A. A. Vlasov // Mechanization and electrification with. – 2000. – №11. – P. 30-31.
10. Teryushkov, V. P. On the question of the influence of the bed height and diameter of the feed blade to move material / V. P. Teryushkov, A. V. Chupshev, V. V. Konovalov // An increase in the efficiency of resource use in the production of c / agricultural products – new technologies and new generation technology for crop and livestock farming : collection of scientific reports of the XVI International scient.-pract. conf. – Tambov : Publishing house Pershin R. V., 2011. – P. 64-67.

UDK 631.363.7

#### OPTIMIZATION OF SPIRAL MIXER-PIPELINE CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL PARAMETERS

Konovalov V. V., dr. of techn. sciences, prof. of the «Animal husbandry mechanization» department, FSBE HVE Penza STA.

440014, Penza region, Penza, Botanicheskaya, 30 str.

E-mail: [konovalov-penza@rambler.ru](mailto:konovalov-penza@rambler.ru)

Fomin A.S., post-graduate student of the «Mechanization of technological processes in agrarian and industrial complex» department, FSBE HVE Penza STA.

440014, Penza region, Penza, Botanicheskaya, 30 str.

E-mail: [as\\_fomin@bk.ru](mailto:as_fomin@bk.ru)

Teryushkov V. P., cand. of techn. sciences, associate prof. of the «Operation of Machine and Tractor Park» department, FSBE HVE Penza SAA.

440014, Penza region, Penza, Botanicheskaya, 30 str.

E-mail: [tvp141@mail.ru](mailto:tvp141@mail.ru)

Chupshev A. V., cand. of tech. sciences, senior teacher of the «Operation of Machine and Tractor Park» department, FSBE HVE Penza SAA.

440014, Penza region, Penza, Botanicheskaya, 30 str.

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

Keywords: mixing, coefficient, variation, unevenness, mix, spiral, conveyor.

The purpose of the study is reduction of mixing concentrated feed (fodder concentrates) energy, respecting the zootechnical requirements for quality of the mixture by using mixers-conveyors. The tasks of the study are to set the functional dependence between the structural and technological parameters of the mixer and process indicators to identify optimal or rational values of mixer parameters providing the required quality and the lowest power consumption of carburetion mixture. The description, constructive scheme and photo of continuous action mixer-conveyor with volute working body are given. The author describes the method and results of experimental studies of continuous action mixer-conveyor. The article deals with the expressions describing the unevenness of mixture and energy stirring consumption depending on the length of the mixing zone, the device performance and the proportion of the controlling component. There are constructed two-dimensional sections of the second order response surfaces. Mixer parameters are justified based on the analysis of mixture unevenness graphs and energy justified options mixer: optimal device performance is about 3.6 t/h; mixer-conveyor is able to prepare dry mix with share of the mixture component - not less than 13% and the length of the mixing zone - not less than 1 m.

#### Bibliography

1. Syrovatka, V. I. New technical solutions of mixed fodder production in Ho-households / V. I. Syrovatka, N. V. Obukhova, A. S. Komarchuk // *Grassland*. – 2010. – №7. – P. 42-45.
2. Konovalov, V. V. Device to make fat concentrated feed / V. V. Konovalov, A. A. Kurochkin, K. M. Mishin // *Mechanization and electrification of agriculture*. – 2002. – №5. – P. 12-13.
3. Kuharev, O. N. The research results drum dragonator / O. N. Kuharev, I. N. Semov, A. M. Chirikov // *Niva Povolzhya*. – 2010. – №1. – P. 54-57.
4. Teryushkov, V. P. On the question of the influence of the bed height and diameter of the feed blade to move material / V. P. Teryushkov, A. V. Chupshev, V. V. Konovalov // *An increase in the efficiency of resource use in the production of c / agricultural products – new technologies and new generation technology for crop and livestock farming : collection of scientific reports of the XVI International scient.-pract. conf.* – Tambov : Publishing house Pershin R. V., 2011. – P. 64-67.
5. Konovalov, V. V. Mobile distributor for dry and liquid feed / V. V. Konovalov, S. I. Shcherbakov, S. V. Gusev // *Dairy and beef cattle breeding*. – 2003. – №1. – P. 23-24.
6. Novikov, V. V. Substantiation of the parameters blade mixer / V. V. Novikov, S. P. Simchenkova, V. I. Kurdyumov // *Bulletin Ulyanovsk SAA*. – 2011. – №2. – P.104-108.
7. Konovalov, V. V. Theoretical substantiation of the basic constructive and re-Gymnich parameters of the mixer feed periodic action / V. V. Konovalov, A. V. Capshaw // *Scientific and technological progress in agricultural Pro-production : mat. of the International scient.-pract. conf.* – Minsk : RPC NAS of Belarus for mechanization of agricultural, 2011. – Vol.2. – P.148-153.
8. Tereshkov, V. P. Definition of rational parameters of the mixer Concorso / V. P. Tereshkov, V. V. Konovalov // *Increase of efficiency of use of re-resources in the production of agricultural products, new technologies and equipment of new generation for crop and animal production : collection of scientific reports of the XVII International scient.-pract. conf.* – M. : Publishing house Pershin R. V., 2013. – P. 71-77.
9. Konovalov, V. V. Optimization of parameters of the mixer on the minimum energy-intensive industries mixing / V. V. Konovalov, A. V. Chupshev, S. S. Petrova // *Bulletin Samara SAA*. – 2009. – №3. – P. 72-76.
10. Konovalov, V. V. Mixer dry feed / V. V. Konovalov, V. P. Tereshkov, I. A. Borovikov, S. V. Gusev // *Rural mechanic*. – 2006. – №7. – P. 32.

UDK 658.382

#### THEORETICAL THESIS OF ANIMAL INJURY PREVENTION

Shkrabak R.V., cand. of tehn. sciences, associate professor of the «Safety-technological processes and manufactures» department, FSEI HPE St. Petersburg SAU.

196601, St. Petersburg, Pushkin, Petersburg highway, 2 str.

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

Braginets Yu. N., cand. of agricultural sciences, doctoral student of the «Safety-technological processes and manufactures» department, FSEI HPE St. Petersburg SAU.

196601, St. Petersburg, Pushkin, Petersburg highway, 2 str.

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

Keywords: injuries, livestock, prevention, theoretical, thesis.

Results of traumatism prevention theoretical provisions researches are given in the animal husbandry, man-animal-car-technology-media systems based on the analysis. The purpose of researches is justification and development of preventive actions of multidimensional character. Research problems is developing the nomenclature of components striking factors pre called system and counteraction to opportunities of potential dangers realization of the specified factors in injuries and diseases of workers. Novelty of thesis problem and way of its decision are many-sided and quite real to what results of extensive scientific researches of St. Petersburg GAU sciences testify labor protection school. The attention, as to striking factor taking into account its functions in system is paid to each of system components. The need prevention attention to potential danger inherent realization in factors in the kinetic energy promoting under certain conditions traumatizing of the working is paid. Methods of researches were based on man-animal-car-technology-media system studying in the conditions of real livestock complex of dairy herd for 1125 heads.

#### Bibliography

1. Furman, I. V. Modern state of labor in the Russian agricultural sector and ways to improving / I. V. Furman R. V. Shkrabak, V. S. Shkrabak // Proceedings of the International Academy of Agricultural Education. – 2013. – №19. – P. 122-126.
2. Shkrabak, R. V. Work without security and safety – crime / R. V. Shkrabak, V. M. Coms // Bulletin of Peter's Academy. – 2013. – №2. – P. 36-40.
3. Baranov, Y. N. Fatal injuries and severe outcome in animal agribusiness Russia / Y. N. Baranov, B. M. Tyurikov, N. S. Studennikova // Occupational health and safety in agriculture. – 2007. – №6. – P. 41-44.
4. Baranov, Y. N. Methodology security on breeding complexes : monograph / Y. N. Baranov, R. V. Shkrabak, Y. N. Braginetz ; ed. dr. of tehn. sciences V. S. Shkrabak. – SPb. : SPbSAU, 2013. – 423 p.
5. Bibliographic index of works V. S. Shkrabak / comp. Kubritskaya N. V. – 2nd ed. rev. and add. – SPb., 2012. – 315 p.
6. Shkrabak, V. V. Strategy and tactics of dynamic reduction and elimination of occupational injuries in agriculture. Theory and practice : monograph. – SPb. : SPbSAU, 2007. – 580 p.
7. Shkrabak, V. S. The problem of reducing injuries and improving health and safety in animal husbandry : monograph / V. S. Shkrabak, P. A. Lapin, I. V. Galyanov. – Orel, 2002. – 420 p.
8. Shkrabak, V. S. Enhancing Security in biotechnical system «Man-car-animal-media» due to etologophysiological aspect / V. S. Shkrabak, Yu. N. Baranov. – Orel : OrelSAU, 2009. – P. 40-48.
9. Shkrabak, V. S. Ergonomics-psychological bases of life safety : monograph / V. S. Shkrabak, P. G. Mitrofanov. – SPb. : SPbSAU, 1994. – 187 p.

UDK 658.382

### RESULTS OF SECURITY, ITS DEVELOPMENT AND PREVENTION DYNAMICS FOR FREIGHT TRANSPORT WAYS

Grigorov P. P., head of the department «Organization and technical service», FSBEI HVE Samara SAA.  
446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelskiy, Uchebnaya, 2 str.  
E-mail: [ssaa-samara@mail.ru](mailto:ssaa-samara@mail.ru)

**Keywords:** security, status, dynamics, development of prevention, cargo, transport.

The article presents information for the security situation and the dynamics of its development of goods transportation, issues of quantitative data, the picture given in the dynamics of data in relation to the country, the Volga Federal District and the Samara Region. The comparative dynamics of the passengers carriage by public buses. The dynamics of roads length is shown. Information and analysis for accidents dynamics is provided when using road transport on the dynamics of fatalities number and injuries resulting from accidents when using road transport, the dynamics for the traffic violations, their consequences and punishment of those responsible. The comparative dynamics of road accidents the number and fatalities in their country, the Volga Federal District and the Samara Region data is investigated. Attention is drawn to the develop effective prevention needs, appropriate situations. Reasons, the circumstances, the accidents in transport sources and consequences, different great diversity is substantiated. Range of preventive measures and the selection of the most efficient in the implementation of this requirement is substantiated.

#### Bibliography

1. Russia in figures – 2013 : stat. call. / Federal State Statistics Service. – M, 2013. – 62 p.
2. Gorbunov, A. A. transport safety of automobile and road economy objects transport infrastructure / A. A. Gorbunov, P. P. Grigorov. – Samara : Kniga, 2013. – 152 p.
3. Grigorov, P. P. Organization and safety of passengers and freight transportations / P. P. Grigorov, A. A. Gorbunov ; under ed. of S. S. Kalinin. – Samara : Kniga, 2009. – 520 p.
4. Velmozhin, A. V. Hard automobile transportation / A. V. Velmozhin, V. A. Gudkov, L. B. Mirotin. – 2nd prod. – M. : The hot line – the Telecom, 2007. – 560 p.
5. Grigorov, P. P. Transport safety and ways of its increase / P. P. Grigorov, R. V. Shkrabak // Bulletin Samara SAA. – 2013. – №3. – P. 78-83.
6. Shkrabak, V. S. Safety problem for the motor transport and way of its increase problem / V. S. Shkrabak, P. P. Grigorov, R. V. Shkrabak [et. al] // Bulletin Samara SAA. – №3. – P. 99-106.

7. Ryabchinsky, A. I. Organization of transportation services and safety of transport process : textbook / A. I. Ryabchinsky, V. A. Gudkov, E. A. Kravchenko. – M. : Academy, 2011. – 256 p.
8. Yakhyaev, N. Ya. Saving of vehicles : textbook. – M. : Academy, 2011. – 432 p.
9. Pyadichev, E. V. Safety of work economics / E. V. Pyadichev, V. S. Shkrabak, R. V. Shkrabak. – SPb. : SPbSAU, 2011. – 240 p.

UDK 658.382

## DYNAMICS OF TRANSPORT INCIDENTS AND DEATH TOLL AND WOUNDED IN THEM

Shkrabak R. V., cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Safety-technological processes and manufactures», FSEI HPE St. Petersburg SAU.

196601, St. Petersburg, Pushkin, Petersburg highway, 2 str.

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

Grigorov P. P., head of the department «Organization of transportations and technical service», FSBEI HVE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelskiy, Uchebnaya, 2 str.

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

Shatilov A. V., post-graduate student of the department «Safety-technological processes and manufactures», FSEI HPE St. Petersburg SAU.

196601, St. Petersburg, Pushkin, Petersburg highway, 2 str.

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

**Keywords:** analysis, incident, dynamics, number, death.

The agro-industrial complex is characterized by large volume of transport transportations. The last are carried out by cars, tractors, autotractor trains. The considerable part of freights is transported by railway and water transport. Transportation of goods and air transport takes place. Unfortunately transportation by all means of transport is accompanied by various incidents as a result of which there can be victims. The purpose of researches is decrease in death toll and wounded in transport incidents. The comparative analysis of transport incidents dynamics with a rolling stock for goods transportation by various transport during 1994-2012 and death tolls and wounded is provided in them, and also comparative dynamics of transport incidents during 2000-2012 about the country both to Volga Federal District as a whole and to their subjects.

### Bibliography

1. Shkrabak, V. S. The theory and practice of traffic safety in agrarian and industrial complex: monograph / V. S. Shkrabak, E. N. Hristoforov, N. E. Sakovich. – Bryansk : Publishing house of Bryansk SSHA, 2008. – 285 p.
2. The preparation and professional development center in the sphere of the of transportations, management and technical service organization for the motor transport : statistical collection. – Samara, 2013. – 51 p.
3. Grigorov, P. P. Organization and safety of transportation of passengers and freights / P. P. Grigorov, A. A. Gorbunov ; under. ed. S. S. Kalinin. – Samara : Kniga, 2013. – 520 p.
4. Shkrabak, V. V. Strategy and tactics of dynamic decrease and operational injuries elimination in agrarian and industrial complex (the theory and practice) : monograph. – SPb. : SPbSAU, 2007. – 580 p.
5. Bibliographic index of works V. S. Shkrabak. – SPb., 2012. – 315 p.
6. Humpbacks, A. A. Transport safety of transport infrastructure objects of the motor transport / A. A. Gorbunov, P. P. Grigorov. – Samara : Kniga, 2013. – 152 p.
7. Hristoforov, E. N. Saving of transport works in agrarian and industrial complex//Tractors and agricultural cars. – 2007. – №6. – P. 55-56.
8. Shkrabak, V. S. Teoretichesky the analysis of safety of transport works in agrarian and industrial complex / V. S. Shkrabak, E. N. Hristoforov, R. V. Shkrabak // Tractors and agricultural cars. – 2009. – №5. – P. 46-48.
9. Shkrabak, V. S. Methodological aspects of theoretical justification of transport works security and technical means of its realization / V. S. Shkrabak, E. N. Hristoforov, R. V. Shkrabak // Messenger of the Saratov state agrouniversity of N. I. Vavilov. – 2009. – №3. – P. 55-64.

# Информация для авторов

Самарская государственная сельскохозяйственная академия предлагает всем желающим аспирантам, преподавателям, научным работникам опубликовать результаты исследований в научном журнале «Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии», который включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, по следующим рубрикам:

## *И полугодие*

### Выпуск 1

Ветеринарная медицина;  
Биотехнология и экология животных.

### Выпуск 2

Экономика, организация, статистика и экономический анализ;  
Менеджмент и маркетинг, бухгалтер и финансы, экономическая теория;  
Педагогика и психология.

## *II полугодие*

### Выпуск 3

Эффективность и эксплуатационная надежность сельскохозяйственной техники;  
Современные технологии и средства механизации в растениеводстве;  
Машиноиспользование в специализированных технологиях АПК.

### Выпуск 4

Агрономия и защита растений;  
Технология переработки сельскохозяйственной продукции, товароведение, экспертиза и таможенное дело.

Индекс по каталогу «Почта России» – 72654.

Периодичность выхода – 4 раза в год.

Адрес редакции: 446442, Самарская область, г.о. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2, тел.: (84663) 46-2-47, E-mail: [ssaariz@mail.ru](mailto:ssaariz@mail.ru)

## Требования к оформлению статей

**Статьи представляются в редакционно-издательский центр на русском языке** (1 экз. и их электронные варианты на CD RW, архиваторы не применять). Бумажный и электронный вариант должны полностью соответствовать друг другу.

Статья набирается в редакторе Microsoft WORD со следующими установками: поля страницы сверху – 2 см, слева – 3 см, рамка текста 16 × 25 см. Стилль обычный. Шрифт – Arial Narrow. Размер – 13, межстрочный интервал для текста – полуторный, для таблиц – одинарный, режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту (1,27 см). Слева без абзаца УДК или ББК, пропущенная строка – название статьи (жирным 14 размер), пропущенная строка – ФИО, место работы, ученая степень, ученое звание, должность, контактные телефоны с указанием кода, почтового и электронного адресов, затем пропущенная строка – ключевые слова (3-5 слов), пропущенная строка – реферат на статью, средний объем 2000 символов (200-250 слов), 12 размер, интервал одинарный (не следует начинать реферат с повторения названия статьи; необходимо осветить цель, методы, результаты, желательно с приведением количественных данных, четко сформулировать выводы; не допускается разбивка на абзацы и использование вводных слов и предложений). Пропущенная строка, затем текст статьи (размер шрифта – 13). Текст публикуемого материала должен быть изложен лаконичным, ясным языком. **В начале статьи следует кратко сформулировать проблематику исследования (актуальность), затем изложить цель исследования, задачи данной работы, в конце статьи – полученные научные результаты с указанием их прикладного характера.**

В конце статьи на **АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ** указывают ФИО, место работы, ученую степень, ученое звание, должность, контактные телефоны с кодом, почтовый и электронный адрес, название статьи, ключевые слова, реферат и библиографический список.

В тексте могут быть таблицы и рисунки, таблицы создавать в WORD. Иллюстративный материал должен быть четким, ясным, качественным. Формулы набирать без пропусков по центру. Рисунки и графики только штриховые без полутонов и заливки цветом, подрисовочные надписи выравнивать по центру. Статья не должна заканчиваться формулой, таблицей, рисунком.

**Объем рукописи 7-10 стандартных страниц текста, включая таблицы и рисунки**

(не более трех). Заголовок статьи не должен содержать более 70 знаков.

Библиографический список оформлять по ГОСТ 7.1-2003 (**7-10 источников не старше 10 лет**), по тексту статьи должны быть ссылки на используемую литературу (в квадратных скобках), **НЕ ДОПУСКАЮТСЯ ССЫЛКИ НА УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ.**

**В конце статьи в обязательном порядке указывается рубрика, в которую вы хотите поместить свою статью. Статья подписывается автором и научным руководителем (для аспирантов), прикладывается рецензия специалиста по данной тематике (доктора наук или профессора) и ксерокопия абонемента на полугодовую подписку журнала в соответствии с количеством заявленных авторов. Представляется лично в РИЦ в установленные сроки.**

**За содержание статьи (точность приводимых в рукописи цитат, фактов, статистических данных) ответственность несет автор (авторы).** Материалы, оформление которых не соответствует изложенным выше требованиям, редколлегией не рассматриваются.

*Текст статьи проверяется на антиплагиат, уникальность должна быть не ниже 90%.*

Плата с аспирантов за публикацию рукописи не взимается. Поступившие в редакцию материалы проходят экспертную оценку. В случае отрицательной рецензии статья с рецензией возвращается автору. Отклоненная статья может быть повторно представлена в редакцию после доработки по замечаниям рецензентов. Принятые к публикации или отклоненные редакцией рукописи и дисковые носители авторам не возвращаются.

## ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 633.152.47

### КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМ ВЫСЕВА И ОБРАБОТКИ ГЕРБИЦИДАМИ

**Куконкова Анастасия Александровна**, аспирант кафедры «Технология хранения и переработка сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия». 603107 г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97.

E-mail: [ngsha-kancel-1@bk.ru](mailto:ngsha-kancel-1@bk.ru)

**Терехов Михаил Борисович**, д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой «Технология хранения и переработка сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия». 603107 г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97.

E-mail: [ngsha-kancel-1@bk.ru](mailto:ngsha-kancel-1@bk.ru)

**Ключевые слова:** тритикале, натура, стекловидность, белок, гербициды.

*Цель исследования – улучшить качество зерна ярового тритикале. Опыт закладывался по двухфакторной схеме в 4-кратной повторности. Изучено качество зерна ярового тритикале в зависимости от норм высева и обработки гербицидами (Магнум + Дикамерон Гранд). Посевной материал – яровой тритикале сорта Ульяна. Качество зерна зерновых культур оценивали рядом показателей, которые в совокупности характеризуют его физико-химические, пищевые и технологические свойства. Основные физические показатели качества зерна – натура и стекловидность. Максимальными значениями натуры характеризовалось зерно, полученное в 2007 г. Натура зерна в условиях данного года варьировала от 715 до 716 г/л на вариантах без обработки и от 714 до 716 г/л – на вариантах с обработкой гербицидами. Во все годы исследований стекловидность зерна ярового тритикале в вариантах, обработанных гербицидом, была выше, относительно таковых, необработанных гербицидом. Содержание белка в зерне (в среднем за 3 года) варьировало от 13,1 до 13,9% на вариантах, необработанных гербицидом, и от 13,7 до 14,7% – на вариантах, обработанных гербицидом. В среднем за 3 года величина валового сбора на вариантах без гербицидов составляла 372,3-437,9 кг/га, а на вариантах с обработкой посевов гербицидами – 505,1-553,5 кг/га. Максимальный валовый сбор белка с гектара был получен в 2008 г. Самым низким валовым сбором белка характеризовался 2007 г. Установлено, что качество зерна ярового тритикале зависело от нормы высева и обработки посевов гербицидами.*

Эффективность любого агротехнического приема получения высоких урожаев тритикале подтверждает необходимость применения оптимальных норм высева, обработки гербицидами, и действия на качество получаемой продукции [5].

*Цель исследования – улучшить качество зерна ярового тритикале.*

*Задача исследования – определить оптимальные нормы высева и изучить зависимость от обработки гербицидами.*

*Материалы и методы исследований.* Продолжение текста статьи....

*Результаты исследований.* Продолжение текста статьи....

*Заключение.* Продолжение текста статьи....

#### Библиографический список

1. Алещенко, А. М. Оценка исходного материала для селекции яровых форм тритикале в условиях ЦЧР // Достижения аграрной науки в начале XXI века. – Волгоград ; Воронеж, 2010. – С. 227-231.
2. Булавина, Т. М. О влиянии агробиологических факторов на содержание белка в зерне ярового тритикале // Почвенные исследования и применение удобрений : сб. науч. тр. – Минск : Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, 2007. – Вып. 27. – С.183-189.
3. Булавина, Т. М. Основные факторы, определяющие содержание белка в зерне озимого тритикале // Наука – сельскохозяйственному производству и образованию. – Смоленск, 2009. – С. 45-47.
4. ГОСТ Р 53899 – 2010. Тритикале кормовое. Технические условия. – М., 2011. – 56 с.
5. Кшникаткина, А. Н. Сортоизучение озимой тритикале / А. Н. Кшникаткина, Н. В. Рогожкина // Кормопроизводство. – 2013. – №10. – С. 21-22.
6. Мастеров, А. С. Влияние удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество зерна яровой тритикале и картофеля на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах северо-восточной части Республики Беларусь : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / Мастеров Алексей Сергеевич. – Минск, 2008. – С. 23.
7. Пшеничко, Н. М. Влияние нормы высева на урожайность и качество зерна ярового тритикале / Н. М. Пшеничко, В. С. Тоцев // Совершенствование технологий производства и повышение качества продуктивности растениеводства. – Нижний Новгород, 2008. – С. 28-30.

UDK 633.152.47

#### THE QUALITY OF SPRING TRITICALE GRAIN DEPENDING ON SOWING NORM AND PROCESSING BY HERBICIDES

Kukonkova A. A., graduate student of the department «Technology of storage and processing of agricultural products», State educational institution of higher education «Nizhny Novgorod State Agricultural Academy», 603107, Nizhny Novgorod, Gagarin Avenue, 97.

E-mail: [ngsha-kancel-1@bk.ru](mailto:ngsha-kancel-1@bk.ru)

Terehov M. B., dr. agricultural sciences, prof., head of the department «Technology of storage and processing of agricultural products», «State educational institution of higher education «Nizhny Novgorod State Agricultural Academy».

603107, Nizhny Novgorod, Gagarin Avenue, 97.

E-mail: [ngsha-kancel-1@bk.ru](mailto:ngsha-kancel-1@bk.ru)

Keywords: triticale, nature, vitreous, protein, herbicides.

The purpose of the study – to improve the quality of grain of spring Triticale. The Experience was conducted within two-factor scheme in 4 replicates. The quality of grain of spring Triticale has been studied depending on seeding rates and herbicide treatment (Magnum + Dikameron Grand). Seed material – spring Triticale variety – Ulyana. The quality of grain crops was estimated by a number of indicators that jointly characterize its physical-chemical, nutritional and technological properties. The basic physical parameters of grain quality – nature and glassy. Grain obtained in 2007 has been characterized by Maximum values of nature. Grain nature of the current year ranged from 715 to 716 g/l for versions without herbicide treatment and from 714 to 716 g/l – for versions with herbicide treatment. In every experiment year herbicide treated spring Triticale grain glassiness was higher relative to that of untreated herbicide. The protein content in grain (average for 3 years) ranged from 13.1 to 13.9% for trials untreated herbicide and from 13.7 to 14.7% – by trials with herbicide treatment. The average 3-year value of total yield for treatments without herbicides was 372.3-437.9 kg / ha, and on the options to the processing of crops with herbicides – 505.1-553.5 kg/ha. The maximum total yield of protein per hectare was obtained in 2008 The lowest gross protein was characterized in 2007 found that the quality of grain of spring Triticale has been dependent on a seeding rate and herbicides application on seeded crops.

#### Bibliography

1. Aleshchenko, A. M. Evaluation of starting material for selection of spring triticale forms in the Central chernozemic area // Achievements of agricultural science in the beginning of the XXI century. – Volgograd ; Voronezh, 2010. – P. 227-231.
2. Bulavina, T. M. Agro-biological factors impact on spring triticale grain protein content // Soil research and fertilizers application : collection of scientific papers. – Minsk : Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry of the Belarus NAS. – 2007. – Vol. 27. – P.183-189.
3. Bulavina, T. M. Key factors determining protein content in the winter triticale grain // Science to agricultural production and education. – Smolensk, 2009. – P. 45-47.
4. GOST R 53899-2010. Triticale forage. Specifications. – M., 2011. – 56 с.
5. Kshnikatkina, A. N. Winter triticale varieties study / A. N. Kshnikatkina, N. V. Rogozshkina // Feeds production. – 2013. – №10. – P. 21-22.
6. Masterov, A. S. Influence of fertilizers and growth regulators on yield and quality of spring triticale grain and potato on the sod-podzolic loam soils in the environment of north-eastern part of the Republic Belarus : candidate of agricultural sciences dissertation author's abstract : 06.01.04 / Masterov Aleksey Sergeevich. – Minsk, 2008. – P. 23.
7. Pshenichko, N. M. Seeding rate effect on spring triticale yield and grain quality / N. M. Pshenichko, V. S. Toshev // Production technologies and crop productivity improvement. – Nizhniy Novgorod, 2008. – P. 28-30.

**Убедительно просим проверить текст на наличие орфографических и синтаксических ошибок.**