

# Известия

САМАРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ

DOI 10.12737/issn.1997-3225

16+

Выпуск 4

2018

# **ИЗВЕСТИЯ**

Самарской государственной  
сельскохозяйственной академии

ОКТАБРЬ-ДЕКАБРЬ Вып.4/2018

Самара 2018

# **Bulletin**

Samara State  
Agricultural Academy

OCTOBER-DECEMBER Iss.4/2018

Samara 2018

УДК 619  
И-33

# Известия

Самарской государственной  
сельскохозяйственной академии

Вып.4/2018

В соответствии с решением Президиума Высшей аттестационной комиссии (ВАК) при Министерстве образования и науки Российской Федерации от 9 августа 2018 года журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

**УЧРЕДИТЕЛЬ и ИЗДАТЕЛЬ:**

ФГБОУ ВО 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 Василий Григорьевич** – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой растениеводства и земледелия ФГБОУ ВО Самарской ГСХА.

**Шевченко Сергей Николаевич** – чл.-корр. РАН, доктор с.-х. наук, директор ФГБНУ «Самарский НИИ сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова».

**Баталова Галина Аркадьевна** – академик РАН, профессор, доктор с.-х. наук, зам. директора по селекционной работе ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого».

**Косельев Виталий Витальевич** – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой селекции, семеноводства и биологии ФГБОУ ВО Пензенского ГАУ.

**Еськов Иван Дмитриевич** – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой защиты растений и плодовоовощеводства ФГБОУ ВО Саратовского ГАУ им. Н. И. Вавилова.

**Костин Яков Владимирович** – д-р с.-х. наук, проф. кафедры лесного дела, агрохимии и экологии ФГБОУ ВО Рязанского ГАТУ им. П. А. Костычева.

**Мальчиков Петр Николаевич** – д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции яровой твердой пшеницы ФГБНУ «Самарский НИИ сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова».

**Баймишев Хамидулла Балуханович** – д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой анатомии, акушерства и хирургии ФГБОУ ВО Самарской ГСХА.

**Беляев Валерий Анатольевич** – д-р ветеринар. наук, проф. кафедры терапии и фармакологии ФГБОУ ВО Ставропольского ГАУ.

**Никулин Владимир Николаевич** – д-р с.-х. наук, проф., декан факультета биотехнологии и природопользования, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО Оренбургского ГАУ.

**Варакин Александр Тихонович** – д-р с.-х. наук, проф. кафедры частной зоотехнии ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ.

**Еремин Сергей Петрович** – д-р ветеринар. наук, проф., зав. кафедрой частной зоотехнии, разведения сельскохозяйственных животных и акушерства ФГБОУ ВО Нижегородской ГСХА.

**Сейтов Марат Султанович** – д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой незаразных болезней животных ФГБОУ ВО Оренбургского ГАУ.

**Семиволод Александр Мефодьевич** – д-р ветеринар. наук, проф. кафедры болезней животных и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО Саратовского ГАУ им. Н. И. Вавилова.

**Шарафутдинов Газимзян Салимович** – д-р с.-х. наук, проф. кафедры биотехнологии, животноводства и химии ФГБОУ ВО Казанского ГАУ.

**Лущников Владимир Петрович** – д-р с.-х. наук, проф. кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Ульяновского ГАУ им. П. А. Столыпина.

**Курочкин Анатолий Алексеевич** – д-р техн. наук, проф. кафедры пищевых производств ФГБОУ ВО Пензенского ГАУ.

**Крючин Николай Павлович** – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой механики и инженерной графики ФГБОУ ВО Самарской ГСХА.

**Ишачков Александр Павлович** – д-р техн. наук, проф. кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин Национального Исследовательского Мордовского ГУ им. Н. П. Огарева.

**Уханов Александр Петрович** – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой тракторов, автомобилей и теплотехники ФГБОУ ВО Пензенского ГАУ.

**Курдюмов Владимир Иванович** – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой агротехнологий, машин и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО Ульяновского ГАУ им. П. А. Столыпина.

**Коновалов Владимир Викторович** – д-р техн. наук, проф. кафедры технологий машиностроения ФГБОУ ВО Пензенского ГАУ.

**Петрова Светлана Станиславовна** – канд. техн. наук, доцент кафедры механики и инженерной графики ФГБОУ ВО Самарской ГСХА.

**Траисов Балаш Бакишевич** – академик КазНАЕН, КазАХН, д-р с.-х. наук, проф., директор департамента животноводства НАО «Западно-Казхстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана».

**Боничан Борис Павлович** – д-р с.-х. наук, проф., зав. отделом устойчивых систем земледелия, НИИ полевых культур «Селекция», г. Балца, Республика Молдова.

**Редакция научного журнала:**

*Петрова С. С. – ответственный редактор*

*Меньшова Е. А. – технический редактор*

*Федорова Л. П. – корректор*

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

Тел.: 8 939 754 04 86 (доб. 608)

E-mail: ssaanz@mail.ru

Отпечатано в типографии

ООО «КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО»

г. Самара, ул. Песчаная, 1

Тел.: (846) 267-36-82

E-mail: izdatkniga@yandex.ru

Подписной индекс в каталоге «Почта России» – 72654

Цена свободная

Подписано в печать 15.10.2018

Формат 60×84/8

Печ. л. 14, 13

Тираж 1000. Заказ №1730

Дата выхода 25.10.2018

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 14 июля 2014 года.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-58582

© ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, 2018

16+

UDK 619  
I-33

# Bulletin

Samara State Agricultural  
Academy

Iss.4/2018

In accordance with Order of the Presidium of the Higher Attestation Commission of the Russian Ministry of Education and Science (VAK) of August 9, 2018 the journal was included in the list of the peer-reviewed scientific journals, in which the major scientific results of dissertations for obtaining Candidate of Sciences and Doctor of Sciences degrees should be published.

**ESTABLISHER and PUBLISHER:**

FSBEI HE Samara SAA  
446442, Samara Region, settlement Ust-Kinelskiy, 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 Vasily Grigorevich** – Dr. of Ag. Sci., Professor, head of the Plant Growing and Agriculture department, FSBEI HE Samara SAA.

**Shevchenko Sergey Nikolaevich** – correspondent member of the RAS, Dr. of Ag. Sci., Professor, Vice-Director FSBUS «Samara Research Institute of Agriculture, named after N. M. Tulaykov».

**Batalova Galina Arkadyevna** – academician of the RAS, professor, Dr. of Ag. Sci. Breeding work deputy director of the FBSU «Federal Agrarian Scientific Center of the North-East, named after N. V. Rudnitsky».

**Koshelyev Vitaly Vitalyevich** – Dr. of Ag. Sci., prof., head. Department of Selection, Seed and Biology FSBEI HE Penza SAU.

**Esikov Ivan Dmitrievich** – Dr. of Ag. Sci., Professor of the department Plant Protection and Horticulture, FSBEI HE Saratov SAU named after N. I. Vavilov.

**Kostin Yakov Vladimirovich** – Dr. of Ag. Sci., Dr. prof. of the Department of Forestry, Agrochemistry and Ecology FSBEI HE Ryazan SATU named after P. A. Kostihev.

**Malchikov Petr Nikolaevich** – Dr. of Ag. Sci., Dr. chief researcher of the laboratory for selection of spring durum wheat FBSBU «Samara Research Institute of Agriculture, named after N. M. Tulaykov».

**Baimishev Hamidulla Baltukhanovich** – Dr. of Biol. Sciences, prof., head. Department of Anatomy, Obstetrics and Surgery FSBEI HE Samara SAA.

**Belyaev Valery Anatolievich** – Dr. of Vet. Sc., prof. of the Department of Therapy and Pharmacology FSBEI HE Stavropol SAU.

**Nikulin Vladimir Nikolaevich** – Dr. of Ag. Sci., Professor, Dean of the Faculty of Biotechnology and Nature Management, Professor of the Chemistry Department FSBEI HE Orenburg SAU.

**Varakin Alexander Tikhonovich** – Dr. of Ag. Sci., Prof. Department of private zootechny FSBEI HE Volgograd SAU.

**Eremin Sergey Petrovich** – Dr. of Vet. Sc., prof., of the Department of private zootechny, farming animals breeding and obstetrics FSBEI HE Nizhny Novgorod SAA.

**Seytov Marat Sultanovich** – Dr. Biol. Sciences, prof., head. Department of non-communicable diseases of animals Department FSBEI HE Orenburg SAU.

**Semyvolos Alexander Meffodievich** – Dr. Veterinarian. Sciences, prof. Department of Animal Diseases and Veterinary-Sanitary Expertise of the Federal State Educational Establishment of the Saratov State University named after. N. I. Vavilov.

**Sharafutdinov Gazimzyan Salimovich** – Dr. of Ag. Sci., prof. of the Department of Biotechnology, Livestock and Chemistry FSBEI HE Kazan SAU.

**Lushnikov Vladimir Petrovich** – Dr. of Ag. Sci., prof. of the Department of production and processing technology of livestock products FSBEI HE Saratov SAU named after P. A. Vavilov.

**Kurochkin Anatoly Alekseevich** – Dr. of Tech. Sci., Prof. of the Department Food Manufactures, FSBEI HE Penza STU.

**Krjuchin Nikolay Pavlovich** – Dr. of Tech. Sci., Professor, head of the Mechanics and Engineering Schedules department, FSBEI HE SAA.

**Ishachkov Alexander Pavlovich** – Dr. of Tech. Sci., Professor, head of the Mobile Energy Means and Farm Machine department, National Research Mordovian SU named after Ogaryov.

**Ukhanov Alexander Petrovich** – Dr. of Tech. Sci., Professor, head of the tractors, automobiles and heat power engineering, FSBEI HE Penza SAU.

**Kurdyumov Vladimir Ivanovich** – Dr. of Tech. Sci., Professor, head of the department «Safety of Ability to Live and Power», FSBEI HE Ulyanovsk SAU named after P. A. Stolypin.

**Konovvalov Vladimir Viktorovich** – Dr. of Tech. Sci., Professor of the Department of Engineering Technology, FSBEI HE Penza STU.

**Petrova Svetlana Stanislavovna** – Cand. of Tech. Sci., Associate Professor of the Department Mechanics and Engineering Schedules FSBEI HE SAA.

**Traisov Balush Bakishevich** – Academician of KazNAS, KazAAS, Dr. of Agr. Sc., Professor, Director of the Animal Husbandry Department of the SAU «West Kazakhstan ATU named after Zhanqir Khan».

**Bonichan Boris Pavlovich** – Dr. of Ag. Sc., prof., head. Department of Sustainable Agricultural Systems, Research Institute of Field Crops «Selection», Balti t., Republic of Moldova.

**Edition science journal:**

*Petrova S. S. – editor-in-chief*

*Men'shova E. A. – technical editor*

*Fedorova L. P. – proofreader*

Editorial office: 446442, Samara Region, settlement Ust-Kinelskiy, 2 Uchebnaya str.

Tel.: 8 939 754 04 86 (ext. 608)

E-mail: ssaanz@mail.ru

Printed in Print House

LLC «BOOK PUBLISHING HOUSE»

Samara, 1 Peschanaya str.

Tel.: (846) 267-36-82

E-mail: izdatkniga@yandex.ru

Subscription index in catalog «Mail of Russia» – 72654

Price undefined

Signed in print 15.10.2018

Format 60×84/8

Printed sheets 14, 13

Print run 1000. Edition №1730

Publishing date 25.10.2018

The journal is registered in Supervision Federal Service of Telecom sphere, information technologies and mass communications (Roscomnadzor) July 14, 2014.

The certificate of registration of the PI number FS77 – 58582

© FSBEI HE Samara SAA, 2018

16+

## СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

DOI 10.12737/23599

УДК 631.635

### ДИНАМИКА АЗОТА И ФОРМИРОВАНИЕ БЕЛКОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

**Бакаева Наталья Павловна**, д-р биол. наук, проф. кафедры «Садоводство, ботаника и физиология растений», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

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

E-mail: bakaevanpr@mail.ru

**Салтыкова Ольга Леонидовна**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Садоводство, ботаника и физиология растений», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

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

E-mail: saltykova\_o\_l@mail.ru

**Царевская Валентина Михайловна**, канд. биол. наук, доцент кафедры «Садоводство, ботаника и физиология растений», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

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

E-mail: cvm57@yandex.ru

**Ключевые слова:** пшеница, предшественник, обработка, почва, удобрения, урожайность, азот, белок, нитратный.

*Цель исследования – повышение урожайности и белковости зерна озимой пшеницы в условиях лесостепи Заволжья. Объект исследований – зерно озимой пшеницы районированного сорта Малахит. Работа проводилась в 2004-2007 гг. на опытном поле ФГБОУ ВО Самарской ГСХА. Озимая пшеница возделывалась в звеньях севооборотов по чистому, занятому (горох) и сидеральному (горох с овсом) пару. Применяли следующие системы основной обработки почвы: вспашка на глубину 25-27 см; рыхление на глубину 10-12 см; «нулевая обработка почвы» – без осенней механической обработки почвы. На посевах озимой пшеницы в определённые сроки применяли следующие дозы азотных подкормок: без применения удобрений (контроль); прикорневая подкормка аммиачной селитрой в дозе 30 кг/га д.в. весной в фазе кущения растений; прикорневая подкормка аммиачной селитрой в дозе 30 кг/га д.в. в фазу кущения и некорневая подкормка мочевиной под налив зерна в дозе 30 кг/га д.в. В зависимости от различных агротехнологий возделывания результаты исследований показали, что наибольшая урожайность (27,9 ц/га) и масса 1000 зерен (46,8 г) озимой пшеницы получена в звене севооборота с чистым паром при нулевой обработке почвы и двукратном применении азотных подкормок. При этом вынос азота был наибольшим, что на 10% выше, чем на варианте со вспашкой на 25-27 см, и на 22% – на варианте рыхление на 10-12 см. Содержание азота в зерне в среднем по чистому пару составило 2,3%, по занятому – 2,2% и 2,1% – сидеральному. Наибольшее содержание азота (2,44%) в зерне отмечалось в звене севооборота с чистым паром по вспашке на 25-27 см и рыхлении почвы на 10-12 см при двукратном внесении азотных подкормок в дозе 30 кг/га д.в., при этом содержание белка составило 13,92 и 13,80%.*

# NITROGEN DYNAMICS AND WHEAT PROTEIN PRODUCTIVITY FORMATION WITH VARIOUS AGRO-TECHNOLOGIES

**Bakaeva N. P.**, dr. biol. sciences, professor of the department «Gardening, botany and physiology of plants», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya st., 2.

E-mail: bakaevanp@mail.ru

**Saltykova O. L.**, cand. of agricultural sciences, associate professor of the department of «Gardening, botany and physiology of plants», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya st., 2.

E-mail: saltykova\_o\_l@mail.ru

**Tsarevskaya V. M.**, cand of biol. sciences, associate professor of the department of «Gardening, botany and physiology of plants», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya st., 2.

E-mail: cvm57@yandex.ru

**Keywords:** wheat, precursor, tillage, soil, fertilizers, yield, nitrogen, protein, nitrate.

The aim of the study is to increase the yield and protein content of winter wheat in the forest-steppe conditions of the Volga region. The object of research is winter wheat grain of zoned variety Malakhit. The work was carried out in 2004-2007 on the experimental fields of the Samara State Agricultural Academy. Winter wheat was cultivated in the links of crop rotations on bare fallow, full (peas) fallow and green – manured (peas and oats) fallow. The following systems of basic tillage were used: plowing at a depth of 25-27 cm; loosening at a depth of 10-12 cm; «zero tillage» – without autumn mechanical tillage. The following doses of nitrogen fertilization were applied on winter wheat sowing at the certain time: no fertilizer application (control); ammonium nitrate plant-root fertilization in the dose of 30 kg/ha as. in spring during the tillering phase; plant-root ammonium nitrate fertilization in the dose of 30 kg/ha as. in spring during the plants tillering phase and leaf spray fertilization with urea for filling of the grain. Depending on the different agricultural technologies of cultivation, the results showed that the highest yield (27.9 kg/ha) and the weight of 1000 grains (46.8 g) of winter wheat was obtained in the link of crop rotation with bare fallow with zero tillage and double nitrogen fertilization. At the same time, nitrogen removal was the highest, it is 10% higher than the variant with plowing at 25-27 cm, and 22% – the variant of loosening at 10-12 cm. On the average nitrogen content in grain on bare fallow was 2.3%, full fallow – 2.2%, and 2.1% – green-manure fallow. The highest nitrogen content (2.44%) in grain was observed in bare fallow crop rotation with the tillage at 25-27 cm and loosening of the soil at 10-12 cm and double nitrogen fertilization in the dose of 30 kg/ha as., while the protein content was 13.92 and 13.80%.

Одним из самых важных показателей качества зерна пшеницы является содержание белка. От содержания белка в зерне, его физико-химических свойств в основном зависит качество зерна злаковых культур – его питательная ценность, и кроме того, хлебопекарные качества. Отсюда понятно то внимание, которое уделяется увеличению производства растительного белка. Содержание белка в зерне пшеницы является изменчивым признаком и в зависимости от условий выращивания может варьировать в очень широких пределах – от 8 до 25%. Основными факторами, влияющими на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, являются обеспеченность растений доступным азотом и влагой. Приемы, позволяющие повысить эти показатели, – размещение озимой пшеницы по лучшим предшественникам, рациональная обработка почвы, применение удобрений и др. [1, 2, 3, 4, 5].

**Цель исследования** – повышение урожайности и белковости зерна озимой пшеницы в условиях лесостепи Заволжья.

**Задача исследования** – определить зависимость накопления нитратного азота под посевами озимой пшеницы в слое почвы 0-30 см, урожайности и белковости зерна пшеницы от различных предшественников, способов основной обработки почвы и внесения азотных подкормок; изучить динамику накопления азота в листьях и зерне озимой пшеницы.

**Материалы и методы исследований.** Работа проводилась в условиях лесостепи Заволжья в 2004-2007 гг. на опытном поле ФГБОУ ВО Самарской ГСХА. Почва опытного участка – чернозем типичный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый с реакцией среды (рН) близкой

к нейтральной и средним содержанием гумуса. Площадь делянок – 1200 м<sup>2</sup>. Повторность опытов трехкратная. Объект исследований – зерно озимой пшеницы районированного сорта Малахит, которая возделывалась в звеньях севооборотов по чистому, занятому (горох) и сидеральному (горох с овсом) пару. Применяли следующие системы основной обработки почвы: вспашка на глубину 25-27 см; рыхление на глубину 10-12 см; «нулевая обработка почвы» – без осенней механической обработки почвы, после уборки предшественников применялся гербицид сплошного действия Торнадо. На посевах озимой пшеницы в определённые сроки применяли следующие дозы азотных подкормок: без применения удобрений (контроль); прикорневая подкормка аммиачной селитрой в дозе 30 кг/га д.в. весной в фазу кущения растений, N<sub>30</sub>; прикорневая подкормка аммиачной селитрой в дозе 30 кг/га д.в. в фазу кущения и некорневая подкормка мочевиной под налив зерна в дозе 30 кг/га д.в., N<sub>30</sub>+N<sub>30</sub>.

Метеорологические условия в годы проведения исследований были контрастными. По данным метеостанции «Усть-Кинельская», сельскохозяйственный 2003-2004 год характеризовался повышенным температурным режимом и обилием осадков – в 1,1-1,3 раза выше многолетней нормы. Гидротермический коэффициент за период май-сентябрь 0,81, близкий к среднемноголетним значениям (0,83). Погодные условия 2004-2005 сельскохозяйственного года характеризовались повышенным температурным режимом и недостатком осадков, меньше нормы в 6,4 раза. Гидротермический коэффициент за период май-сентябрь 2005 года 0,55. Сельскохозяйственный год 2005-2006 характеризовался несколько повышенным температурным режимом и обильными дождями. Гидротермический коэффициент за период май-сентябрь 2006 года 1,08. Погодные условия 2006-2007 сельскохозяйственного года способствовали повышению урожая, но отрицательно влияли на биохимические показатели качества зерна пшеницы. Период активного роста сельскохозяйственных культур (июнь-июль) характеризовался температурным режимом, близким к среднемноголетним значениям, и обильными дождями. Гидротермический коэффициент за период май-сентябрь 2007 года 1,02.

По температурному режиму и характеру увлажнения только 2004 г. можно считать благоприятным для роста, развития и формирования урожая сельскохозяйственных культур, 2005 г. очень засушливый, 2006 г. слабо засушливый с обильными дождями и 2007 г. с атмосферной засухой в конце вегетации.

Учет урожая проводили путем сплошной уборки делянок комбайном. Урожай приводили к 14% влажности и базисным кондициям по содержанию сорной примеси. Определение нитратного азота в почве проводили дисульфифеноловым методом (Б. П. Плешков, 1976). Отбор растений для проведения биохимических исследований в листьях и формирующемся зерне проводился в соответствующие фазы развития растений согласно методу отбора средних проб (А. И. Ермаков, 1987). Вынос питательных веществ определяли расчётным путём на основании данных по химическому составу и урожайности. Математическая обработка урожайных данных проводилась дисперсионным методом (Б. А. Доспехов, 1985) [6]. Выделение отдельных белковых фракций зерна пшеницы было основано на неодинаковой растворимости белков в различных растворителях (Х. Н. Починок, 1976). Определение содержания белка проводили микроопределением по Биурету, колориметрическим методом на приборе КФК-2 (Г. А. Кочетов, 1971) [7].

**Результаты исследований.** Среди основных элементов питания, необходимых для роста и развития растений, ведущая роль принадлежит нитратному азоту. Азотный режим наиболее неустойчивый и зависит от погодных условий, культур севооборота, и от способов основной обработки почвы. При повышенном содержании легкогидролизуемого азота в слое почвы 0-30 см, под посевами озимой пшеницы в период кущения без внесения удобрений наибольшее содержание нитратного азота было по чистому пару, затем по сидеральному, и далее по занятому. Вспашка на 25-27 см по сравнению с другими применяющимися обработками обеспечила большее содержание нитратного азота. Применяющаяся подкормка азотными удобрениями способствовала повышению содержанию азота по всем вариантам. В фазе налива зерна произошло уменьшение содержания азота по всем вариантам. Перед уборкой зерна результаты определения содержания азота в почве более высокие, чем в предыдущей стадии его развития.

Абсолютного содержания нитратного азота в почве в большей степени было в варианте чистый пар, по вспашке и при двукратном внесении азотных подкормок (табл. 1).

Таблица 1

Содержание нитратного азота в слое почвы 0-30 см под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественника, способов основной обработки почвы и удобрений, в среднем за годы исследований

Обработка почвы	Удобрения	Содержание NO <sup>3-</sup> , мг/кг		
		Кущение	Налив зерна	Перед уборкой
Вспашка на 25-27 см	Без удобрений	23,53	9,88	14,71
	N <sub>30</sub>	41,30	18,82	22,21
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	-	20,74	21,89
Рыхление на 10-12 см	Без удобрений	24,37	9,57	13,68
	N <sub>30</sub>	39,77	17,64	19,74
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	-	19,03	21,64
«Нулевая» обработка	Без удобрений	19,98	8,59	10,72
	N <sub>30</sub>	34,02	13,07	16,99
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	-	14,79	18,60
Вспашка на 25-27 см	Без удобрений	20,09	9,41	13,48
	N <sub>30</sub>	37,01	17,30	18,94
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	-	18,66	20,01
Рыхление на 10-12 см	Без удобрений	19,41	9,98	12,56
	N <sub>30</sub>	35,40	16,44	18,35
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	-	18,82	18,46
«Нулевая» обработка	Без удобрений	16,71	8,57	10,44
	N <sub>30</sub>	32,21	13,08	13,77
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	-	13,78	13,21
Вспашка на 25-27 см	Без удобрений	21,80	9,05	14,00
	N <sub>30</sub>	42,31	18,38	21,42
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	-	17,69	20,75
Рыхление на 10-12 см	Без удобрений	20,16	8,65	12,64
	N <sub>30</sub>	38,31	17,76	19,12
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	-	16,72	20,01
«Нулевая» обработка	Без удобрений	16,91	8,47	10,50
	N <sub>30</sub>	34,52	15,23	15,65
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	-	14,76	15,28

Большая часть белка в зерне синтезируется в результате оттока азотистых веществ из листьев, накопленных в них к началу налива зерна, и за счет поглощения корнями из почвы в период налива. Соотношение между этими двумя источниками изменяется в значительных пределах в зависимости от обеспеченности растений азотом в период налива зерна.

Накопление общего белка в листьях озимой пшеницы в среднем по всем вариантам опыта составляло в фазе кущения 2,83%, выхода в трубку – 4,97%, колошения – 6,19%. Содержание азота в листьях увеличивалось к фазе колошения. Обеспеченность растений азотом способствовала получению в фазе колошения наибольшего содержания белка в листьях по чистому пару при вспашке на 25-27 см и рыхлении почвы на 10-12 см (табл. 2).

Таблица 2

Влияние предшественников, основной обработки почвы и удобрений на содержание белка и азота в листьях по фазам развития озимой пшеницы, в среднем за 2004-2007 гг.

Обработка почвы	Удобрения	Фаза кущения		Фаза выход в трубку		Фаза колошения	
		Белок в листьях, %	N в листьях, %	Белок в листьях, %	N в листьях, %	Белок в листьях, %	N в листьях, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Чистый пар							
Вспашка на 25-27 см	Без удобрений	2,79	0,49	5,00	0,88	6,29	1,10
	N <sub>30</sub>	2,97	0,52	5,38	0,94	6,59	1,16
Рыхление на 10-12 см	Без удобрений	2,75	0,48	4,97	0,87	6,06	1,06
	N <sub>30</sub>	3,01	0,53	5,16	0,91	6,50	1,14
«Нулевая» обработка	Без удобрений	2,62	0,46	4,68	0,82	5,84	1,02
	N <sub>30</sub>	2,81	0,49	4,95	0,87	6,33	1,11

1	2	3	4	5	6	7	8
Занятый пар							
Вспашка на 25-27 см	Без удобрений	2,77	0,49	4,53	0,79	6,09	1,07
	N <sub>30</sub>	2,89	0,51	4,85	0,85	6,50	1,14
Рыхление на 10-12 см	Без удобрений	2,65	0,46	4,66	0,82	6,01	1,05
	N <sub>30</sub>	2,97	0,52	5,00	0,88	6,32	1,11
«Нулевая» обработка	Без удобрений	2,51	0,44	4,33	0,76	5,82	1,02
	N <sub>30</sub>	2,65	0,47	4,54	0,80	6,13	1,08
Сидеральный пар							
Вспашка на 25-27 см	Без удобрений	2,86	0,50	5,13	0,90	5,97	1,05
	N <sub>30</sub>	3,00	0,53	5,55	0,97	6,45	1,13
Рыхление на 10-12 см	Без удобрений	2,94	0,52	5,16	0,91	5,97	1,05
	N <sub>30</sub>	3,02	0,53	5,38	0,94	6,49	1,14
«Нулевая» обработка	Без удобрений	2,78	0,49	5,01	0,88	5,78	1,01
	N <sub>30</sub>	2,87	0,50	5,18	0,91	6,23	1,09

Урожайность озимой пшеницы по чистому пару по сравнению с занятым и сидеральным парами была выше на 0,75 т/га и на 0,16 т/га, соответственно. Масса 1000 зерен в звене севооборота с чистым паром составила в среднем 44,27 и 44,53 г в звене севооборота с занятым паром, в звене с сидеральным – 44,23 г.

Наибольший урожай зерна озимой пшеницы по чистому пару – 2,79 т/га, по занятому пару – 2,25 т/га и по сидеральному – 2,60 т/га получен на вариантах без проведения осенней механической обработки почвы при применении двукратной азотной подкормки по 30 кг/га д.в. Данным вариантам соответствовали и наибольшие значения массы 1000 зерен на уровне 46,6 г (табл. 3).

Вынос общего азота урожаем по чистому пару составил 144,59 кг/га, по занятому – 70,3 кг/га, по сидеральному – 116,28 кг/га. В варианте без применения удобрений вынос азота составил 93,12 кг/га за ротацию.

Применение азотной подкормки в фазу кущения увеличило вынос азота на 23,89 кг/га, а двукратное применение – на 27,92 кг/га в сравнении с контролем.

Наибольший вынос азота отмечался при «нулевой обработке почвы» – в среднем 123,58 кг/га, что на 10% выше, чем в варианте со вспашкой на 25-27 см, и на 22%, чем в варианте рыхление на 10-12 см.

Содержание азота в зерне по чистому пару составило 2,3%, по занятому – 2,2% и 2,1% – сидеральному. При применении прикорневой подкормки азотом (N<sub>30</sub>) в фазу кущения содержание азота в зерне было в среднем 2,2%, что на 6,3% выше, чем в варианте без применения удобрений. Двукратное применение азотных подкормок в дозе 30 кг/га д.в. увеличивало содержание азота в зерне в среднем на 8,4%, в сравнении с контролем.

Наивысшее содержание азота в зерне (2,42-2,44%) отмечалось в вариантах по чистому пару при вспашке на 25-27 см и рыхлении почвы на 10-12 см при двукратном применении азотных подкормок.

Содержание белка в зерне озимой пшеницы по чистому пару на 4,9 и 9,4% выше, чем по занятому и сидеральному.

При возрастании белковости зерна в зависимости от условий выращивания повышается и содержание всех белковых фракций в зерне, но не в одинаковой мере: более всего проламинов, меньше глютелинов и еще меньше альбуминов и глобулинов. При этом содержание клейковинных фракций составило в среднем 5,55 и 2,99%.

Наибольшее содержание белка по всем паровым предшественникам отмечалось при вспашке на 25-27 см и рыхлении почвы на 10-12 см, и было на 5 и 3% выше соответственно, чем при «нулевой» обработке.

При двукратном внесении азотных подкормок увеличивалось содержание фракций проламинов и глютелинов, что составило в среднем 5,55 и 3,02% соответственно. Под влиянием азотных удобрений повышалась и концентрация белка в зерне – это результат усиления синтеза белка, т.е. абсолютное увеличение его количества в зерне.

Таблица 3

Влияние предшественников, основной обработки почвы и удобрений на урожайность озимой пшеницы, содержание белка и азота в зерне в фазе полной спелости и вынос азота с урожаем, в среднем за 2004-2007 гг.

Обработка почвы	Удобрения	Урожайность, ц/га	Белок в зерне, %	N в зерне, %	Общий вынос азота урожаем, кг/га	Вынос N на 1 ц зерна, кг/га
Чистый пар						
Вспашка на 25-27 см	Без удобрений	23,7	12,74	2,24	125,80	5,31
	N <sub>30</sub>	25,5	13,65	2,39	155,30	6,09
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	25,9	13,92	2,44	163,70	6,32
Рыхление на 10-12 см	Без удобрений	22,4	12,61	2,21	110,90	4,95
	N <sub>30</sub>	24,3	13,36	2,34	138,30	5,69
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	25,0	13,80	2,42	132,50	5,30
«Нулевая» обработка	Без удобрений	24,7	12,10	2,12	129,40	5,24
	N <sub>30</sub>	27,0	13,00	2,28	166,30	6,16
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	27,9	13,12	2,30	179,10	6,42
Занятый пар						
Вспашка на 25-27 см	Без удобрений	14,8	11,84	2,07	45,30	3,06
	N <sub>30</sub>	17,1	12,90	2,26	66,00	3,86
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	18,6	13,58	2,38	82,40	4,43
Рыхление на 10-12 см	Без удобрений	14,3	11,91	2,08	42,50	2,97
	N <sub>30</sub>	16,2	12,61	2,21	57,90	3,58
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	17,3	13,14	2,31	69,00	3,99
«Нулевая» обработка	Без удобрений	18,4	11,34	1,99	67,30	3,66
	N <sub>30</sub>	20,3	12,29	2,16	88,90	4,38
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	22,5	12,78	2,24	113,40	5,04
Сидеральный пар						
Вспашка на 25-27 см	Без удобрений	23,2	11,79	2,07	111,36	4,80
	N <sub>30</sub>	24,3	12,44	2,18	128,50	5,29
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	23,3	12,49	2,19	118,83	5,10
Рыхление на 10-12 см	Без удобрений	22,0	11,47	2,01	97,24	4,42
	N <sub>30</sub>	23,8	11,89	2,09	118,30	4,97
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	22,1	12,18	2,14	104,50	4,73
«Нулевая» обработка	Без удобрений	23,5	11,19	1,96	108,30	4,61
	N <sub>30</sub>	25,4	11,83	2,07	133,60	5,26
	N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	24,6	11,90	2,08	125,90	5,12

Примечание. Дисперсионный анализ полученных в опыте данных по урожайности каждого года исследований с расчетами НСР<sub>05</sub> показал, что все результаты опыта достоверны.

**Заклучение.** Формирование высокого урожая и высокой белковости зерна озимой пшеницы являются конечным результатом ряда сложных физиолого-биохимических процессов, направленность которых, прежде всего, определяется генетическими особенностями сорта, на интенсивность проявления которых большое влияние оказывают погодные условия и различные агротехнологии выращивания. Обеспеченность почвы нитратным азотом в слое почвы 0-30 см под посевами озимой пшеницы была наибольшей по чистому пару, по вспашке и при двукратном внесении азотных подкормок. Получение высоких урожаев и высокой белковости зерна невозможно без применения удобрений. По полученным результатам исследований наибольшая урожайность (27,9 ц/га) и масса 1000 зерен (46,8 г) озимой пшеницы получена в звене севооборота с чистым паром при нулевой обработке почвы и при применении прикорневой подкормки азотом (N<sub>30</sub>) в фазу кущения и некорневой подкормки (N<sub>30</sub>) под налив зерна. При этом наименьшие значения общего выноса азота с урожаем составили по вспашке на 25-27 см – 163,7 кг/га, при рыхлении почвы на 10-12 см – 132,5 кг/га, что на 10 и 22% соответственно ниже значений при «нулевой обработке почвы». Наибольшее содержание азота (2,44%) в зерне отмечалось в звене севооборота с чистым паром по вспашке на 25-27 см и рыхлении почвы на 10-12 см при двукратном внесении азотных подкормок в дозе 30 кг/га д.в., что способствовало большему формированию белковости зерна (13,80 и 13,92%) и накоплению его клейковинных фракций.

#### Библиографический список

1. Зеленин, И. Н. Влияние агротехнических приемов на продуктивность озимой пшеницы и качество зерна / И. Н. Зеленин, В. И. Елисеев, А. А. Курочкин // Вестник Алтайского ГАУ. – 2011. – № 10 (84). – С. 5.
2. Орлов, А. Н. Энергосберегающие приемы возделывания озимой пшеницы в Лесостепи Среднего Поволжья / А. Н. Орлов, Н. Н. Тихонов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 1 (21). – С. 34-37.
3. Морозов, В. И. Качество зерна озимой пшеницы при биологизации севооборотов Лесостепи Поволжья / В. И. Морозов, М. И. Подсевалов, Д. Э. Аюпов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 1 (33). – С. 33-39.
4. Захарова, Н. Н. Урожайность и качество зерна озимой мягкой пшеницы в условиях Лесостепи Среднего Поволжья / Н. Н. Захарова, Н. Г. Захаров, Р. А. Мустафина // Биологическая интенсификация систем земледелия: опыт и перспективы освоения в современных условиях развития : мат. конф. – 2016. – С. 56-61.
5. Савченко, И. В. Качество и урожайность сельскохозяйственных культур / И. В. Савченко // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 11. – С. 3-4.
6. Бакаева, Н. П. Методы выделения белка и его фракций из зерна озимой пшеницы сорта Поволжская 86 / Н. П. Бакаева, Н. Ю. Коржавина // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. – 2015. – № 3 (40). – С. 7-11.
7. Салтыкова, О. Л. Влияние агротехнических приемов на урожайность, вынос азота из почвы, содержание азота и белка в зерне озимой пшеницы / О. Л. Салтыкова, Н. П. Бакаева // Инновационные достижения науки и техники АПК : сб. тр. – Кинель, 2018. – С. 161-165.

#### Bibliography

1. Zelenin, I. N. The influence of agricultural techniques on the productivity of winter wheat and grain quality / I. N. Zelenin, V. I. Yeliseyev, A. A. Kurochkin // Bulletin of the Altai GAU. – 2011. – № 10 (84). – С. 5.
2. Orlov, A. N. Energy-saving methods of cultivation of winter wheat in the middle Volga region, forest-steppe / A. N. Orlov, N. N. Tikhonov // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. – 2013. – № 1 (21). – P. 34-37.
3. Morozov, V. I. Quality of winter wheat grain at biologization of crop rotations of forest-steppe of Volga region / V. I. Morozov, M. I. Podsevalov, D. E. Ayupov / Bulletin of Ulyanovsk state agricultural Academy. – 2016. – № 1 (33). – P. 33-39.
4. Zakharova, N. N. The yield and quality of winter wheat grain in the forest-Steppe of the Middle Volga region / N. N. Zakharova, N. G. Zakharov, R. Mustafina // Biological intensification of systems of agriculture: experience and prospects of development in modern conditions of development : mat. conf. – 2016. – P. 56-61.
5. Savchenko, I. V. Quality and productivity of agricultural crops / I. V. Savchenko // Achievements of science and technology of agrarian and industrial complex. – 2010. – № 11. – P. 3-4.
6. Bakaeva, N. P. Methods selection of protein and its fractions from the grain of winter wheat varieties Volga 86 / N. P. Bakaeva, N. Yu. Korzhavina // Bulletin of the Buryat State Academy of agriculture name V. R. Filipov. – 2015. – № 3 (40). – P. 7-11.
7. Saltykova, O. L. Effect of agronomic practices on yield, removal of nitrogen from the soil, nitrogen content and protein in grain of winter wheat / O. L. Saltykova, N. P. Bakaeva // Innovative science and technology AIC: proceedings. – Kinel, 2018. – P. 161-165.

DOI 10.12737/23606

УДК 632.38

## **ВИДОВОЙ СОСТАВ, РАСПРОСТРАНЁННОСТЬ И ВРЕДНОСТЬ ОПАСНЫХ БОЛЕЗНЕЙ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ И ПРОГНОЗ ИХ РАЗВИТИЯ**

**Нижарадзе Татьяна Сергеевна**, канд. биол. наук, доцент кафедры «Физика, математика и информационные технологии», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

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

E-mail: tanyanizh@rambler.ru

**Ключевые слова:** пшеница, ячмень, урожайность, болезни, вредность, распространенность, система.

*Цель исследований – оптимизация системы защитных мероприятий путём разработки прогностических моделей развития опасных заболеваний зерновых культур в Самарской области. Ухудшение фитосанитарного состояния посевов и семенного фонда, обусловленного как регулярным нарушением*

технологии их возделывания, так и изменениями климата, сопровождающимися появлением новых агрессивных рас и видов фитопатогенов – одна из причин снижения урожайности зерновых культур. Фитосанитарный мониторинг позволяет существенно снизить степень и распространенность заболеваний, что имеет значение для оптимизации системы защиты растений и дает возможность своевременно принимать профилактические меры. Регулярные многолетние наблюдения и лабораторные исследования проводились в 2000-2011 гг. на территории Самарской области (на полях ФГБНУ Поволжского НИИ селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова; в лабораториях кафедры защиты растений ФГБОУ ВО Самарской ГСХА). Определены критические стадии развития растений яровой пшеницы и ячменя и значимость воздействия абиотических факторов на их патогенез и вредоносность для составления прогноза развития болезней в зависимости от климатических факторов среды лесостепной зоны Самарской области. На основании совокупности полученных данных выявлен комплекс болезней яровой пшеницы и ячменя различной этиологии, среди которых наиболее распространенными и вредоносными являются корневые гнили. Предложены математические модели, позволяющие прогнозировать развитие наиболее вредоносных болезней в лесостепной зоне Среднего Поволжья в зависимости от значений гидротермического коэффициента на ранних стадиях онтогенеза растений. Прогноз дает возможность своевременно проводить профилактику и оптимизировать схему защитных мероприятий в борьбе с болезнями зерновых культур, чтобы предотвратить развитие эпифитотий, что в конечном итоге способствует повышению урожайности яровой пшеницы и ячменя.

## **SPECIES COMPOSITION, PREVALENCE AND DANGEROUS DISEASES HARMFULNESS OF CEREAL CROPS IN SAMARA REGION AND THEIR DEVELOPMENT FORECAST**

**Nizharadze T. S.**, cand. of biol. sciences, associate professor of the department «Physics, mathematics and information technology», FSBEI HE Samara SAA.  
446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya st., 2.  
E-mail: tanyanizh@rambler.ru

**Key words:** wheat, barley, yield, diseases, harmfulness, prevalence, system.

The purpose of the research is to optimize the system of protective measures by the development of predictive models of dangerous grain crops diseases in the Samara region. The deterioration of the phytosanitary condition of crops and foundation seeds, due to both regular violation of their cultivation technology and climate changes, accompanied by the emergence of new aggressive races and species of phytopathogens – one of the reasons for the crop yield reduction. Phytosanitary monitoring can significantly reduce the degree and prevalence of diseases, it is important for the optimization of plant protection system and makes it possible to take preventive measures timely. Regular long-term observations and laboratory studies were carried out in 2000-2011 on the territory of the Samara region (in the fields of the Volga Research Institute of selection and seed production named after P. N. Konstantinov; in the laboratories of the plant protection department of Samara State Agricultural Academy). The critical stages of development of spring wheat and barley and the significance of abiotic factors impact on their pathogenesis and harmfulness for the formation of disease prognosis depending on climatic factors of the forest-steppe zone of the Samara region were determined. Based on the totality of the obtained data, a complex of spring wheat and barley diseases of various etiologies was revealed, among them the most common and harmful are root rot. Mathematical models are proposed to predict the development of the most harmful diseases in the forest-steppe zone of the middle Volga region, depending on the values of the hydrothermal coefficient in the early stages of plant ontogenesis. The forecast makes it possible to carry out prevention timely and optimize the scheme of protective measures in the fight against grain crops diseases in order to prevent the development of epiphytotic, in the long run it contributes to the increase of spring wheat and barley yield.

Одной из причин снижения урожайности зерновых культур является ухудшение фитосанитарного состояния посевов и семенного фонда, обусловленного как регулярным нарушением технологии их возделывания, так и изменениями климата, сопровождающимися появлением новых агрессивных рас и видов фитопатогенов. Уровень развития патогенной микрофлоры в почве и на семенном материале достиг критического значения. Своевременное проведение фитосанитарного мониторинга позволяет существенно снизить степень и распространенность заболеваний, что имеет значение для оптимизации системы защиты растений и дает возможность своевременно принимать профилактические меры [1].

**Цель исследований** – оптимизация системы защитных мероприятий путём разработки прогностических моделей развития опасных заболеваний зерновых культур в Самарской области.

**Задачи исследований** – определить критические стадии развития растений яровой пшеницы, ячменя и значимость воздействия абиотических факторов на их патогенез и вредоносность для составления прогноза развития болезней в зависимости от климатических факторов среды лесостепной зоны Самарской области.

**Материалы и методы исследований.** Регулярные многолетние наблюдения и лабораторные исследования проводились в 2000-2011 гг. на территории Самарской области (полях ФГБНУ Поволжского НИИ селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова; в лабораториях кафедры защиты растений ФГБОУ ВО Самарской ГСХА).

Фитомониторинг производственных посевов яровой пшеницы и ячменя выявил комплекс болезней различной этиологии, среди которых наиболее распространенными и вредоносными являются корневые гнили. В комплексе патогенов, вызывающих корневые гнили зерновых культур, преобладали грибы родов *Fusarium* spp., *Alternaria* spp. и *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. Среди обнаруженных листостеблевых болезней к основным следует отнести: гельминтоспориоз (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem), септориоз (*Septoria tritici* Rob. ex Desm.), мучнистую росу (*Blumeria graminis* (DC) Speer), бурую листовую ржавчину (*Puccinia recondite* Rob. ex Desm.) на посевах яровой пшеницы; гельминтоспориозные пятнистости – сетчатую (*Drechslera teres* (Sacc.) Shoem.) и темно-бурую (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem), ринхоспориоз (окаймляющая пятнистость) (*Rhynchosporium secalis* (Oud.) Davis.), а также септориоз (*Septoria hordei* Gacz) и стеблевую ржавчину (*Puccinia graminis* Pers.) – на посевах ярового ячменя [2, 3].

**Результаты исследований.** В результате многолетних исследований были выявлены особо опасные фитопатогены яровых зерновых колосовых культур в Самарской области. Среди них наиболее экономически значимый ущерб для посевов наносит ежегодное поражение растений корневыми и прикорневыми гнилями, вызываемое фитопатогенными грибами родов *Helminthosporium*, *Fusarium* и *Alternaria*. Их вредоносность заключается в гибели растений в период вегетации (количество выпадов в разные годы достигает 20-48%) и снижении элементов продуктивности по мере увеличения степени поражения (табл. 1), которые усугубляются неблагоприятными климатическими условиями. С повышением интенсивности поражения снижение продуктивности ячменя превышало аналогичный показатель для яровой пшеницы. Масса зерна с одного колоса ячменя при поражении в 1 балл уменьшалась на 25%, при поражении в 3 балла – на 70% (для яровой пшеницы – на 4,4 и 50% соответственно).

Таблица 1

Снижение показателей структуры продуктивности растений зерновых колосовых культур в зависимости от степени поражения корневыми гнилями, % относительно здоровых растений (Самарская область, 2000-2011 гг.)

Показатель	Благоприятные годы				Неблагоприятные годы			
	Балл поражения							
	1	2	3	4	1	2	3	4
яровая пшеница сорт Кинельская Нива								
Высота растений	2,2	6,3	15,9	37,7	6,2	8,4	15,4	44,7
Продуктивная кустистость	11,5	8,9	35,8	66,2	14,7	22,5	38,0	69,0
Длина колоса	1,7	13,1	18,1	24,3	10,0	26,2	37,5	43,7
Число зерен в колосе	3,6	8,4	18,5	22,9	5,5	14,7	26,9	30,7
Масса зерна с колоса	14,8	31,8	43,2	55,7	4,4	34,8	50,0	59,8
Масса 1000 зерен	11,3	22,5	30,3	42,5	26,1	44,2	50,7	57,1
ячмень сорт Поволжский 65								
Высота растений	5	10	27	44	7	11	33	Гибель растений
Продуктивная кустистость	10	25	43	65	15	30	50	
Длина колоса	6	20	28	45	9	28	35	
Число зерен в колосе	15	29	41	70	21	40	51	
Масса зерна с колоса	18	36	55	80	25	51	70	
Масса 1000 зерен	5	13	26	55	8	25	37	

При 4-балльной степени поражения зерно в колосе ячменя не формировалось. Корреляционный анализ подтвердил наличие обратной зависимости массы 1000 зерен, числа зерен в колосе и продуктивной кустистости от интенсивности поражения растений яровой пшеницы с коэффициентами корреляции  $r=-0,77$ ;  $-0,92$ ;  $-0,92$ , и ячменя – с коэффициентами  $r=-0,86$ ;  $-0,90$  и  $-0,92$  соответственно (с достоверностью 0,7).

Анализ динамики поражения яровых зерновых культур корневыми гнилями позволил установить, что наибольшего распространения и развития болезнь достигала в фазу восковой спелости зерна, причем, характер поражения обеих культур в зависимости от погодных условий года был схожим, хотя ячмень поражался сильнее пшеницы в 1,5-2 раза. Вспышки заболевания отмечались в годы с резкой сменой засушливых и влажных периодов в наиболее чувствительных фазах развития растений. Как показал корреляционный анализ, наиболее критическим является межфазный период всходы-кущение, который в условиях Самарской области приходится на третью декаду мая.

Более высокие значения ГТК в этот период, обусловленные большим количеством выпадения осадков и более низкими среднесуточными температурами в этот период способствуют большему распространению и интенсивности развития корневых гнилей на посевах злаковых культур ( $r=+0,44...+0,82$  и  $r=-0,7...-0,6$  соответственно) к концу вегетационного периода. В то же время низкое количество осадков перед посевом (первая декада мая) провоцирует более быстрое распространение корневых гнилей ( $r=-0,6...-0,7$ ) на полях за счет снижения энергии прорастания семян и жизнеспособности проростков.

На основе регрессионного анализа была построена математическая модель (рис. 1), позволяющая прогнозировать распространение и интенсивность развития корневых гнилей на пшенице и ячмене в зависимости от показателя ГТК в третьей декаде мая, который отражает сложившиеся погодные условия в начале роста растений.

В дальнейшем быстрому распространению корневых гнилей на посевах яровых злаковых культур способствуют жаркие или засушливые условия во второй декаде июля, когда растения находятся в стадии колошения (коэффициент корреляции с ГТК  $r=-0,6...-0,7$ ), а более интенсивному их развитию – обильные осадки и пониженные температуры в первой декаде августа в период созревания семян (коэффициент корреляции с ГТК по обеим культурам в среднем составил  $r=+0,8$ ).

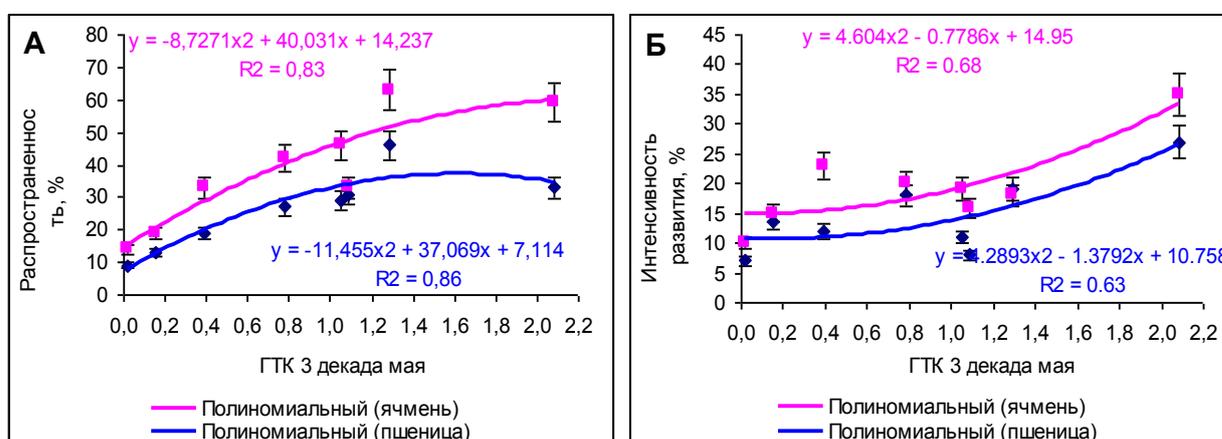


Рис. 1. Математическая модель, позволяющая прогнозировать распространение (А) и интенсивность (Б) развития корневых гнилей на пшенице и ячмене в зависимости от показателя ГТК в третьей декаде мая

Анализ видовой структуры популяций возбудителей аэрогенной инфекции показал, что в Самарской области ежегодно, но в разной степени, зерновые колосовые поражаются ржавчиной, мучнистой росой, септориозом и гельминтоспориозными пятнистостями, распространенность и интенсивность развития которых также во многом зависят от погодных условий в период вегетации растений. Среди листостеблевых болезней яровой пшеницы с наиболее часто регистрируемым эпифитотийным характером развития в условиях Самарской области является бурая ржавчина. Распространенность болезни в годы ее проявления изменялась от 2 до 100%. Распространению

возбудителя *P. recondite* способствует дождливая ( $r=+0,89$ ) и прохладная погода ( $r=-0,63$ ) в июле на стадии колошения, причем наиболее значимой является вторая декада июля (рис. 2), когда растения вступают в фазу созревания семян.

Интенсивному развитию бурой ржавчины пшеницы способствуют также засушливые условия в межфазный период всходы-кущение, преимущественно в третьей декаде мая. Степень поражения ослабленных весенней засухой посевов в неблагоприятные годы может достигать 40%. Коэффициент корреляции между степенью поражения растений перед уборкой и суммарным количеством осадков в мае в среднем составил  $r=-0,88$ . В совокупности, сочетание неблагоприятных погодных условий в критические фазы развития (засуха в мае и обильные осадки в июле) могут способствовать развитию эпифитотии бурой ржавчины в Самарской области, что и было отмечено в 2003 и 2007 годах, когда распространенность болезни составила 80-100%.

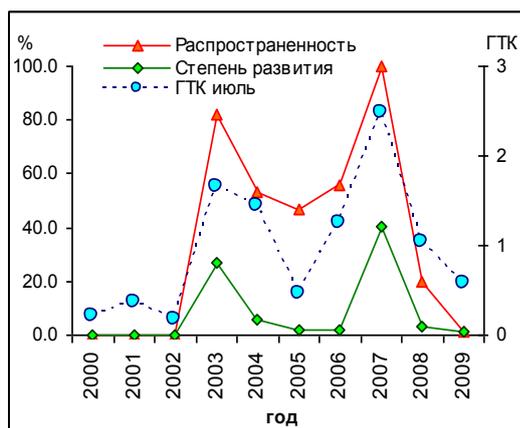


Рис. 2. Взаимосвязь распространения и интенсивности развития бурой ржавчины с показателем ГТК на посевах пшеницы (фаза восковой спелости зерна) в условиях Самарской области

Зависимость развития стеблевой ржавчины ячменя от климатических факторов среды имело менее выраженный характер и в годы ее проявления распространенность в посевах составляла 2-27%. Многолетние наблюдения показали, что распространению этой болезни в условиях Самарской области могут способствовать низкое количество выпавших осадков в первой декаде июня ( $r=-0,84$ ) и повышенные среднесуточные температуры в третьей его декаде ( $r=+0,92$ ), то есть нестабильность погодных условий в период стадии кущения растений ячменя (рис. 3).

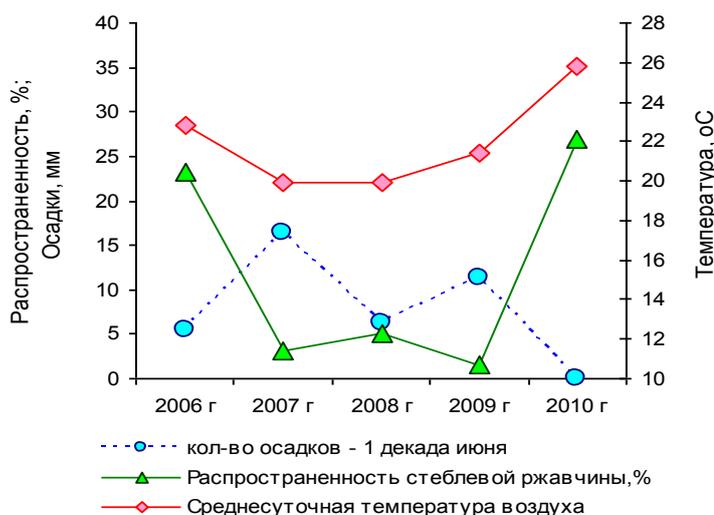


Рис. 3. Влияние климатических факторов на распространение стеблевой ржавчины ячменя в условиях Самарской области (количества осадков – 1 декада июня; среднесуточная температура воздуха – 3 декада июня (стадия кущения))

Септориоз и мучнистая роса более часто встречаются и сильнее поражают посевы пшеницы, чем ячменя: распространенность в разные годы их проявления в условиях Самарской области составила 12-48% и 1-13%; 1-68% и 1-5% соответственно.

Интенсивность развития этих болезней в большей степени обусловлена видовой и сортовой устойчивостью культур, чем конкретным сочетанием абиотических факторов среды на определенных стадиях развития растений. Тем не менее, можно отметить, что распространению септориоза способствует теплая сухая ( $r=+0,41...+0,71$ ), а мучнистой росы – прохладная влажная погода июля ( $r=-0,50...-0,65$ ). В отношении мучнистой росы выявлена тенденция снижения ее распространения на территории Среднего Поволжья начиная с 2006 г., тогда как поражение злаковых культур септориозом в последние годы, наоборот, стало встречаться чаще. На посевах пшеницы эпифитотии мучной росы были отмечены в 2000-2003 гг., а септориоза – в 2006-2008 гг.

В последнее десятилетие отмечается возрастание вредоносности гельминтоспориозных пятнистостей в агроценозах злаковых культур. Эта тенденция отмечена и в наших исследованиях. В условиях Самарской области симптомы поражения листьев на посевах яровой пшеницы и ячменя регистрировались практически ежегодно (табл. 1). Распространенность болезни на посевах ячменя составила 7-20%, а пшеницы – 0,5-84% в зависимости от года.

Развитию гельминтоспориозных пятнистостей, как известно, способствует прохладная и влажная погода (например, 2008 г. и 2011 г.), тогда как редкие дожди и повышенные температуры или экстремально засушливые условия резко снижают пораженность растений данной болезнью (2009 г. и 2010 г.) (рис. 4). Существенно значимая взаимосвязь ( $r>0,80$ ) между интенсивностью распространения болезни и климатическими факторами среды выявлена в периоды от прорастания до фазы кущения культуры (2-3 декады мая) и в процессе созревания семян (1-2 декады августа).

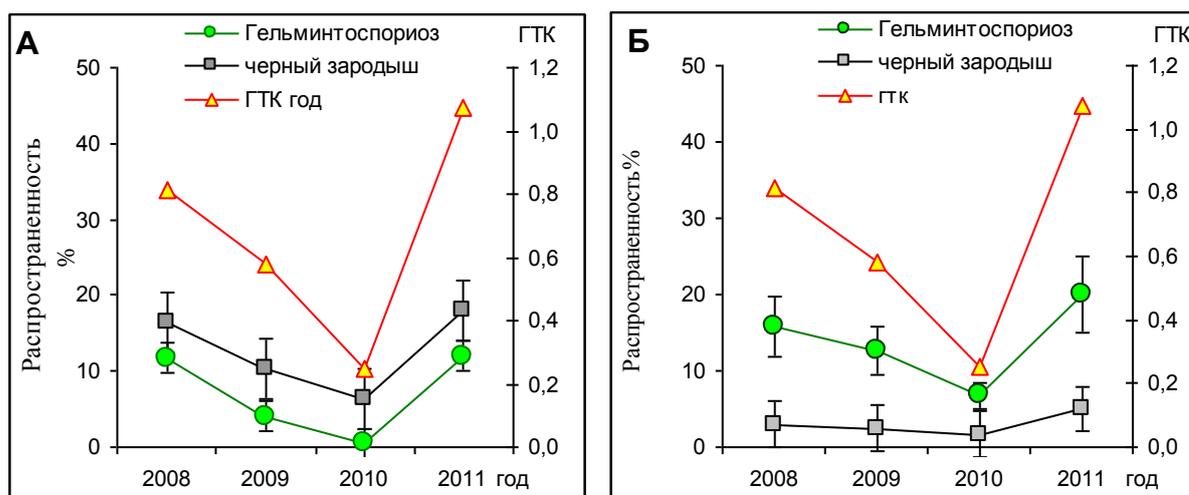


Рис. 4. Влияние климатических факторов (ГТК среднее за год) на распространенность гельминтоспориозных пятнистостей и «черного зародыша» семян яровой пшеницы (А) и ячменя (Б) в условиях Самарской области

При этом отмечено, что вероятность эпифитотии возрастает, если в 2-3 декадах мая значение ГТК $>1,2$  (рис. 5), причем, более резко на посевах яровой пшеницы. При значениях ГТК $<1,2$  в этот период распространенность болезни не превышает 20%. Выпадение обильных осадков в августе в фазу наступления восковой спелости зерна способствует интенсивному развитию гельминтоспориоза на посевах пшеницы и ячменя ( $r=+0,71$  и  $r=+0,85$  соответственно).

Это в свою очередь приводит не только к снижению общей продуктивности растений, но и к снижению качества зерна за счет увеличения доли семян с «черным зародышем» (рис. 4) в результате внутреннего их инфицирования возбудителями гельминтоспориоза в комплексе с грибами рода *Alternaria*.

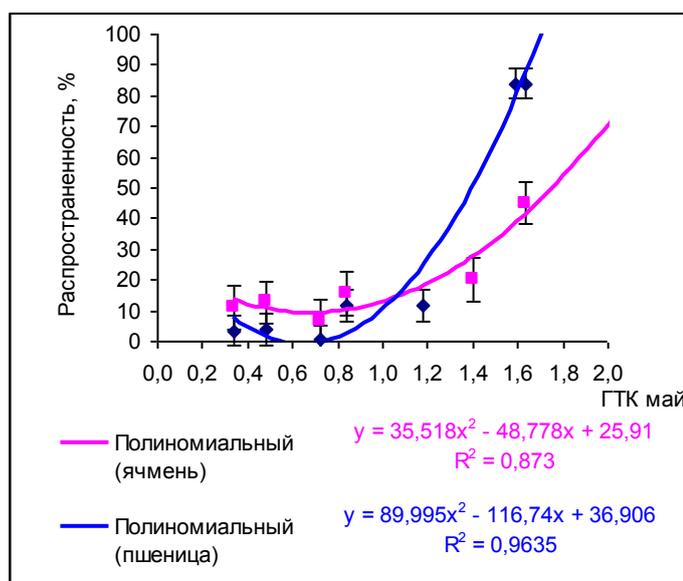


Рис. 5. Взаимосвязь распространения гельминтоспориозной пятнистости на посевах пшеницы и ячменя (фаза восковой спелости зерна) в условиях Самарской области с показателем ГТК в период «посев-кущение»

**Заключение.** На основании совокупности полученных данных, выявлен комплекс болезней яровой пшеницы и ячменя различной этиологии, среди которых наиболее распространенными и вредоносными являются корневые гнили. Предложены математические модели, позволяющие прогнозировать развитие наиболее вредоносных болезней в лесостепной зоне Среднего Поволжья в зависимости от значений гидротермического коэффициента на ранних стадиях онтогенеза растений. Прогноз дает возможность своевременно проводить профилактику и оптимизировать схему защитных мероприятий в борьбе с болезнями зерновых культур, чтобы предотвратить развитие эпифитотий, что в конечном итоге способствует повышению урожайности яровой пшеницы и ячменя.

#### Библиографический список

1. Демина, Е. А. Патогенность и вредоносность возбудителей корневых гнилей пшеницы в Самарской области / Е. А. Демина, А. И. Кинчаров // Защита и карантин растений. – 2010. – №11. – С. 23-24.
2. Егорычева, М. Т. Эффективность предпосевного протравливания семян / М. Т. Егорычева, С. В. Бурлакова // Защита и карантин растений. – 2009. – №8. – С. 43-44.
3. Павлюшин, В. А. Проблемы фитосанитарного оздоровления агроэкосистем / В. А. Павлюшин // Вестник защиты растений. – 2011. – №2. – С. 3-38.
4. Авдеева, Е. В. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в 2008 году и прогноз на 2009 год в Самарской области / Е. В. Авдеева. – Самара, 2008. – 152 с.
5. Анализ фитосанитарной обстановки в Самарской области в 2008 г. – Самара, 2008. – 120 с.
6. Васин, В. Г. Особенности погодных условий и основные направления совершенствования агротехнологий / В. Г. Васин, Е. В. Самохвалова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – №4. – 2011. – С. 43-47.
7. Живых, А. В. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2009 г. и прогноз развития вредных объектов в 2010 г. / А. В. Живых, А. В. Сидоренко, А. С. Максимова [и др.]. – М., 2010. – 52 с.

#### Bibliography

1. Demina, E. A. Pathogenicity and harmfulness of wheat root rot pathogens in Samara region / E. A. Demina, A. I. Kincharov // Plant Protection and quarantine. – 2010. – №11. – P. 23-24.
2. Yegorycheva, M. T. Effectiveness of pre-sowing seed treatment / M. T. Yegorycheva, S. V. Burlakova // Plant Protection and quarantine. – 2009. – №8. – P. 43-44.
3. Pavlyushin, V. A. Problems of phytosanitary improvement of agroecosystems / V. A. Pavlyushin // Bulletin of plant protection. – 2011. – №2. – P. 3-38.

4. Review of phytosanitary condition of crops in 2008 and forecast for 2009 in the Samara region / E. V. Avdeeva. – Samara, 2008. – 152 p.
5. Analysis of phytosanitary situation in the Samara region in 2008. – Samara, 2008. – 120 p.
6. Vasin, V. G. Features of weather conditions and the main directions of improvement of agricultural technologies / V. G. Vasin, E. V. Samokhvalova // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. – №4. – 2011. – P. 43-47.
7. Zhiviyh, A. V. Review of phytosanitary condition of agricultural crops in Russian Federation in 2009 and the forecast of development of harmful objects in 2010 / A. V. Zhiviyh, A. V. Sidorenko, A. S. Maksimova [et al.]. – M., 2010. – 52 p.

DOI 10.12737/23608

УДК 632.954:633.11

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ В АГРОТЕХНОЛОГИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**

**Бакаева Наталья Павловна**, д-р биол. наук, проф. кафедры «Садоводство, ботаника и физиология растений», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

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

E-mail: bakaevanp@mail.ru

**Ключевые слова:** пшеница, почва, белок, зерно, гербициды, динамика, яровая.

*Цель исследований – совершенствование агротехнологии возделывания яровой пшеницы с применением гербицидов (банвел, дифезан, кортес, пума-супер и секатор) для увеличения урожайности и содержания белка в зерне. В агроценозах яровой пшеницы сорта Кинельская 59 с применением различных систем обработки почвы использовались гербициды: банвел, дифезан, кортес, пума-супер и секатор. Эффективность действия гербицидов определялась по динамике накопления белка в листьях по фазам развития растений – кущение, выход в трубку и колошение, а также по содержанию белка в спелом зерне. Не все гербициды в одинаковой степени были эффективны. По сравнению с контрольными вариантами сразу после обработки гербицидами в листьях уменьшилось содержание белка, в среднем на 26%, по всем способам обработки почвы, вероятно, за счет ингибирующего воздействия гербицидов на физиологические процессы и снижения биосинтеза белка в листьях в фазе кущения. В следующей фазе развития растений (в фазе выхода в трубку), этот показатель выравнивался и на стадии колошения незначительно (до 4%) превосходил контроль. Влияние гербицидов неоднозначно, они оказывают угнетающее влияние не только на сорную растительность, но и на выращиваемую культуру. Очевидно, что влияние гербицидов было не за счет их непосредственного действия на тот или другой изучаемый параметр, а за счет угнетения сорняков и ослабления конкурентных отношений между сельскохозяйственной культурой и сорной растительностью за элементы питания, доступную влагу, освещение и другие факторы.*

## **HERBICIDES APPLICATION EFFICIENCY IN THE AGROTECHNOLOGY OF SPRING WHEAT**

**Bakaeva N. P.**, dr. biol. sciences, professor of the department «Gardening, botany and plant physiology», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust-Kinelsky, Uchebnaya st., 2.

E-mail: bakaevanp@mail.ru

**Key words:** wheat, soil, protein, grain, herbicides, dynamics, spring.

The research is aimed at improving efficiency of the agrotechnology of spring wheat cultivation with the herbicides application (banvel, difezan, cortez, puma super and secator) to increase crop capacity and protein content in grain. In agroecosystem of spring wheat variety Kinel'skaya 59 with the use of different tillage systems the following herbicides were used: banvel, difezan, cortez, puma super and secator. The effectiveness of the herbicides applied was determined by the dynamics of protein accumulation in leaves in relation to the phases of plant development – tillering, exit into the tube and earing, as well as by the protein content in the ripe grain. Not all the herbicides were equally effective. In comparison with the control variants immediately after herbicide treatment, the protein content in the leaves decreased by an average of 26% for all soil tillage methods, probably due to the inhibitory effect of herbicides

on physiological processes and a decrease in the biosynthesis of protein in the leaves in the tillering phase. In the next phase of plant development (in the phase of exit into the tube), this indicator was leveled and at the stage of earing it slightly (up to 4%) exceeded control. The influence of herbicides is ambiguous; they have a depressing effect not only on weed vegetation, but also on the cultivated crop. It is obvious that the influence of the herbicides was not due to their direct action on one or another studied parameter, but due to the oppression of weeds and weakening of competitive relations between agricultural crops and weed vegetation for nutrients, available moisture, lighting and other factors.

Высокие урожаи пшеницы определяются многими факторами, такими как генетические особенности выращиваемых сортов, почвенно-климатические условия региона, технология возделывания культуры, включающая в себя различные способы обработки почвы и применение гербицидов для борьбы с сорными растениями. И при этом высокие урожаи пшеницы не всегда обеспечиваются высоким качеством зерна, основным показателем которого является содержание белка [1].

Гербициды, уничтожая сорняки, способствуют сохранности урожая, при этом проявляющийся положительный эффект способен изменять качество зерна. Влияние гербицидов определяется химической природой препарата, концентрацией действующего вещества, точками воздействия, механизмом действия и степенью влияния на факторы, которые определяют урожайность пшеницы и формирование качества урожайности – состав белка зерна. Отсюда, основные требования, предъявляемые к применяемым гербицидам, это высокая эффективность в уничтожении сорных растений, безопасность окружающей среды и биологии почвы, а также той культуры, на которой они используются, и сохранность высокого качества получаемого урожая [2].

Вместе с тем, влияние гербицидов на продукционные качества не выявлено. Поэтому важно установить обоснованность применения гербицидов в агротехнологиях яровой пшеницы и их эффективное влияние на накопление белка, как основной показатель качества продукционного процесса.

**Цель исследований** – совершенствование технологии возделывания яровой пшеницы с применением гербицидов (банвел, дифезан, кортес, пума-супер и секатор) для увеличения урожайности и содержания белка в зерне.

**Задачи исследований** – определить эффективность применения гербицидов (банвел, дифезан, кортес, пума-супер и секатор) в агроценозах яровой пшеницы сорта Кинельская 59 с различными системами обработки почвы – вспашка на 20-22 см, рыхление на 10-12 см и «нулевая» – по динамике накопления белка в листьях в различные фазы развития растений (кущение, выход в трубку и колошение), а так же на содержание белка в зрелом зерне.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводились на опытных полях кафедры «Растениеводство и земледелие» и лаборатории «Агроэкология» ФГБОУ ВО Самарской ГСХА. Площадь делянок – 1200 м<sup>2</sup>, повторность опытов трехкратная. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднемощный среднегумусный глинистый, рН близка к нейтральной. Содержание гумуса среднее, легкогидролизуемого азота, подвижного фосфора и обменного калия в слое почвы 0-30 см повышенное или высокое. Удобрения не вносили. Изучались три различные системы основной обработки почвы: вспашка – отвальная с минимизацией, обработка почвы состояла из лущения на 6-8 см и вспашки на 20-22 см; рыхление – безотвальная с минимизацией, состояла из лущения почвы на 6-8 см вслед за уборкой предшественника и рыхления на 10-12 см под яровую пшеницу; нулевая – осенняя обработка почвы не применялась. Весной проводился прямой посев культуры. Объект исследований – районированный сорт яровой мягкой пшеницы Кинельская 59.

Гербициды дифезан, банвел, кортес, секатор рекомендуются против однолетних двудольных и некоторых многолетних двудольных, пума-супер – против однолетних злаковых сорняков. Применяли в фазе 2-3 листа – начала кущения пшеницы при ранних фазах развития сорняков, при норме расхода рабочей жидкости 250 л/га.

В опыте применялись гербициды в рекомендованных дозах: банвел, водный раствор (480 г/л дикамба кислоты); дифезан, водный раствор (344 г/л дикамба + 18,8 г/л хлорсульфурона); кортес, смачивающийся порошок (750 г/кг хлорсульфурон); пума-супер, масляно-водная эмульсия (69 г/л феноксапроп-П-этил + антидот мефенпирдиэтила); секатор, высокоселективный гербицид ВДГ (12,5 г/кг йодосульфурон-метил-натрий + 50 г/кг амидосульфурон + 125 г/кг мефентир-диэтил).

По данным метеостанции «Усть-Кинельская» метеорологические условия в период проведения исследований были контрастными и неустойчивыми. Они характеризовались значительными отклонениями среднесуточной температуры и количества осадков по срокам и периодам вегетации. Гидротермические коэффициенты за период май-сентябрь по годам были 1,02; 0,89 и 0,59 (при средне-многолетнем значении 0,83), что характеризует метеорологические условия как засушливые или слабо засушливые.

**Результаты исследований.** Учеты засоренности посевов проводили с помощью количественно-весового метода, перед уборкой яровой пшеницы с определением воздушно-сухой массы сорняков по подтипам засорения в трех повторностях.

Для биохимических исследований были применены следующие методы: выделение белковых фракций из листьев и из зерна пшеницы проводилось по Х. Н. Починку (1976) [3], количественное содержание белка проводили микроопределением по Биурету, колориметрическим методом по Г. А. Кочетову (1971) [4]. Математическая обработка данных проведена дисперсионным методом на ПЭВМ Pentium IV. Эколого-экономическая оценка возделывания яровой пшеницы проводилась в соответствии с методикой Г. И. Рабочева и др. (2004) [5].

Важной задачей современного земледелия является разработка региональных интегрированных систем защиты растений, способных повышать урожайность культур и получать продукцию растениеводства высокого качества. Поэтому необходимы глубокие исследования особенностей взаимоотношений сельскохозяйственных культур с сорной растительностью, обоснования по применению новых, более эффективных и экологически безопасных гербицидов как химических средств защиты растений в сочетании с агротехническими методами [2].

За годы проведения исследований в посевах яровой пшеницы видовой состав сорных растений был представлен различными видами, относящимся к пяти биологическим группам и непаразитному типу засорения. Непаразитные сорные растения по продолжительности жизненного цикла делятся на два подтипа: малолетние и многолетние.

Из малолетников группа яровых ранних включает следующие наиболее распространенные виды: овсюг обыкновенный (*Avena fatua* L.) и гречишка вьюнковая (*Fallopia convolvulus* L.); к яровым поздним относятся: щетинник сизый (*Setaria glauca* L.), просо куриное (*Echinochloa crus galli* L.), лебеда (*Atriplex patula* L.), щирица жминдовидная (*Amaranthus blithoides* Wats.), щирица колосовидная (*Amaranthus retroflexus* L.). Из двулетних выявлен один вид – смолевка широколиственная (*Oberna behen* L.).

Из многолетников выявлены пять видов из трех групп. Группа корнеотпрысковых сорняков включает три вида: вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), бодяк полевой (*Cirsium arvense* L.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.). Группа корневищных сорняков – сорго алепское (гумай) (*Sorghum halepense* L. Pers.), чина клубневая (*Lathyrus tuberosus* L.) [5].

В среднем за годы исследований урожайность яровой мягкой пшеницы сорта Кинельская 59 была от 18 ц/га. Наибольшая урожайность наблюдалась при вспашке, наименьшая – в варианте без механической обработки почвы. Засорение посевов яровой пшеницы малолетними сорняками приводит к снижению урожайности на 40%, многолетними – на 43%.

По мере развития растений яровой пшеницы в фазах кущения, выхода в трубку и колошения происходило постепенное увеличение содержания общего белка в листьях. Так, в фазе кущения белка содержалось в среднем 4,0%, в фазе выхода в трубку – 6,2% и 7,6 % в фазе колошения. Максимальное содержание общего белка в листьях в фазы кущения, выхода в трубку и колошения яровой пшеницы отмечалось на вспашке и составляло 4,2, 6,3 и 7,7 %, соответственно. Минимальное накопление белка в листьях отмечалось в варианте без механической обработки почвы и составляло 3,9, 6,0 и 7,5 %, соответственно. Засорение посевов яровой пшеницы малолетними сорняками приводило к снижению белка в листьях в среднем до 15%, а многолетними – до 11%.

В среднем за годы исследований количество белка в зерне по всем вариантам находилось в пределах 11-14%. Наибольшее количество белка в зерне показали варианты со вспашкой и в среднем составляли 14%, что больше на 3%, чем при рыхлении почвы, и на 5%, чем при «нулевой» обработке почвы. Засорение посевов культуры малолетними сорняками приводит к снижению белка в зерне в среднем на 9%, а многолетними – на 5%.

На уровень засоренности посевов существенное влияние оказали гидротермические условия вегетационного периода. Так, во влажные годы отмечалась самая высокая засоренность по количественному показателю и сухой массе сорняков, а самая низкая – в наиболее засушливом году. Глубокая обработка почвы способствовала наименьшему количеству сорняков, а более засоренные посевы наблюдались в вариантах с мелкой системой обработки почвы. Минимальные величины урожайности, накопления белка в листьях и в зерне отмечались в варианте без механической обработки почвы. Засорение посевов яровой пшеницы малолетними сорняками приводило к снижению урожайности на 40%, белка в листьях в среднем до 15%, белка в зерне в среднем на 9%, многолетними – на 43%, до 11% и на 5%, соответственно, по всем вариантам обработки почвы по сравнению с вариантом без сорняков.

Таблица 1

Эффективность применения гербицидов на величину урожайности, динамику накопления белка в листьях и содержание белка в зерне яровой пшеницы, в среднем за годы исследований

Обработка почвы	Гербициды	Урожайность, ц/га	Прибавка к урожаю, ц/га	Белок, %			
				в листьях			в зерне, полная спелость
				кущение	выход в трубку	колошение	
Вспашка	без гербицидов	20,5	—	4,6	7,3	8,2	13,5
	банвел	22,5	2,0	3,0	7,1	8,2	13,1
	дифезан	19,2	-1,3	3,2	6,9	8,3	12,8
	кортес	23,9	3,4	3,6	7,3	8,8	12,9
	пума супер	19,8	-0,7	3,1	6,9	8,7	12,8
	секатор	20,1	-0,4	3,2	7,3	8,5	13,2
	<b>среднее</b>	<b>21,1</b>	<b>0,6</b>	<b>3,4</b>	<b>7,3</b>	<b>8,6</b>	<b>13,3</b>
Рыхление	без гербицидов	19,4	—	4,3	6,9	8,5	13,0
	банвел	18,5	-0,9	3,0	7,1	8,5	12,9
	дифезан	19,7	0,3	2,9	6,9	8,6	13,8
	кортес	23,4	3,0	3,4	7,2	8,9	13,0
	пума супер	20,1	-0,7	2,8	6,8	8,9	13,4
	секатор	18,0	-1,4	3,0	6,9	8,7	13,1
	<b>среднее</b>	<b>19,9</b>	<b>0,5</b>	<b>3,2</b>	<b>7,0</b>	<b>8,9</b>	<b>13,5</b>
«Нулевая»	без гербицидов	18,9	—	4,2	6,7	8,0	12,8
	банвел	19,6	0,8	2,9	6,8	8,4	12,9
	дифезан	18,3	-0,6	3,2	6,7	8,1	13,5
	кортес	22,6	3,7	2,9	7,0	8,3	13,2
	пума супер	18,9	0	3,0	6,5	8,0	13,1
	секатор	18,6	-0,3	2,8	6,4	7,9	12,9
	<b>среднее</b>	<b>19,6</b>	<b>0,7</b>	<b>3,0</b>	<b>6,8</b>	<b>8,3</b>	<b>13,0</b>

Примечание. Дисперсионный анализ полученных в опыте данных по отдельным годам с расчетами НСР<sub>05</sub> показал, что все результаты опыта достоверны.

Результаты, полученные при исследовании влияния гербицидов на урожайность яровой пшеницы за годы исследований, различались в зависимости от способа обработки почвы. При сравнении систем наибольший урожай более 20 ц/га был получен по вспашке. По рыхлению величина урожайности была ниже на 1,1 ц/га, и по «нулевой» – ниже на 1,6 ц/га. Наиболее продуктивная система обработки почвы – отвальная с минимизацией (вспашка на 20-22 см), обеспечившая наибольшую урожайность зерна яровой пшеницы.

Таким образом, при возделывании яровой пшеницы за период исследования, максимальные урожайность и производственные затраты наблюдались на варианте со вспашкой на 20-22 см, а минимальные – при «нулевой» обработке почвы. Но, более привлекательной для производства зерна яровой пшеницы представляется система с минимальной обработкой почвы, которая немного уступает отвальной вспашке по величине урожайности и сводит к минимуму производственные затраты.

При сравнении вариантов по средним показателям, за период исследования, влияние применения гербицидов на величину урожайности было незначительным, прибавка урожая составила 0,5-0,7 ц/га по всем обработкам почвы. Положительное влияние при всех системах обработки почвы

на урожайность яровой пшеницы оказали кортекс (на 3,0-3,7 ц/га) и банвел (до 2,0 ц/га), по сравнению с вариантом без применения гербицидов. Действие остальных гербицидов было неоднозначным, и скорее отрицательным. Так, в результате обработки пума супер и секатором урожайность уменьшилась на 1,4 ц/га при рыхлении.

Накопленный белок в листьях в результате реутилизации перемещается в зерно при созревании. Поэтому динамика его накопления по фазам является показателем физиологического состояния растения в целом. Определялось содержание белка в листьях в различные фазы развития растений – кущение, выход в трубку и колошение.

При отвальной обработке почвы в фазы кущение и выход в трубку содержание белка в листьях было 4,6 и 7,3%, соответственно. При рыхлении и «нулевой» обработке содержание белка в листьях на 7-9% в фазу кущения и на 6-9% в фазу выхода в трубку было меньше по сравнению со вспашкой. Наибольшее количество белка в листьях в фазу колошения и в зерне полной спелости было при рыхлении 8,5 и 13,5%, соответственно. По вспашке и «нулевой» обработке в листьях на 3,7 и 6,2%, соответственно, а в зерне на 3,8 и 5,5% белка было меньше.

Содержание белка в листьях на ранних фазах развития растений увеличивалось от кущения к колошению и наибольшее его количество оказалось в зерне полной спелости. На ранних фазах развития растений наибольшее содержание белка было при вспашке, в фазе колошения и в зерне при рыхлении.

Сравнение систем обработок почвы по урожайности и содержанию белка в зерне полной спелости, при сложившихся условиях выращивания, выявило следующее: высокая урожайность соответствует меньшему накоплению белка и наоборот.

Урожайность на изучаемых вариантах обработки почвы с применением гербицидов по сравнению с урожайностью на контрольных вариантах была несколько выше: по вспашке – на 1,02 ц/га, при рыхлении и при нулевой обработке – на 1,03 ц/га.

Таким образом, гербицидом кортекс по всем вариантам обработок почвы, по сравнению с контролем, где не применялись гербициды, не оказал отрицательного воздействия и даже положительно повлиял на урожайность яровой пшеницы за счет снижения конкурентной нагрузки относительно условий произрастания (питательные вещества почвы, доступная влага и режим освещенности). Опрыскивание гербицидами проводилось в фазу развития 2-3 листа – начало кущения, определение содержания белка в листьях в фазу кущения показало, что по сравнению с вариантом без применения гербицидов, произошло значительное снижение содержания белка: на 35% по вспашке, на 34% при рыхлении, и на 40% при «нулевой» обработке почвы.

В фазу развития выхода в трубку содержание белка в вариантах с опрыскиванием выравнивалось до уровня варианта без применения гербицидов. Увеличение содержания белка было отмечено в листьях в фазу колошения и в зерне полной спелости, по сравнению с контрольными вариантами, после применения используемых гербицидов по всем вариантам обработки почвы.

В посевах яровой пшеницы при биоэкологическом обосновании защиты от сорняков выявлено [7], что гербициды оказывали отрицательное влияние на водный режим и процессы фотосинтеза пшеницы в фазе кущения в течение 2-3 недель после их применения. Затем эти показатели улучшались и практически полностью исчезали к фазе трубкования. Таким образом, гербициды не оказывают существенного токсического действия на яровую пшеницу, которое проявляется преимущественно в первые две-три недели после применения препаратов, а далее оно становится практически невыраженным, но приводит к некоторому увеличению продолжительности вегетации пшеницы и ее более позднему созреванию.

**Заключение.** За период проведенных исследований эффективность действия гербицидов (определяемая по величине урожайности, динамике накопления белка в листьях по фазам развития растений – кущение, выход в трубку и колошение, а так же по содержанию белка в зрелом зерне) показала, что не все гербициды в одинаковой степени результативны. Так, действие гербицидов на урожайность было незначительным – прибавка составила 0,5-0,7 ц/га на всех способах обработки почвы. Положительное воздействие при всех системах обработки почвы на урожайность яровой пшеницы оказали кортекс – прибавка до 3,7 ц/га и банвел – прибавка до 2,0 ц/га, по сравнению с вариантом без применения гербицидов. Действие остальных гербицидов было неоднозначным,

и скорее отрицательным. Так, в результате обработки пума супер и секатором урожайность уменьшилась на 1,4 ц/га при рыхлении.

По сравнению с контрольными вариантами сразу после обработки гербицидами в фазу кущения в листьях уменьшилось содержание белка, в среднем на 26%, по всем способам обработки почвы. Очевидно, за счет ингибирующего воздействия гербицидов на физиологические процессы и снижения биосинтеза белка в листьях. В следующей фазе развития растений, в фазе выхода в трубку, этот показатель выравнивался и на стадии колошения незначительно (до 4%) превосходил контроль. Таким образом, влияние гербицидов неоднозначно, они оказывают угнетающее влияние не только на сорную растительность, но и на выращиваемую культуру. Вероятно, влияние гербицидов происходит не за счет их непосредственного действия на тот или другой изучаемый параметр, а за счет угнетения сорняков и ослабления конкурентных отношений между сельскохозяйственной культурой и сорной растительностью за элементы питания, доступную влагу, освещение и другие факторы.

#### Библиографический список

1. Строкин, В. Л. Применение гербицидов при ресурсосберегающей технологии возделывания яровой пшеницы / В. Л. Строкин // Плодородие. – 2009. – №4. – С. 35-37.
2. Кошеляев, В. В. Применение регуляторов роста при возделывании озимой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья / В. В. Кошеляев, С. М. Кудин, И. П. Кошеляева // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – Самара. – 2017. – № 1. – С. 6-10.
3. Бакаева, Н. П. Влияние степени засоренности вьюнком полевым (*Convolvulus arvensis* L.) и просом куриным (*Echinochloa crus gali* L.) при различных способах обработки почвы на содержание белка в зерне яровой пшеницы / Н. П. Бакаева, С. В. Ульянова // Известия Самарской ГСХА. – 2008. – № 4. – Самара. – С. 39-43.
4. Подскочая, О. И. Изучение закономерности формирования засоренности полей в Самарской области / О. И. Подскочая // Известия Самарской ГСХА. – 2008. – № 4. – С. 76-79.
5. Александрова, С. В. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от агроприемов её возделывания и засоренности посевов в лесостепи Заволжья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Александрова Светлана Владимировна. – Кинель. – 2011. – 24 с.
6. Демиденко, Г. А. Влияние гербицидов на продукционную способность яровой пшеницы в лесостепной зоне Красноярского края / Г. А. Демиденко, В.Н. Романов // Вестник Омского ГАУ. – 2016. –Т. 22, № 2. – С. 11-15.
7. Каплин, В. Г. Влияние гербицидов на водный режим и содержание фотосинтетических пигментов в листьях яровой пшеницы / В. Г. Каплин, А. А. Курьянович, Д. С. Хохлов, Л. М. Кавеленова // Аграрная наука сельскохозяйственному хозяйству. – Барнаул : Алтайский ГАУ, 2007. – С. 264-269.

#### Bibliography

1. Strokin, V. L. The use of herbicides in resource-saving technology of cultivation of spring wheat / V. L. Strokin // Plodorodie. – 2009. – №4. – P. 35-37.
2. Koshelyaev, V. V. The use of growth regulators during the period of winter wheat cultivation under the conditions of forest-steppe of the Middle Volga region / V. V. Koshelyaev, S. M. Kudin, I. P. Kosheyaleva // Bulletin of the Samara state agricultural Academy. – Samara. – 2017. – № 1. – P. 6-10.
3. Bakaeva, N. P. The influence of weed infestation by field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) and chicken panis grass (*Echinochloa crus gali* L.) on the protein content in spring wheat grain under different soil tillage methods / N. P. Bakaeva, S. V. Ulyanova // Bulletin of the Samara state agricultural Academy. – 2008. – № 4. – P. 39-43.
4. Podskochaya, O. I. The Study of field infestation formation patterns in Samara region / O. I. Podskochaya // Bulletin of the Samara state agricultural Academy. – 2008. – № 4. – P. 76-79.
5. Alexandrova, S. V. The productivity and quality of spring wheat grain depending on agricultural practices of its cultivation and crops infestation in the forest-steppe of the Volga region : autoref. dis. ... cand. of agricultural sciences : 06.01.01 / Alexandrova Svetlana Vladimirovna. – Kinel. – 2011. – 24 p.
6. Demidenko, G. A. The influence of the herbicides on the production capacity of spring wheat in the forest-steppe zone of Krasnoyarsk region / G. A. Demidenko, V. N. Romanov // Bulletin of Omsk GAU. – 2016. – Vol. 22, № 2. – P. 11-15.
7. Kaplin, V. G. The influence of herbicides on the water regime and the photosynthetic pigments content in the leaves of spring wheat / V. G. Kaplin, A. A. Kuryanovich, D. S. Khokhlov, L. M. Kavelenova // Agrarian science to agriculture. – Barnaul : Altai state agricultural university, 2007. – P. 264-269.

## **ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В СЕВООБОРОТЕ С ЧИСТЫМ И СИДЕРАЛЬНЫМ ПАРОМ**

**Марковская Галина Кусаиновна**, канд. биол. наук, проф. кафедры «Садоводство, ботаника и физиология растений», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

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

**Чугунова Ольга Александровна**, соискатель кафедры «Садоводство, ботаника и физиология растений», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

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

**Ключевые слова:** ячмень, обработка, почва, микроорганизмы, грибы, бактерии, актиномицеты.

*Цель исследований – повышение биологической активности почвы при возделывании ячменя в условиях недостаточного увлажнения Среднего Поволжья. Исследования проводились на полях кафедры «Земледелие, почвоведение, агрохимия и земельный кадастр» в 2005-2008 гг. Изучались следующие варианты основной обработки почвы: 1. Отвальный с минимализацией – лущение на 6-8 см и вспашка на 20-22 см; 2. Безотвальный с минимализацией – лущение почвы на 6-8 см и рыхление на 10-12 см; 3. Без осенней механической обработки – осенняя обработка почвы не проводилась. Образцы отбирались с различной глубины: 0-5 см, 5-10 см, 10-20 см и 20-30 см, измельчались и просеивались через металлическое сито, размер отверстий которого составлял 2 мм. Выделение основных агрономически полезных групп микроорганизмов и учет их численности в почве проводились методом посева почвенной болтушки на твердые стерильные питательные среды в три срока по методике Й. Сеги. Использовались такие питательные среды, как среда Чапека – для грибов, среда для актиномицетов – для актиномицетов, мясопептонный агар (МПА) – для бактерий. Изменение динамики количества основных групп почвенных микроорганизмов в посевах ярового ячменя зависит от различных способов обработки почвы. Наибольшие изменения численности микроорганизмов оказывают колебания, связанные с поступлением свежей органики, условиями увлажнения и периодом развития культуры. При изучении отдельных групп почвенных микроорганизмов выявлено, что у бактерий была ярко выражена летняя депрессия численности, по сравнению с грибами и актиномицетами. Отмечена положительная тенденция увеличения численности микроорганизмов по фону сидерального пара. При учете общей численности в варианте со вспашкой и «нулевой» обработкой за весь период исследования сложились наиболее благоприятные условия в пахотном слое почвы.*

## **THE INFLUENCE OF A SOIL TILLAGE METHOD ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY DURING THE SPRING BARLEY CULTIVATION IN THE ROTATION WITH CLEAN OR GREEN FALLOW**

**Markovskaya G. K.**, cand. of biol. sciences, prof. of the department «Gardening, botany and plant physiology», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelsky, Uchebnaya st., 2.

E-mail: chugunova83@mail.ru

**Chugunova O. A.**, applicant of the department «Gardening, botany and plant physiology», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelsky, Uchebnaya st., 2.

E-mail: chugunova83@mail.ru

**Key words:** barley, tillage, soil, microorganisms, fungi, bacteria, actinomycetes.

The aim of the research is to increase the biological activity of the soil during the cultivation of barley under conditions of insufficient moisture of the Middle Volga region. The studies were conducted in the fields of the department «Crop farming, soil science, agrochemistry and land cadaster» in 2005-2008. The following methods of basic soil tillage were studied. 1. A moldboard treatment with minimization – paring of the soil down from 6 to 8 cm and ploughing to a depth of 20-22 cm. 2. A boardless one with minimization – paring of the soil down from 6 to 8 cm and

pulverization to a depth of 10-12 cm. 3. A treatment when the soil was not mechanically tilled in autumn. Samples were taken from different depths: 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm and 20-30 cm. Then they were crushed and sieved through a metal sieve, the size of its holes being 2 mm. The selection of the main agronomically useful groups of microorganisms and their number in the soil were carried out by sowing soil mixture on solid sterile nutrient media in three terms according to Y. Sega's technique. There were used such nutrient media as the medium of Chapek – for fungi, the medium for actinomycetes, beef-extract agar (BEA) – for bacteria. Changes in the dynamics of the number of main groups of soil microorganisms in spring barley depends on various methods of tillage. The greatest changes in the number of microorganisms are caused by the fresh organic matter supply, moisture conditions and the phase of crop growth. While studying separate groups of soil microorganisms the bacteria were turned out to have a dramatic depression of population in summer compared to fungi and actinomycetes. A positive trend of increasing the number of microorganisms population is registered on the background of green fallow. Taking into account the total number in the variant with ploughing and «zero» treatment for the entire period of the study, the most favorable conditions in the arable soil layer have developed.

Ряд ученых рассматривают почву как организм, работающий во взаимодействии с растениями и другими обитателями [2]. Для оптимизации роста растений и повышения их продуктивности необходимы почва, вода, воздух, свет и тепло. Для нормального развития растений необходимо постоянное присутствие в почве свежего органического вещества, разлагаемого микроорганизмами. Микрофлора почвы постоянно находится в динамике. При воздействии природных или антропогенных факторов на среду обитания микроорганизмов происходит изменение их биомассы, биоразнообразия, структуры почвенной биоты и скорости биохимических процессов [5].

Различные виды севооборотов также оказывают влияние на микрофлору почвы. В биологическом земледелии севообороты могут регулировать плодородие почвы [6]. В современном земледелии выбор оптимальной системы основной обработки почвы очень велик. Это связано с многообразием различных научных подходов и технологических решений к выбору глубины, так же с внедрением элементов минимальной обработки почвы под разные культуры [7].

**Цель исследования** – повышение биологической активности почвы при возделывании ячменя в условиях недостаточного увлажнения Среднего Поволжья.

**Задача исследований** – изучить влияние основной обработки почвы на динамику численности различных групп почвенных микроорганизмов: микромицетов, актиномицетов и бактерий.

**Материалы и методы исследований.** Опытное поле расположено на территории Самарской области или южной части лесостепи Заволжья. Рельеф поля выровненный, насаждения лесом окружающей территории составляет 8-10%. Почва – чернозем типичный среднегумусный среднемогучный тяжелосуглинистый. Данный подтип черноземной почвы размещается на территории всей Самарской области и находится в пределах свыше 20%, является преобладающим. Данная почва имеет реакцию среды (рН) близкую к нейтральной, среднее содержание гумуса, сравнительно большую поглотительную способность.

Исследования проводились на опытных полях кафедры «Земледелие, почвоведение, агрохимия и земельный кадастр» в 2005-2008 гг. ФГБОУ ВО Самарской ГСХА, в двух севооборотах со следующим чередованием культур: 1 севооборот – 1) чистый пар; 2) озимая пшеница; 3) соя; 4) яровая пшеница; 5) ячмень; 2 севооборот – 1) сидеральный пар (горчица); 2) озимая пшеница; 3) соя; 4) яровая пшеница; 5) ячмень. Исследования проводились только над одной культурой, завершающей севооборота – ячмень. На опытном поле высевали ячмень сорта Поволжский (1 репродукция). Повторность опыта трехкратная, размер одной опытной деланки 780 м<sup>2</sup>.

В опыте изучались следующие варианты основной обработки почвы: 1) Отвальная с минимализацией – лущение на 6-8 см и вспашка на 20-22 см; 2) Безотвальная с минимализацией – лущение почвы на 6-8 см и рыхление на 10-12 см; 3) Без осенней механической обработки – осенняя обработка почвы не проводилась.

Для изучения почвенной микрофлоры с опытного поля брались средние образцы почвы во всех вариантах обработки почвы в трехкратной повторности в три срока: в фазу всходов, в фазу кущения и после уборки культуры. Образцы отбирались с различной глубины: 0-5 см, 5-10 см, 10-20 см и 20-30 см, измельчались и просеивались через металлическое сито, размер отверстий которого составлял 2 мм.

Выделение основных агрономически полезных групп микроорганизмов и учет их численности в почве проводили методом посева почвенной болтушки на стерильные твердые питательные среды в три срока по методике Й. Сеги. Использовались такие питательные среды, как среда Чапека – для грибов, среда для актиномицетов – для актиномицетов, мясопептонный агар (МПА) – для бактерий.

**Результаты исследований.** Главную роль в почвообразовании играют микроорганизмы и растения, они участвуют в биологическом круговороте веществ. В результате их жизнедеятельности происходит минерализация органического вещества, формирование и обновление гумуса. Без них не было бы почвы в полном ее понимании. От интенсивности микробиологических процессов, протекающих в почве зависит продуктивность сельскохозяйственных угодий [3].

Изучение динамики численности микромицетов в течение вегетационного периода показало, что наибольшая их численность по всем изучаемым вариантам опыта отмечается в середине вегетации (табл. 1).

Это объясняется тем, что в это время в почву поступают свежие растительные остатки в виде появления большого количества отмерших придаточных корней, опавших листьев. В конце вегетации отмечается снижение микромицетов. Происходит это из-за снижения поступления свежей органики, а также снижения запасов влаги в пахотном слое. Аналогичная динамика наблюдается и в севообороте с сидеральным паром (табл. 2).

Количество микромицетов в варианте с рыхлением в обоих видах пара находились на одном уровне. По фону сидерального пара численность плесневых грибов была выше в варианте со вспашкой и «нулевой» обработкой. Заделка зеленых удобрений в паровом поле способствовала увеличению активности данной группы микроорганизмов на 25% по сравнению с чистым.

Таблица 1

Численность микромицетов в посевах ярового ячменя, в зависимости от способов основной обработки почвы в севообороте с чистым паром в слое 0-30 см (тыс. КОЕ/1 г а.с.п.)

Вид основной обработки почвы	2005 г.			2007 г.			2008 г.			НСР
	Сроки определения			Сроки определения			Сроки определения			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Лушение на 6-8 см + вспашка на 20-22 см	8,87	9,44	7,51	21,47	24,27	11,82	39,01	50,19	45,26	10,32
Лушение на 6-8 см + рыхление на 10-12 см	13,62	25,27	20,15	19,98	60,37	35,08	51,74	60,32	67,85	22,88
«Нулевая» обработка	16,84	19,09	10,98	18,87	26,31	17,63	54,46	81,41	64,56	14,97

Таблица 2

Численность микромицетов в посевах ярового ячменя, в зависимости от способов основной обработки почвы в севообороте с сидеральным паром в слое 0-30 см (тыс. КОЕ/1 г а.с.п.)

Вид основной обработки почвы	2005 г.			2007 г.			2008 г.			НСР
	Сроки определения			Сроки определения			Сроки определения			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Лушение на 6-8 см + вспашка на 20-22 см	10,59	11,13	8,83	33,23	35,28	28,01	62,44	74,64	74,01	10,60
Лушение на 6-8 см + рыхление на 10-12 см	9,87	12,34	10,46	35,84	42,07	17,29	68,42	80,76	78,49	18,75
«Нулевая» обработка	9,94	14,09	9,04	31,07	47,56	10,35	87,49	105,13	97,97	23,24

По фону чистого пара основная масса грибов была сосредоточена в верхнем аэрированном слое (0-10 см). Там происходят аэробные процессы, которые приводят к ускоренному разложению органики (растительных остатков). В более нижних слоях происходят другие процессы – анаэробные. Мицелий грибов агрегирует почвенные частицы, структурируя почву [4]. Аналогичная картина сложилась и в варианте с сидеральным паром.

Бактерии – это самая многочисленная группа почвенных микроорганизмов. С помощью бактерий происходит разложение растительных остатков, азотфиксация, минерализация гумуса, окислительно-восстановительные процессы.

Влияние вида пара также отразилось и на бактериальной микрофлоре. По фону сидерального пара численность бактерий была выше на 16 % по сравнению с чистым паром (табл. 3, 4). В обоих видах пара наблюдается ярко выраженное снижение активности в середине вегетации культуры, вследствие снижения влаги в почве. Рыхление на 10-12 см и «нулевая» обработка показали снижение численности бактериальной микрофлоры. При вспашке сложились наиболее благоприятные условия как в чистом, так и в сидеральном пару.

Таблица 3

Численность бактерий в посевах ярового ячменя, в зависимости от способов основной обработки почвы в севообороте с чистым паром в слое 0-30 см (млн. КОЕ/1 г а.с.п.)

Вид основной обработки почвы	2005 г.			2007 г.			2008 г.			НСР
	Сроки определения			Сроки определения			Сроки определения			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Лущение на 6-8 см + вспашка на 20-22 см	1,32	1,04	1,08	9,96	5,76	6,88	4,34	4,13	7,87	4,13
Лущение на 6-8 см + рыхление на 10-12 см	1,14	0,77	1,65	4,47	3,65	4,33	4,66	3,18	3,29	1,09
«Нулевая» обработка	2,76	2,14	1,17	6,83	4,31	5,46	6,43	5,27	6,52	1,70

Таблица 4

Численность бактерий в посевах ярового ячменя, в зависимости от способов основной обработки почвы в севообороте с сидеральным паром в слое 0-30 см (млн. КОЕ/1 г а.с.п.)

Вид основной обработки почвы	2005 г.			2007 г.			2008 г.			НСР
	Сроки определения			Сроки определения			Сроки определения			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Лущение на 6-8 см + вспашка на 20-22 см	0,82	0,80	0,70	14,13	10,09	11,02	4,56	3,59	3,79	2,48
Лущение на 6-8 см + рыхление на 10-12 см	0,60	0,55	0,51	8,63	7,14	5,19	6,00	3,49	4,34	2,34
«Нулевая» обработка	1,74	1,35	1,02	7,95	5,94	8,55	5,51	5,15	5,01	1,88

При распределении бактерий по слоям отмечается такая тенденция – основная масса их сосредоточена в верхнем аэрируемом слое (0-10см), т.к. большая их часть является облигатными и факультативными аэробами. Это лишний раз подтверждает, что для численности данной группы микроорганизмов необходимо наличие кислорода.

Важнейшей группой микроорганизмов, которые участвуют в процессах почвообразования, являются актиномицеты. Они являются переходной формой между бактериями и грибами. Данные микроорганизмы разлагают труднодоступные соединения в почве. Их значение в почвообразовании велико [1]. Актиномицеты участвуют в разложении лигнина. Это компонент растительных остатков, который при распаде является основой гумусовых веществ.

При изучении динамики численности актиномицетов (табл. 5, 6) отмечается их наибольшее развитие в середине вегетации (2 срок определения). Снижение отмечается в варианте с «нулевой» обработкой в обоих видах пара.

Таблица 5

Численность актиномицетов в посевах ярового ячменя, в зависимости от способов основной обработки почвы в севообороте с чистым паром в слое 0-30 см (млн. КОЕ/1 г а.с.п.)

Вид основной обработки почвы	2005 г.			2007 г.			2008 г.			НСР
	Сроки определения			Сроки определения			Сроки определения			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Лущение на 6-8 см + вспашка на 20-22 см	1,33	1,44	1,26	2,06	3,22	2,54	3,45	4,99	3,96	0,85
Лущение на 6-8 см + рыхление на 10-12 см	1,00	1,25	1,17	2,14	3,73	5,90	3,84	4,88	4,23	2,40
«Нулевая» обработка	1,41	1,36	1,26	2,41	3,71	3,82	3,11	5,45	4,03	1,54

Таблица 6

Численность актиномицетов в посевах ярового ячменя, в зависимости от способов основной обработки почвы в севообороте с сидеральным паром в слое 0-30 см (млн. КОЕ/1 г а.с.п.)

Вид основной обработки почвы	2005 г.			2007 г.			2008 г.			НСР
	Сроки определения			Сроки определения			Сроки определения			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Лушение на 6-8 см + вспашка на 20-22 см	1,10	1,00	0,97	2,33	3,53	3,01	2,92	5,54	4,11	1,55
Лушение на 6-8 см + рыхление на 10-12 см	0,92	1,06	0,98	2,35	3,98	4,85	2,79	5,21	3,53	1,98
«Нулевая» обработка	1,40	1,11	1,14	2,52	4,54	4,70	2,83	4,04	2,81	1,80

За время исследований, как в чистом, так и в сидеральном пару наибольшее их количество установлено при безотвальном рыхлении на 10-12 см. Повышение содержания количества актиномицетов почве является косвенным показателем степени ее окультуренности. Вид парового предшественника не оказал существенного влияния на численность актиномицетов во всех вариантах опыта. Этот результат подтверждается многолетними исследованиями кафедры. Отмечается равномерное распределение актиномицетов по слоям по всем вариантам.

При сравнительной оценке общей численности микроорганизмов по виду парового предшественника и по способу обработки почвы (рис. 1) можно сделать вывод, что сидеральный пар способствовал увеличению численности всех групп микроорганизмов. Наиболее благоприятные условия в пахотном слое почвы, за весь период исследования, сложились в варианте со вспашкой.

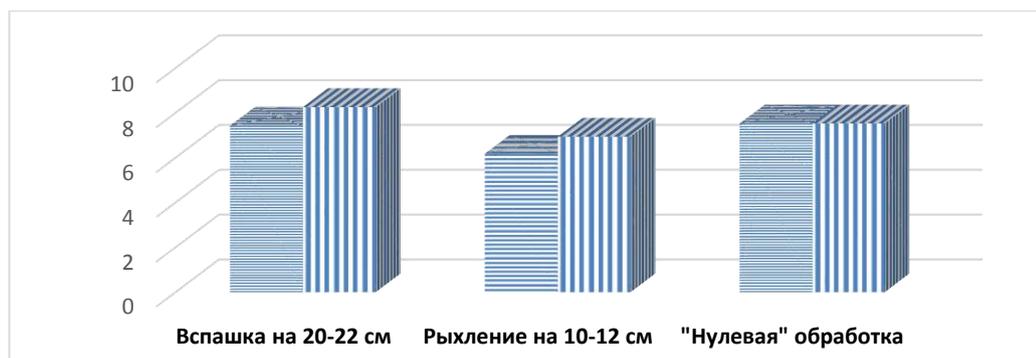


Рис. 1. Общая численность микроорганизмов за период исследования в 2005-2008 гг. в слое почвы 0-30 см в севообороте с чистым и сидеральным паром, млн. КОЕ/1г а.с.п.

**Заключение.** На изменение численности микроорганизмов оказывают влияние колебания, связанные с поступлением свежей органики, условиями увлажнения и периодом развития культуры. При изучении отдельных групп почвенных микроорганизмов выявлено, что у бактерий была ярко выражена летняя депрессия численности, по сравнению с грибами и актиномицетами. Отмечена положительная тенденция увеличения численности микроорганизмов по фону сидерального пара. При учете общей численности в варианте со вспашкой и «нулевой» обработкой сложились наиболее благоприятные условия в пахотном слое почвы за весь период исследования. Данные результатов были обработаны дисперсионным методом программным обеспечением STAT в лаборатории НИЛИТА на базе ФГБОУ ВО Самарской ГСХА.

#### Библиографический список

1. Белюченко, И. С. Значение актиномицетов в трансформации органического вещества в аграрных ландшафтах / И. С. Белюченко // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2018. – №1. – С. 38-44.
2. Зеленский, Н. А. Плодородие почвы. Настоящее и будущее нашего земледелия / Н. А. Зеленский, Г. М. Зеленская, Г. В. Мокриков [и др.] // Земледелие. – 2018. – № 5. – С. 4-7.
3. Каштанов, А. Н. Адаптивно-ландшафтные системы. Основа экологизации и биологизации земледелия / А. Н. Каштанов // Проблемы экологизации и биологизации земледелия и пути их решения в современном сельскохозяйственном производстве России : мат. конф. – Орел, 2013. – С. 16-17.

4. Марковская, Г. К. Биологическая активность почв под посевами ячменя в зависимости от способов основной обработки почвы и предшественника / Г. К. Марковская, Н. С. Иванайская // Достижения науки агропромышленному комплексу : сб. тр. – Самара, 2013. – С. 113-117.

5. Микитин, С. В. Влияние обработки почвы и минерального питания на динамику биологической активности и NPK при возделывании ярового ячменя / С. В. Микитин, А. В. Шуравилин [и др.] // Вестник РУДН. – 2017. – Т. 12, № 4. – С. 295-304.

6. Миникаев, Р. В. Управление факторами плодородия и совершенствование системы обработки почвы в агроландшафтах Среднего Поволжья : дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.01 / Миникаев Рогать Вагизович. – Казань, 2018. – 505 с.

7. Найденов, А. С. Минимализация обработки почвы в полевых севооборотах Кубани / А. С. Найденов, В. В. Терещенко, Н. И. Бардак [и др.] // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – №52. – С. 130-134.

#### Bibliography

1. Belyuchenko, I. S. The importance of actinomycetes in the transformation of organic matter in agricultural landscapes / I. S. Belyuchenko // Ecological Bulletin of the North Caucasus. – 2018. – №1. – P. 38-44.

2. Zelensky, N. Soil Fertility. Present and future of our agriculture / N. A. Zelensky, G. M. Zelenskaya, G. V. Mokrikov [et al.] // Zemledelie. – 2018. – № 5. – P. 4-7.

3. Kashtanov, A. N. The adaptive-landscape system. The basis of ecological and biological agriculture / A. N. Kashtanov // Problems of ecologization and biologization of agriculture and ways of their solving in the contemporary agricultural production of Russia : mat. conf. – Orel, 2013. – P.16-17.

4. Markovskaya, G. K. Biological activity of soils under crops of barley, depending on the methods of basic soil treatment and a predecessor / G. K. Markovskaya, N. S. Iwanayskaya // Advances in science agro-industrial complex : collection of works. – Samara, 2013. – P. 113-117.

5. Mikitin, S. V. Influence of soil treatment and mineral nutrition on the dynamics of biological activity and NPK in the cultivation of barley / S. V. Mikitin, A. V. Shuravilin [et al.] // Vestnik Peoples' Friendship University of Russia. – 2017. – Vol. 12, № 4. – P. 295-304.

6. Minikaev, R. V. Management factors of fertility and improvement of the system of soil tillage in agricultural landscapes of the Middle Volga region : dis. ... dr. of agricultural sciences : 06.01.01 / Minikaev Rogat Vagizovich. – Kazan', 2018. – 505 p.

7. Naydenov, A. S. The Minimization of soil treatment in field crop rotations of the Kuban / A. S. Naydenov, V. V. Tereshchenko, N. I. Bardak [et al.] // Scientific journal of KubSAU. – 2015. – №52. – P. 130-134.

DOI 10.12737/23610

УДК 633.112.1«321»:631.524

## ИММУНИТЕТ, АДАПТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО СОРТОВ ЯРОВОЙ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

**Беляева Мария Владимировна**, мл. науч. сотр. лаборатории технолого-аналитического сервиса, ФГБНУ «Самарский НИИСХ».

446254, Самарская область, п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41.

E-mail: samniish@mail.ru

**Мальчиков Петр Николаевич**, д-р с.-х. наук, гл. науч. сотр., заведующий лабораторией селекции яровой твердой пшеницы, ФГБНУ «Самарский НИИСХ».

446254, Самарская область, п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41.

E-mail: sags-mal@mail.ru

**Мясникова Марина Германовна**, канд. с.-х. наук, ведущий науч. сотр. лаборатории селекции яровой твердой пшеницы, ФГБНУ «Самарский НИИСХ».

446254, Самарская область, п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41.

E-mail: samniish@mail.ru

**Шаболкина Елена Николаевна**, канд. с.-х. наук, ведущий науч. сотр., заведующая лабораторией технолого-аналитического сервиса, ФГБНУ «Самарский НИИСХ».

446254, Самарская область, п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41.

E-mail:samniish@mail.ru

**Ключевые слова:** пшеница, сорт, селекция, гены, материал, устойчивость, стресс.

Цель исследований – привлечение генплазмы австралийских сортов яровой твёрдой пшеницы в качестве исходного материала для селекции в Среднем Поволжье. Привлечение коллекции современных сортов твёрдой пшеницы из Австралии – новая и актуальная задача, имеющая целью расширить генетическую основу селекции этой культуры. В Самарском НИИСХ (Безенчук, Самарская область) были изучены 9 сортов из Австралии, 2 сорта местной селекции, 6 сортов из Италии (в качестве стандартов по общей адаптивности, качеству зерна и клейковины) и 21 селекционная линия от скрещивания австралийского сорта Linie 5046 – Nax-2 и сорта местной селекции – Золотая. Эксперименты проведены в сеялочном (на делянках 10,0 м<sup>2</sup>) и в ручном (на делянках 0,25 м<sup>2</sup>) посевах в четырёх повторениях. Оценка сортов по устойчивости/восприимчивости к патогенам проведена в условиях естественного инфекционного фона. Качество оценивалось по содержанию белка, каротиноидных пигментов, показателю седиментации (SDS вариант), параметрам миксографа по общепринятым методикам. Солеустойчивость определялась методом проращивания семян при хлоридном засолении с градацией осмотического давления раствора. В результате исследований выявлена возможность использования сортов из Австралии по признакам продуктивности и адаптивности (L5046 – Nax-2, Tataroi, Hureto), устойчивости к стеблевой ржавчине (Tataroi, Hureto, L5018, Tjikuri), содержанию каротиноидных пигментов (Hureto, Tataroi, L5018, Tjikuri). Все изученные сорта из Австралии можно использовать для повышения уровня эластичности теста. Селекционные линии 2302Д-5, 2302Д-6, 2302Д-7, 2302Д-8, 2302Д-10, 2302Д-21, полученные с участием австралийской линии Nax-2, отличаются высокими значениями SDS и эластичности теста. Низкорослые сорта Hureto, Tataroi, Tjikuri, L5046 (Nax-2), L5018, имеющие достаточный уровень адаптивности, перспективны в селекции интенсивных, устойчивых к полеганию сортов. Сорта L5046 (Nax-2) и L740 предлагается использовать для создания солеустойчивых генотипов. Селекционная линия 2302Д-7 отличается значительным уровнем физиологической устойчивости к осмотическому стрессу, имеет перспективы для коммерческого и селекционного применения.

## IMMUNITY, ADAPTABILITY AND QUALITY OF DURUM SPRING WHEAT VARIETIES IN THE MIDDLE POVOLZHJE

**Belyaeva M. V.**, junior researcher of the laboratory of technological and analytical service, Samara Research Scientific Institute of Agriculture.

446254, Samara Region, Bezenchuk, Karl Marks st., 41.

E-mail: samniish@mail.ru

**Malchikov P. N.**, doctor of agricultural sciences, chief scientific researcher, head of the laboratory of spring durum wheat breeding agricultural sciences, Samara Research Scientific Institute of Agriculture.

446254, Samara Region, Bezenchuk, Karl Marks st., 41.

E-mail: sagrs-mal@mail.ru

**Myasnikova M. G.**, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of selection of spring durum wheat breeding agricultural sciences, Samara Research Scientific Institute of Agriculture.

446254, Samara Region, Bezenchuk, Karl Marks st., 41.

E-mail: samniish@mail.ru

**Shabolkina E. N.**, candidate of agricultural sciences, leading researcher, head of the laboratory of technological and analytical service, Samara Research Scientific Institute of Agriculture.

446254, Samara Region, Bezenchuk, Karl Marks st., 41.

E-mail: samniish@mail.ru

**Key words:** wheat, variety, selection, genes, material, resistance, stress.

The purpose of the research is to introduce genplasma of Australian durum spring wheat varieties as initial material for selection in the middle Povolzhje. Introducing the collection of modern durum spring wheat varieties from Australia is a new and urgent task, aimed at expanding the genetic basis for the selection of this crop. 9 varieties from Australia, 2 varieties of local selection, 6 varieties from Italy, as standards for general adaptability, grain and gluten quality, and 21 selection lines from the crossing of the Australian variety Linie 5046 – Nax-2 and the local selection Zolotaya were studied at Samara Research Scientific Institute of Agriculture (Bezenchuk, Samara region). The experiments were carried out using drill sowing (10.0 m<sup>2</sup> plots) and hand sowing (0.25 m<sup>2</sup> plots) 4 times repeating. Evaluation of varieties on resistance / susceptibility to pathogens was carried out under conditions of natural infectious background. The quality was evaluated by the protein content, carotenoid pigments, sedimentation index (SDS variant), parameters of the mixograph by common methods. Salt resistance was determined by seed germination in chloride salinization with gradation of the osmotic pressure of the solution. As a result there is potentiality to

use varieties from Australia according to the characteristic of productivity and adaptability (L5046 – Nax-2, Tamaroi, Hyperno), resistance to stem rust (Tamaroi, Hyperno, L5018, Tjikuri), carotenoid pigments content (Hyperno, Tamaroi, L5018, Tjikuri). All studied varieties from Australia can be used to increase the elasticity level of the dough. The selection lines 2302D-5, 2302D-6, 2302D-7, 2302D-8, 2302D-10, 2302D-21 obtained with the Australian line Nax-2 have high SDS values and dough elasticity. Low-grown varieties Hyperno, Tamaroi, Tjikuri, L5046 (Nax-2), L5018 having sufficient adaptability are perspective in the selection of intensive and resistant to lodging varieties. Varieties L5046 (Nax-2) and L740 are proposed to be used for salt tolerant genotypes. The selection line 2302D-7 has a significant physiological resistance to osmotic stress and perspectives for commercial and selection use.

Среднее Поволжье относится к регионам с неопределённой динамикой условий среды, т.е. не имеющим определённого доминирующего вектора в спектре лимитирующих факторов как в течение ряда лет, так и в онтогенезе растений в конкретный год исследований [3]. В процессе длительного периода селекции яровой твёрдой пшеницы сформировался коадаптированный блок генов, функционально определяющий приспособленность создаваемых сортов к неопределённым «потокам» лимитирующих факторов среды. Этот блок генов возник на ранних этапах научной селекции и эволюционировал в течение всего периода непрерывного улучшения регионального сортимента твёрдой пшеницы [4]. Эволюционный процесс был обеспечен на разных этапах трансгрессиями, полученными на основе межвидовой гибридизации, привлечением генетического материала из других эколого-географических регионов. В то же время было установлено, что использование в скрещиваниях иностранных сортов, также как и межвидовая гибридизация, часто приводят к потере адаптивности и ухудшению продукционных возможностей в потомстве гибридного и селекционного материала [5]. Это связано с разрушением в процессе рекомбинации коадаптированного блока генов и потерей достигнутого уровня адаптивности. Определяющим фактором для привлечения иностранного образца в качестве исходного материала является уровень его изученности, его характеристика как по признакам, имеющим положительную селекционную ценность, так и по признакам с негативной оценкой. Эта информация необходима для организации селекции на основе нового, привлекаемого сорта. Генофонд из Австралии в селекции твёрдой пшеницы в России практически не использовался. Интерес к этому источнику изменчивости вызван тем, что здесь, начиная с 1930 года, методами научной селекции создан оригинальный селекционно-генетический пул, и в настоящее время продолжается широкомасштабная селекция в рамках единой национальной программы улучшения твёрдой пшеницы. Вначале производство и селекция твёрдой пшеницы были локализованы в благоприятных регионах страны (Север Южного Уэльса, Южная Австралия и Южный Квинсленд), затем за счёт адаптивной селекции регион возделывания был расширен, в том числе до регионов с повышенным уровнем засоления (Юг Южного Уэльса, Виктория). Кроме того, качество австралийской твёрдой пшеницы оценивается на наиболее взыскательном итальянском рынке, как самое высокое в мире, что также во многом определяется генетическими свойствами возделываемых сортов [6].

**Цель исследований** – привлечение генплазмы австралийских сортов яровой твёрдой пшеницы в качестве исходного материала для селекции в Среднем Поволжье.

**Задачи исследований** – оценить австралийские сорта яровой твёрдой пшеницы по адаптивности, качеству зерна, устойчивости к наиболее вредоносным патогенам и засолению в стадии проростков для дальнейшего использования в Среднем Поволжье.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводились в 2015-2017 гг. на материально-технической базе Самарского НИИСХ. Изучены австралийские сорта твёрдой пшеницы – Yalloroi, Wollaroi, Tamaroi, Kalka, Caporoi, Hyperno, Tjikuri, Linie 740, LinieZb1 – Nax-1, Linie 5046 – Nax-2, Linie 50188 и 21 селекционная линия от скрещивания Linie 5046 – Nax-2/Золотая. Сорта по результатам селекции и изучения в Австралии характеризуются следующими особенностями.

Yalloroi выпущен в 1987 г. в дополнение к Kamilaroi и лучше приспособлен к ранним срокам посева. На базе этого сорта можно производить зерно с отличным цветом, без поражения патогенами, вызывающими почернение зародыша. Wollaroi создан в 1993 г. Отличается прочной соломиной, устойчивой к полеганию. Зерно содержит белка примерно на 0,5% больше, чем зерно сорта Yalloroi. Паста из Wollaroi имеет превосходный яркий, чистый желтый вид, что делает её популярной среди

производителей и потребителей. Tamaroi используется с 1998 г. Выпущен как лучший по адаптивности сорт на юге Австралии. Доходность на 15% выше, чем у Yallaroi. Этот сорт также позволяет производить зерно с более высоким уровнем белка, чем Wollaroi и Yallaroi. Kalka введен в коммерческий оборот в 2003 г., разработан Университетом в Аделаиде. Kalka происходит от Yallaroi, отличается повышенной устойчивостью к высокой концентрации в почве бора. Зерно сорта Kalka немного светлее, но имеет меньше скринингов (отрубей) при помоле, чем у Tamaroi. Caragoi выпущен в 2008 г., имеет повышенную урожайность и отзывчивость на интенсивность агротехнологий. Относится к полукарликовому морфотипу. Качество зерна превосходит уровень зерна Wollaroi. Nuregno применяется с 2008 г., отличается высоким потенциалом урожайности. Сорт среднеспелого типа, имеет хороший цвет зерна. Line 740 – сорт из австралийской коллекции пшеницы, происходит из Афганистана. Отличается очень высоким уровнем солеустойчивости. Сильно поражается мучнистой росой, сорт высокорослого морфотипа. LinieZb1 – Nax-1 и Linie 5046 – Nax-2 – генотипы, несущие интродуцированные от *Triticummonosocum* гены солеустойчивости Nax-1 и Nax-2 соответственно. Эти гены функционально относятся к  $\text{Na}^+$ -транспортёрам из семейства НКТ (high – affinity  $\text{K}^+$  transporter), т.е. имеющие высокое сродство с системой  $\text{K}^+$ -транспорта. Nax-1 был локализован на хромосоме 2A и идентифицирован как НКТ7 (НКТ1;4). Nax-2 локализован на 5A хромосоме и идентифицирован как НКТ8 (НКТ1;5). Эти гены получили названия TmНКТ7 (TmНКТ1;4-A2) и TmНКТ8 (TmНКТ1;5-A) [5, 6]. Функционирование этих генов укладывается в общее представление о генетической системе солевыносливости, идентифицированной на альтернативных мутантах *Arabidopsis*, где критическая роль принадлежит калийному питанию растений [9].

В качестве контрольных вариантов по качеству клейковины были привлечены новые селекционные линии, полученные из Италии, характеризующиеся высокими показателями индекса глютена (IG).

Эксперименты выполнены в сеялочном (на делянках в 10,0 м<sup>2</sup> (селекционные линии и сорта стандарты, 2016-2017 гг.)) и в ручном посеве в 4-кратной повторности (на делянках в 0,25 м<sup>2</sup> (коллекционные образцы из Австралии, Италии и сорта стандарты 2015-2017 гг.)). Оценка сортов по устойчивости/восприимчивости к патогенам (*Alternaria* sp., *Fusarium* sp., *Puccinia recondita*) проведена в условиях естественного инфекционного фона. Тип иммунитета, степень поражения листовыми пятнистостями определялись в фазы цветения и молочно-восковой спелости по общепринятым методикам [2].

Содержание белка и каротиноидов в зерне определяли по ГОСТ 10846-91 и ГОСТ 51181-98, соответственно, показатель седиментации (SDS вариант) и параметры миксографа, оценивающие качество клейковины, определяли по методике, предложенной в [1]. Оценку степени солеустойчивости проводили по методике Г. В. Удовенко – проращивание семян в условиях хлоридного засоления при температуре +21<sup>0</sup>С и градации осмотического давления раствором хлорида натрия (с концентрацией 50, 75, 100, 150 и 200 мМ NaCl) на фильтровальной бумаге в чашках Петри. В течение 8 дней определяли длину и массу зародышевых проростков и корешков. Лабораторную всхожесть и энергию прорастания семян определяли по ГОСТ 12038-84.

**Результаты исследований.** Адаптивность австралийских сортов оценивали по числу зёрен в колосе, массе 1000 зерен и поражению патогенами в условиях естественного инфекционного фона. Результаты изучения представлены в таблице 1.

По основным элементам продуктивности (число зерен в колосе, масса 1000 зерен) все австралийские сорта значительно уступают сортам местной селекции. Этот результат, очевидно, можно объяснить уровнем общей адаптивности. В тоже время сорта Tamaroi и L5018 отличались комплексной устойчивостью к патогенам, вызывающим листовые пятнистости (*Alternaria* sp., *Fusarium* sp.) и стеблевую ржавчину (*Puccinia graminis*). Практически все сорта из Австралии оказались в высокой степени устойчивыми к наиболее вредоносным в условиях Среднего Поволжья патогенам рода *Fusarium* sp., повреждающим листовую аппарат. Таким образом, включение в скрещивания сортов с самой низкой продуктивностью и адаптивностью (Caragoi, LineZb1 – Nax-1, L740, Yallaroi), очевидно, целесообразнее осуществлять по схеме беккроссов. В то же время предполагается, что большинство австралийских сортов могут увеличить в гибридных популяциях выход селекционно-ценных форм, устойчивых к патогенам.

Таблица 1

Продуктивность и восприимчивость к патогенам на естественном инфекционном фоне австралийских сортов, 2015-2017 гг.

Сорт	Оригинатор	Число зерен в колосе	Масса 1000 зерен, г	*Поражение растений патогенами, R...S, %		
				Alternaria sp.	Fusarium sp.	Puccinia graminis
Caporoi	Австралия	12,3	33,6	25,0	R/MR	7,5
Hyperno	Австралия	19,9	37,0	50,0	R	1-3
Kalka	Австралия	17,2	34,1	25,0	R/MR	15,0
Tamaroi	Австралия	21,1	37,1	7,5	R	R
Tjikuri	Австралия	15,8	32,1	40	R	5,0
Yalloroi	Австралия	14,9	33,5	20,0	MR	10,0
L740	Австралия	13,2	32,4	5,0	R	30
LineZb1 – Nax-1	Австралия	11,2	30,2	40,0	MR	7,5
L5046 – Nax-2	Австралия	19,8	36,4	50,0	R	15,0
L5018	Австралия	15,1	35,2	10,0	R	5,0
Безенчук.210	Самарский НИИСХ	25,3	40,1	5,0	R	15,0
Безенчук.205	Самарский НИИСХ	24,9	42,7	10,0	R	5,0
Золотая	Самарский НИИСХ	29,2	43,0	5,0	R	20,0

Примечание: \* – максимальное за годы изучения, R – resistance (устойчивость), S – sensibility (восприимчивость), M – mean (средняя степень).

Аналогичное предположение, если судить по фенотипическому проявлению, справедливо и для признаков качества зерна и клейковины (табл. 2). Результаты оценки австралийских сортов по качественным признакам проведены в сравнении с местными стандартными сортами (Безенчукская 210, Золотая), итальянскими сортами, имеющими высокое качество клейковины по параметру «индекс глютена», который варьирует у них в пределах 85-90 единиц, и селекционными линиями, полученными от скрещивания донора гена солеустойчивости Nax-2 и сорта Золотая.

Таблица 2

Показатели качества зерна сортов из Австралии и лучших селекционных линий, полученных отбором из популяции F<sub>2</sub> Nax-2/Золотая в сравнении с сортами из Италии и сортами местной селекции

Сорт, линия	Оригинатор	Белок, %	Каротиноиды, мг/кг	SDS седиментация, мм	Параметры микрографа			
					PT, мин	PH, см	BW, см	mTV, см
Nax-2	Австралия	19,0	4,07	36,0	7,2	8,1	3,4	1,0
Hyperno	Австралия	15,9	8,20	40,0	6,0	8,3	2,5	1,2
Tammoroi	Австралия	17,7	5,39	31,0	5,6	7,6	2,6	0,7
Tjikuri	Австралия	18,5	7,76	50,0	6,2	8,2	3,3	1,0
Jalori	Австралия	16,3	6,15	47,0	5,7	8,4	2,7	1,3
Linie 740	Австралия	18,5	3,45	38,0	6,0	8,2	2,5	1,0
Среднее по сортам Австралии		17,7	5,84	40,3	6,1	8,1	2,8	1,0
Безенчук.210	Самарский НИИСХ	15,4	7,23	29,0	7,3	4,7	1,0	0,2
Золотая	Самарский НИИСХ	15,1	5,99	42,0	11,2	5,1	1,5	0,1
Среднее по сортам местной селекции		15,3	6,61	30,5	9,3	4,9	1,3	0,15
Среднее по сортам итальянской селекции	6 сортов	16,6	4,44	41,7	4,8	8,1	2,7	0,9
2302д-5	Селекционная линия	14,8	6,25	45,0	17,7	4,9	2,0	0,4
2302д-6	«	15,0	5,82	64,0	10,2	6,5	2,6	0,9
2302д-7	«	15,9	4,53	44,0	16,1	6,1	2,1	0,5
2302д-8	«	15,2	4,96	48,0	9,0	6,3	2,5	0,6
2302д-10	«	14,8	5,61	48,0	13,1	6,0	2,0	0,5
2302д-21	«	14,1	5,71	51,0	11,2	6,5	2,7	0,6
Среднее по селекционным линиям		15,0	5,04	45,3	10,2	6,1	1,9	0,6

Большинство иностранных сортов, как австралийской, так и итальянской селекции, в условиях Среднего Поволжья накапливают больше белка, чем местные сорта, что объясняется более низкой урожайностью иностранных сортов. По содержанию каротиноидов сорта местной селекции превосходят средние показатели сортов из Австралии и Италии. Индивидуальные значения по концентрации желтых пигментов в зерне у австралийских сортов *Hurerno*, *Tjikuri*, *Jallogi* вполне сравнимы с уровнем лучших отечественных сортов, что увеличивает вероятность получения трансгрессий по признаку в процессе их использования для гибридизации. Среди сортов из Италии таких сортов не обнаружено. Качество клейковины по величине SDS седиментации и параметрам миксографа у всех австралийских сортов соответствует высоким стандартам, принятым на мировом рынке. По SDS различия между лучшим сортом местной селекции Золотая и сортами австралийской и итальянской селекции практически отсутствовали. По параметрам миксографа отмечены различия между сортом Золотая и сортами из Австралии и Италии, которые почти не отличались между собой. Лучший сорт местной селекции (Золотая) превосходит иностранные сорта по прочности клейковины (параметр PT), что, видимо, определяет хорошие оценки этого сорта по SDS седиментации. Австралийские и Итальянские сорта значительно превосходят сорта местной селекции по эластичности теста (BW) и, очевидно, этим объясняются их высокие значения по SDS. Все сорта из Италии высоко оцениваются по индексу глютена (IG=80,0-90,0 единиц) – основного критерия качества клейковины на мировом рынке твердой пшеницы. Идентичность австралийских и итальянских сортов по SDS и параметрам миксографа позволяет предположить наличие схожих величин у этих групп сортов и по IG. В тоже время IG местного сорта (Золотая), измеренного в лаборатории университета в Фуджи (Италия), варьировал в пределах 60-70 единиц, что заметно ниже уровня итальянских сортов. Причина этой особенности сорта (высокая прочность клейковины и недостаточный уровень IG), вероятно, связана с недостаточным уровнем эластичности теста (параметр BW), что наводит на мысль о возможности улучшения качества клейковины или даже получения положительных трансгрессий (прочность плюс эластичность клейковины) по этим свойствам в селекции твердой пшеницы в Среднем Поволжье. Анализ селекционных линий по величине SDS седиментации и параметрам миксографа позволяет положительно оценить эти перспективы (табл. 2). Ряд селекционных линий (2302Д-5, 2302Д-6, 2302Д-7, 2302Д-8, 2302Д-10, 2302Д-21) имеют высокие значения SDS (превышают среднее значение родительских сортов на 12,8-64,1%) и параметров PT и BW. Эти линии, предположительно, должны обладать высоким уровнем IG.

Кроме устойчивости к патогенам и качественным характеристикам, наиболее адаптированные к условиям Поволжья австралийские сорта *Hurerno*, *Tammoroi*, *Tjikuri*, *L5046 (Nax-2)*, *L5018*, несущие ген редукции высоты растений *Rht B1b*, целесообразно использовать в селекции интенсивных, устойчивых к полеганию сортов низкорослого морфотипа.

Важным направлением в селекции твердой пшеницы в условиях степных районов Поволжья и Урала с повышенной долей солончаковых пятен (15,0-20,0% пахотных земель в районе Самарского НИИСХ), отчетливо проявляющихся по ингибированию травостоя хлебных злаков в засушливые годы, может быть создание и возделывание солеустойчивых сортов. Солеустойчивость определяется способностью растений на уровне клеток, их структур и целого организма нейтрализовать полностью или частично отрицательное действие засоления на интенсивность ростовых процессов. Большинство злаков, в том числе твердая пшеница, относятся к гликофитам – растениям, хорошо приспособленным к реализации продукционных возможностей в условиях незасоленных почв. Тем не менее, в условиях засоления они также обнаруживают способности переносить этот стресс с минимальными потерями для продуктивности. Из возделываемых в России зерновых культур твердая пшеница наиболее чувствительна к засолению. Функционирование транслоцированных в твердую пшеницу из *Triticum monosocum* генов *Nax-1* и *Nax-2* проявляется в фенотипе в виде исключения ионов  $Na^+$  из клеток листовых пластинок и корневых волосков. Основная часть  $Na^+$  концентрируется в вакуолях листовых влагалищ [6], что уменьшает его токсичное действие в фотосинтезирующих тканях и интенсивно делящихся меристемных клетках. Аналогичный механизм нейтрализации действует и в генотипе образца L740. Кроме этого, засухоустойчивые генотипы могут обладать и повышенной устойчивостью к засолению. В целом все клеточные механизмы, которые обеспечивают засухоустойчивость растений: осмотическая регуляция, стабильность клеточных мембран,

фосфорилирования в процессе дыхания, нейтрализация свободных радикалов в биохимических реакциях и др., могут влиять на солеустойчивость. Ещё в 60-е гг. XX века отнесённые к высоко засухоустойчивым сорта Харьковская 46 и Безенчукская 105, отличались физиологической устойчивости к солевому стрессу. Эти сорта стали основными компонентами для совершенствования блока генов адаптивности в Поволжье и на Урале. В связи с этим правомерно предположение, что на стадии проростков (до образования листовых влагалищ – основных органов, накапливающих вредоносные катионы Na<sup>+</sup> в генотипах Naх-1, Naх-2 и L740), сорта местной селекции могут отличаться высокой солеустойчивостью, что в перспективе позволяет надеяться на получение трансгрессий по устойчивости. Результаты изучения в лабораторных условиях устойчивости к солевому стрессу в стадии проростков сортов L740 и L5046 – Naх-2, Безенчукская 210, Золотая и селекционных линий, полученных отбором из гибридной популяции Naх-2/Золотая, представлены в таблицах 3-5.

Показатели энергии прорастания и всхожести в целом по всем сортам имели тенденцию к снижению на вариантах с высокой концентрацией NaCl (150 мМ и 200 мМ).

Таблица 3

Показатели энергии и всхожести семян сортов твёрдой пшеницы при их проращивании в условиях осмотического стресса, созданного по градиенту водного раствора NaCl

Сорт, линия	Условия проращивания семян											
	Контроль, %		Энергия и всхожесть семян в условиях солевого стресса по градиенту концентрации NaCl в водном растворе, % к контролю									
			50 мМ (0,29%)		75 мМ (0,44%)		100 мМ (0,59%)		150 мМ (0,88%)		200 мМ (1,2%)	
	энер- гия	всхо- жесть	энер- гия	всхо- жесть	энер- гия	всхо- жесть	энер- гия	всхо- жесть	энер- гия	всхо- жесть	энер- гия	всхо- жесть
2302д-1	98	98	96,9	99	96,9	98	94,9	95,9	85,7	92,9	85,7	86,7
2302д-2	100	100	97	97	96	96	92	95	82	91	84	92
2302д-3	98	98	94,9	96,9	101	101	98	99	89,8	96,9	77,6	92,9
2302д-4	100	100	100	100	96	96	100	100	96	98	88	88
2302д-5	94	94	102,1	102,1	95,7	95,7	97,9	97,9	100	100	80,9	91,5
2302д-6	94	94	106,4	106,4	106,4	106,4	106,4	106,4	102,1	102,1	97,9	104,2
2302д-7	96	96	100	104,2	93,8	100	95,8	95,8	95,8	95,8	91,7	100
Naх-2	84	84	101,2	101,1	107,1	103,4	113,1	109,2	98,8	102,3	92,9	100
Золотая	96	96	94,8	94,8	96,9	97,9	97,9	97,9	99	99	89,6	91,7
L-740	72	72	106,9	112,5	109,7	109,7	97,2	106,9	86,1	95,8	77,8	77,8
Б-210	97	98	100	100	95,9	100	95,9	99	87,6	99	69,1	78,6
Средняя	93,5	93,6	100	101,3	99,5	100,4	99	100,3	93,0	97,5	85,0	91,2
CV, %	9,0	9,0	4,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	7,0	4,0	10,0	9,0

Почти все изученные сорта испытывали подавляющее действие солевого стресса на этих вариантах. Максимальная депрессия энергии и всхожести семян на этих вариантах отмечена у линии 2302д-1 – 14,3; 13,3%, Безенчукской 210 – 30,9; 21,4% и Linie 740 – 22,2; 22,2% для энергии и всхожести соответственно. Сорт Безенчукская 210 имеет хорошие показатели всхожести на всех средах, за исключением варианта с максимальной концентрацией NaCl 200 мМ (1,2%). Австралийский сорт, несущий ген Naх-2, имел незначительную депрессию только по энергии прорастания, максимально проявившуюся на фоне NaCl 200 мМ (-7,1%). Минимальная депрессия среди селекционных линий отмечена у 2302д-6 (-2,1%; +4,2% к контролю) и 2302д-7 (-8,3%; 0,0% к контролю). Снижение этих показателей в средней степени наблюдалось на среде с максимальной концентрацией (NaCl 200мМ) при проращивании семян сорта Золотая -9,4% и 8,3%.

Данные о депрессии изученных генотипов по энергии прорастания и всхожести семян в условиях солевого стресса в основном совпадают с данными по депрессии длины и массы проростков и корней, за исключением данных по сорту L740. Сильная чувствительность отмечена для линии 2302д-2, которая испытывала наиболее значимое негативное воздействие стресса на всхожесть и энергию прорастания семян. Значительная депрессия по длине ростка и корешков и их массе, особенно на наиболее жёстком варианте (200мМ NaCl), наблюдалась у линий 2302д-1, 2301д-4 и 2301д-5. Сорт из австралийской коллекции Linie 740 по накоплению сухого вещества в ростке и корешках, в отличие от параметров всхожести и энергии прорастания, на экспериментальных вариантах был одним из лучших среди изученных сортов, негативное воздействие концентрации

соли наблюдалось только на наиболее жёстком варианте – 200мМ NaCl. Высокая устойчивость роста на стадии проростков на всех вариантах обнаружена у сорта L5046 (Нах-2), что указывает на вероятность наличия у этого генотипа, кроме механизма компартаментации натрия в вакуолях листовых влагалищ, физиологических механизмов устойчивости на клеточном уровне. Из селекционных линий близкие к уровню этого генотипа параметры устойчивости показала линия 2307д-7.

Таблица 4

Длина ростков и корешков генотипов твёрдой пшеницы при проращивании семян в условиях осмотического стресса, созданного по градиенту водного раствора NaCl, мм и % к контролю

Сорт, линия	Условия проращивания семян											
	Контроль, мм		Длина ростка и корешков в расчёте на одно растение в условиях солевого стресса по градиенту концентрации NaCl в водном растворе, % к контролю									
			50 мМ (0,29%)		75 мМ (0,44%)		100 мМ (0,59%)		150 мМ (0,88%)		200 мМ (1,2%)	
	росток	корешки	росток	корешки	росток	корешки	росток	корешки	росток	корешки	росток	корешки
2302д-1	17	44	47	75	29,4	50	29,4	38,6	11,8	18,2	5,9	4,5
2302д-2	16	41	43,8	70,7	31,3	51,2	18,8	41,5	12,5	17,1	6,3	7,3
2302д-3	18	43	50	67,4	38,9	60,5	27,8	41,9	11,1	18,6	11,1	9,3
2302д-4	8	41	37,5	56,1	62,5	51,2	73,5	39	25	31,7	12,5	0,7
2302д-5	5	32	120	84,4	20	28,1	40	40,6	80	75	20	3,1
2302д-6	6	29	166,7	124,1	133,3	100	200	134,5	33,3	31	33,3	10,3
2302д-7	7	31	114,3	129	71,4	74,2	42,9	45,2	28,6	22,6	28,6	25,8
Нах2	8	34	87,5	82,4	62,5	61,8	37,5	55,9	25	32,4	25	17,6
Золотая	23	51	73,9	62,7	43,5	64,7	39,1	60,8	13	35,3	8,7	25,5
L.740	10	34	70	85,3	60	88,2	50	67,6	40	50	20	29,4
Б.210	10	30	100	96,7	70	100	60	80	30	50	20	23,3
среднее	11,6	37,3	82,8	84,9	56,6	66,4	56,3	58,7	28,3	34,7	17,4	14,3
CV,%	50,6	19,0	48,0	28,0	55,0	34,0	89,0	49,0	70,0	51,0	53,0	73,0

Таблица 5

Масса сухого вещества ростков и корешков генотипов твёрдой пшеницы при проращивании семян в условиях осмотического стресса, созданного по градиенту водного раствора NaCl, грамм и % к контролю

Сорт, линия	Условия проращивания семян											
	Контроль, г		Масса ростков и корешков в расчёте на одно растение в условиях солевого стресса по градиенту концентрации NaCl в водном растворе, в % к контролю									
			50 мМ (0,29%)		75 мМ (0,44%)		100 мМ (0,59%)		150 мМ (0,88%)		200 мМ (1,2%)	
	росток	корешки	росток	корешки	росток	корешки	росток	корешки	росток	корешки	росток	корешки
2302д-1	0,27	0,21	81,5	81	63	100	59,3	81	25,9	52,4	7,4	33,3
2302д-2	0,24	0,22	108,3	95,5	79,2	81,8	66,7	72,7	12,5	45,5	4,2	22,7
2302д-3	0,24	0,21	100	95,2	95,8	90,5	54,2	76,2	20,8	47,6	8,3	33,3
2302д-4	0,25	0,21	20	23,8	68	71,4	20	23,8	20	47,6	0	9,5
2302д-5	0,17	0,2	94,1	75	35,3	20	58,8	55	70,6	60	0	15
2302д-6	0,23	0,19	126,1	115,8	104,3	89,5	104,3	100	30,4	68,4	4,3	31,6
2302д-7	0,26	0,21	107,7	90,5	80,8	76,2	57,7	66,7	23,1	52,4	19,2	47,6
Нах2	0,18	0,18	94,4	61,1	100	83,3	83,3	94,4	38,9	50	50	105,6
Золотая	0,25	0,15	100	100	88	86,7	84	113,3	28	66,7	16	66,7
L-740	0,1	0,09	180	155,6	80	100	130	133,3	100	100	20	66,7
Б-210	0,23	0,17	113	135,3	78,3	105,9	69,6	105,9	21,7	58,8	8,7	23,5
средняя	0,22	0,19	102,3	93,5	79,3	82,3	71,6	83,8	35,6	59,0	12,5	41,4
CV,%	23%	21%	37%	38%	24%	28%	40%	36%	74%	26%	113%	69%

**Заключение.** Пониженную приспособленность сортов Sarogoi, LineZb1 – Нах-1, L740, Yalogo1 необходимо учитывать при гибридизации и предусмотреть схему применения беккроссной селекции. Большинство австралийских сортов целесообразно использовать в селекции селекционно-ценных форм, устойчивых к патогенам, вызывающим листовые пятнистости. Сорты Tamogoi, Нурерно, L5018, Tjikuri являются источниками устойчивости к стеблевой ржавчине, высокого

содержания каротиноидов и перспективны в селекции сортов низкорослого морфотипа. Все сорта из Австралии можно использовать для повышения уровня эластичности теста и, возможно, для улучшения индекса глютена. Селекционные линии 2302Д-5, 2302Д-6, 2302Д-7, 2302Д-8, 2302Д-10, 2302Д-21 отличаются высокими значениями SDS, прочности и эластичности клейковины и, предположительно, должны обладать высоким уровнем IG. Предполагается, что сорта L5046 – Nax-2 и L740, кроме описанных в литературе механизмов солеустойчивости, препятствующих поступлению натрия в фотосинтезирующие и меристематические ткани, обладают высоким уровнем физиологической устойчивости. Селекционная линия 2302Д-7 отличается значительным уровнем физиологической устойчивости к осмотическому стрессу.

#### Библиографический список

1. Васильчук, Н. С. Оценка прочности клейковины в процессе селекции твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) / Н. С. Васильчук, С. Н. Гапонов, Л. В. Еременко, Т. М. Паршикова // *Аграрный вестник Юго-Востока*. – 2009. – №3. – С. 34-39.
2. Кремнева, О. Ю. Диагностика и методы оценки устойчивости пшеницы к возбудителю желтой пятнистости листьев / О. Ю. Кремнева, Г. В. Волкова // *Методические рекомендации*. – М., 2007. – 20 с.
3. Корчагин, В. А. Основные тенденции изменения агрометеорологических показателей погодных условий в Среднем Заволжье за последние 100 лет (1904-2004 гг.) / В.А. Корчагин, О.И. Горянин. – Самара, 2005. – 76 с.
4. Мальчиков, П. Н. Относительное развитие признаков продуктивности твердой пшеницы в процессе селекции / П. Н. Мальчиков, М. Г. Мясникова // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. – 2012. – Т. 16, № 4-2. – С. 987-997.
5. Malchikov, P. N. Formation of gene association for general homeostasis and performance components of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) / P. N. Malchikov, M. G. Myasnikova // *Russian Journal of Genetics : Applied Research*. – 2016. – Vol. 6, № 4. – P. 357-366.
6. Sissons, M. Role of durum Wheat Composition on the Quality of Pasta and Bred 7 / M. Sissons // *Global Science Books «Food»*. – 2008. – P. 77-90.
7. Munns, R. Genetic control of sodium exclusion in durum wheat Research / R. Munns, G. J. Rebetzke, S. Husain [et al.] // *Australian Journal of Agricultural*. – 2003. – Vol. 54. – P. 627-635.
8. James, R. A. Major genes for Na<sup>+</sup> exclusion, Nax1 and Nax 2 (Wheat HKT1;4 and HKT1;5), decrease Na<sup>+</sup> accumulation in bread wheat leaves under saline and waterlogged conditions / R. A. James, C. Blake, S. B. Caitlin, R. Munns // *Journal of Experimental Botany*. – 2011. – Vol. 62, № 8. – P. 2939-2947. DOI: 10.1093/jxb/err003
9. Zhu, Jian-Kang. Genetic Analysis of Salt Tolerance in Arabidopsis: Evidence for a Critical Role of Potassium Nutrition / Jian-Kang Zhu, Jiping Liu, Liming Xiong // *The Plant Cell*. – 1998. – Vol. 10. – P.1181-1191.

#### Bibliography

1. Vasilchuk, N. S. Assessment of gluten strength in durum wheat selection (*Triticum durum* Desf.) / N. C. Vasilchuk, S. N. Gaponov, L. V. Yeremenko, T. M. Parshikova // *Agrarian Bulletin of the South-East*. – 2009. – №3. – P. 34-39.
2. Kremneva, O. Yu. Diagnosis and the methods of evaluation of wheat resistance to the pathogen of yellow leaf spots / O. Yu. Kremneva, G. V. Volkova // *Methodical recommendations*. – M., 2007. – 20 p.
3. Korchagin, V. A. The Main trends of changes in the weather conditions of agricultural meteorological indicators in the middle Volga region in the last 100 years (1904-2004). – Samara, 2005. – 76 p.
4. Malchikov, P. N. The relative development of productivity signs of durum wheat in the selection process / P. N. Malchikov, M. G. Myasnikova // *Vavilov journal of genetics and selection*. – 2012. – Vol.16, №4-2. – P. 987-997.
5. Malchikov, P. N. Formation of gene association for general homeostasis and performance components of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) / P. N. Malchikov, M. G. Myasnikova // *Russian Journal of Genetics : Applied Research*. – 2016. – Vol. 6, № 4. – P. 357-366.
6. Sissons, M. Role of durum Wheat Composition on the Quality of Pasta and Bred 7 / M. Sissons // *Global Science Books «Food»*. – 2008. – P. 77-90.
7. Munns, R. Genetic control of sodium exclusion in durum wheat Research / R. Munns, G. J. Rebetzke, S. Husain [et al.] // *Australian Journal of Agricultural*. – 2003. – Vol. 54. – P. 627-635.
8. James, R. A. Major genes for Na<sup>+</sup> exclusion, Nax1 and Nax 2 (Wheat HKT1;4 and HKT1;5), decrease Na<sup>+</sup> accumulation in bread wheat leaves under saline and waterlogged conditions / R. A. James, C. Blake, S. B. Caitlin, R. Munns // *Journal of Experimental Botany*. – 2011. – Vol. 62, № 8. – P. 2939-2947. DOI: 10.1093/jxb/err003
9. Zhu, Jian-Kang. Genetic Analysis of Salt Tolerance in Arabidopsis: Evidence for a Critical Role of Potassium Nutrition / Jian-Kang Zhu, Jiping Liu, Liming Xiong // *The Plant Cell*. – 1998. – Vol. 10. – P. 1181-1191.

# ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

DOI 10.12737/23611

УДК 621.436

## АДАПТАЦИЯ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ К РАБОТЕ НА СОЕВО-МИНЕРАЛЬНОМ ТОПЛИВЕ

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

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

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Быченин Александр Павлович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

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

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Ерзамаев Максим Павлович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

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

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Уханова Юлия Владимировна**, аспирант кафедры «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

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

E-mail: penz\_gau@mail.ru

**Ключевые слова:** дизель, топливо, масло, система, дизельное, смесевое, нефтяное, соевое.

*Цель исследования – адаптировать автотракторный дизель к использованию дизельного смесового топлива (ДСТ) с растительным компонентом в виде соевого масла. Приведены методика и результаты исследования основных физико-химических (плотность, вязкость, температура вспышки в закрытом тигле) и трибологических свойств ДСТ. Исследования физико-химических свойств проводились согласно ГОСТ 305-2013 на соответствующем оборудовании, прошедшем сертификацию, исследования трибологических свойств проводились на универсальном трибометре типа ТУ на четырехшариковом узле трения. Оценивались дизельное топливо, соевое масло и ДСТ. Концентрация соевого масла в ДСТ менялась от 0 до 100% по объему с шагом в 20%. Нагрузка, частота вращения шпинделя трибометра и материал деталей узла трения не изменялись. Исследовалась вязкость ДСТ и соевого масла при температурах 20°C (ГОСТ 305-218), 40 и 60°C (нормативами не предусмотрены) для определения оптимальной температуры подогрева смесового топлива. С точки зрения повышения ресурса дизельной топливной аппаратуры рационально использование ДСТ с содержанием соевого масла 40% (по объему), однако его*

*вязкость не удовлетворяет требованиям ГОСТ 305-2013. Установлено, что подогрев до 60°C ДСТ с содержанием соевого масла 40% позволяет уменьшить его вязкость до 4,82 мм<sup>2</sup>/с, что удовлетворяет требованиям ГОСТ 305-2013. Даны рекомендации по адаптации дизеля к использованию ДСТ. Перспективной схемой системы питания дизеля является двухконтурная система питания с подогревом ДСТ до 60°C.*

## **ADAPTATION OF THE AUTOMOTIVE DIESEL ENGINE TO OPERATE ON SOY AND MINERAL FUEL**

**Volod'ko O. S.**, cand. of techn. sciences, associate professor, head of the department «Tractors and automobiles», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya st., 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Bychenin A. P.**, cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Tractors and automobiles», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya st., 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Erzamaev M. P.**, cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Technical service», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya st., 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Ukhanova Yu. V.**, post-graduate student of the department «Tractors, automobiles and thermal energetic», FSBEI HE Penza SAU.

440014, Penza, Botanicheskaya, 30 str.

E-mail: penz\_gau@mail.ru

**Key words:** diesel, fuel, oil, system, mixed, soy.

The purpose of the study is to adapt automotive diesel engine to the use of diesel mixed fuel (DMF) with a vegetable component in the form of soy oil. The methodology and results of the study of the main physicochemical (density, viscosity, flash point in a closed crucible) and tribological properties of the DMF are presented. Studies of the physicochemical properties were carried out according to GOST 305-2013 by means of the appropriate certified equipment, and the tribological properties were studied with TU type universal tribometer with a four-ball friction unit. The diesel fuel, soy oil and DMF was assessed. The concentration of soy oil in the DMF varied from 0 to 100% by volume with a step of 20%. The load, the frequency of tribometer spindle rotation and the material of the parts of the friction unit were not changed. The viscosity of the DMF and soy oil was studied at temperatures of 20°C (GOST 305-218), 40, and 60°C (not provided by the standards) in order to determine the optimum temperature for heating of the mixed fuel. From the point of view of increasing the life of diesel fuel equipment, it is rational to use DMF with a soy oil content of 40% (by volume), however, its viscosity does not meet the requirements of GOST 305-2013. It has been established that heating DMF with a soy oil content of 40% up to 60°C makes it possible to reduce its viscosity to 4.82 mm<sup>2</sup>/s, what meets the requirements of GOST 305-2013. Recommendations on diesel engine adaptation to use of DMF are given. A promising scheme of a diesel power system is a dual-circuit power system with heating of DMF up to 60°C.

Как известно, к моторным топливам биологического происхождения относится дизельное смесевое топливо (ДСТ), получаемое смешиванием стандартного нефтяного дизельного топлива (ДТ) и растительного масла в различных соотношениях. Однако при использовании ДСТ в двигателе, оснащённом типовой топливной системой разделенного типа, наблюдается некритичное снижение эффективной мощности (не более 5%) [1, 2], закритичное повышение удельного эффективного расхода топлива (на 16-18%) [1, 2], затрудненный пуск дизеля в холодное время года, нарушение параметров топливоподачи (цикловая подача ДСТ, давление ДСТ в начале и конце нагнетательного топливопровода, давление впрыскивания ДСТ) [3] и условий организации рабочего процесса двигателя (смесеобразования, впрыскивания и сгорания). Перечисленные негативные последствия обусловлены не только различием показателей физико-химических и теплотворных свойств ДСТ и ДТ, но и видом растительного масла, а также его доли (массовой или объемной) в ДСТ.

Одним из перспективных растительных масел, используемых в качестве биокompонента ДСТ, является соевое масло, производимое в России в больших объемах. Достаточно отметить, что в 2017 году его было произведено в РФ 679,5 тыс. тонн [4]. В таблице 1 приведены сведения по показателям физико-химических и теплотворных свойств соевого масла и нефтяного ДТ. Анализ данных этой таблицы показывает, что по таким показателям, как плотность ( $921 \text{ кг/м}^3$ ), вязкость ( $62,566 \text{ мм}^2/\text{с}$ ) и температура вспышки в закрытом тигле ( $115^\circ\text{C}$ ) соевое масло значительно отличается от требований ГОСТ 305-2013, предъявляемых к дизельному топливу. Однако, если в соевое масло добавить нефтяное ДТ, то указанные свойства полученного ДСТ, с точки зрения моторного топлива, начинают улучшаться, и по мере увеличения его доли показатели ДСТ приближаются к аналогичным показателям нефтяного ДТ.

Таким образом, можно утверждать, что сдерживающими факторами применения соевого масла в качестве биокompонента ДСТ является повышенная вязкость и пониженная теплота сгорания. Однако следует отметить, что наличие свободного кислорода в молекулах жирных кислот соевого масла, с одной стороны, снижает теплоту сгорания ДСТ, с другой – способствует улучшению процесса сгорания в цилиндрах дизеля. В то же время повышенная вязкость и пониженная теплота сгорания не являются непреодолимыми препятствиями для применения соево-минерального топлива в качестве моторного топлива в автотракторных дизелях, поскольку разработан ряд технических решений по их конструктивной адаптации.

**Цель исследований** – адаптировать автотракторный дизель к использованию ДСТ, растительным компонентом которого является соевое масло.

**Задачи исследований:** определить основные физико-химические свойства ДСТ; определить рациональный состав ДСТ; выявить свойство, оказывающее наибольшее влияние на процесс топливоподачи; определить способы адаптации дизеля к использованию ДСТ на основе соевого масла и предложить конструктивные изменения в штатной топливной системе дизеля.

**Материалы и методы исследований.** Для решения первой задачи определялись основные физико-химические свойства соевого масла и ДСТ на основе соевого масла для сравнения с нормативными значениями по ГОСТ 305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия», а также со значениями аналогичных показателей товарного минерального дизельного топлива. Были определены: плотность топлива при  $15^\circ\text{C}$ , вязкость топлива при  $20^\circ\text{C}$  и температура вспышки в закрытом тигле. Проведены испытания на медную пластину, а также установлено содержание водорастворимых кислот и щелочей с использованием прибора SHATOX SX-300. Испытания проводились по стандартным методикам, рекомендованным ГОСТ 305-2013, на оборудовании, прошедшем соответствующую сертификацию. Испытаниям подвергались дизельное топливо летнее экологического класса К5 марки ДТ-Л-К5 (ДТ), соевое масло прямого холодного отжима (СМ), а также ДСТ с концентрациями соевого масла 20, 40, 60 и 80% по объему. Для решения второй задачи была проведена серия износных испытаний на универсальном трибометре типа ТУ. Улучшение противоизносных свойств ДСТ при наличии в них растительных компонентов (рапсового, рыжикового, льняного, масла крамбе и др.) подтверждено экспериментально [5, 6, 7, 8]. Как показали исследования, наибольшее значение имеют молекулы органических поверхностно-активных веществ – непредельных органических кислот, в значительных количествах содержащихся в соевом масле: олеиновой кислоты 25,28%, линолевой кислоты – 51,39% [9]. Однако эти же поверхностно-активные вещества при превышении некой равновесной концентрации могут вызвать повышенное изнашивание сопрягаемых деталей, особенно в условиях трения скольжения, сопровождаемого возникновением касательных напряжений, ввиду проявления явления адсорбционного понижения прочности (эффекта Ребиндера) [10]. В связи с этим оценка противоизносных свойств ДСТ имеет большое практическое значение и позволит определить максимальное содержание растительного компонента, рациональное с точки зрения повышения ресурса топливной аппаратуры. Испытаниям подвергалось товарное дизельное топливо, ДСТ с содержанием растительного компонента 20, 40, 60 и 80% по объему и соевое масло. Методика исследования: время опыта 900 с, частота вращения приводного вала  $580 \text{ мин}^{-1}$ , нагрузка  $450 \pm 5 \text{ Н}$ ; схема работы – четырехшариковый узел трения; контролируемый параметр – средний диаметр пятна износа неподвижных шариков, мм. В каждом цикле испытаний использовались одни и те же шарики, которые выдерживались в испытываемой смазочной среде

не менее одного часа. Начальная температура испытываемой среды составляла  $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$ . В течение опыта температура испытываемой среды увеличивалась естественным образом в зависимости от условий трения. Внешний подогрев узла трения не применялся. Оценивался средний диаметр пятна износа, измеренный на трех неподвижных шариках в двух взаимоперпендикулярных направлениях на каждом. Измерения проводились на оптическом микроскопе МБС-1.

Для решения третьей задачи был проведен анализ физико-химических свойств ДСТ с рациональным содержанием растительного компонента, определенным при решении второй задачи. Среди этих свойств методом сравнения с нормативными значениями по ГОСТ 305-2013 и со значениями аналогичных свойств товарного дизельного минерального топлива было выявлено свойство, характеризующееся максимальным отклонением от нормативных значений. Также физико-химические свойства анализировались с точки зрения влияния на физический процесс топливоподачи в дизельном двигателе.

Для решения четвертой задачи была измерена кинематическая вязкость ДСТ при температурах 40 и  $60^\circ\text{C}$ . Вязкость измерялась по стандартной методике капиллярным вискозиметром согласно рекомендаций ГОСТ 305-2013. Анализ полученных графических зависимостей позволил выявить температуру, до которой необходимо подогреть ДСТ, чтобы привести его кинематическую вязкость в соответствие с требованиями ГОСТ 305-2013.

Для решения четвертой задачи был проведен анализ существующих схем двухтопливных систем питания дизельных двигателей, а также анализ существующих способов подогрева топлив. По результатам анализа были даны рекомендации по конструктивным особенностям системы питания автотракторного дизеля, адаптированного к использованию ДСТ.

**Результаты исследований.** Результаты оценки основных физико-химических свойств и эксплуатационных показателей соевого масла и ДСТ на основе соевого масла приведены в таблице 1. Анализ таблицы 1 показывает, что по таким показателям, как плотность, вязкость и температура вспышки к нормированным значениям по ГОСТ наиболее близко ДСТ с содержанием соевого масла 20% (по объему). При дальнейшем увеличении содержания растительного компонента плотность и вязкость возрастают. Так, плотность для ДСТ с содержанием соевого масла 20% превышает плотность товарного дизельного топлива всего на 2,6%; ДСТ с содержанием соевого масла 40% – на 4,7%; ДСТ с содержанием соевого масла 60% – на 6,6%; ДСТ с содержанием масла крамбе 80% – на 9,3%; соевого масла – на 10,8%. Таким образом, прослеживается прямо пропорциональная зависимость. Вязкость же изменяется по нелинейной зависимости: у топлива с содержанием соевого масла 20% вязкость на 18,8% выше значения, заданного ГОСТ 305-2013, а у топлива, содержащего 40% соевого масла, – уже на 93,9%. Вязкость соевого масла в 10,4 раза превышает допустимое значение. В связи с этим использование соевого масла и ДСТ с содержанием растительного компонента 40% (по объему) и выше в дизелях, оснащенных ТПА непосредственного действия, будет затруднено без применения дополнительных конструктивных элементов.

Таблица 1

Физико-химические и эксплуатационные показатели исследуемых образцов топлива и масла

Показатели	ГОСТ 305-2013	Товарное ДТ	ДСТ с содержанием соевого масла, %				Соевое масло
			20	40	60	80	
Плотность при $15^\circ\text{C}$ , кг/м <sup>3</sup>	820...845	831	852	870	886	909	921
Вязкость при $20^\circ\text{C}$ , мм <sup>2</sup> /с	3,0...6,0	4,026	7,126	11,633	20,436	35,632	62,566
Температура вспышки в закрытом тигле, $^\circ\text{C}$	Выше 55	65	65	71	76	89	115
Испытание на медную пластинку	Класс 1	Класс 1	Класс 1	Класс 1	Класс 1	Класс 1	Класс 1
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	-	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют

В рамках решения второй задачи были проведены износные испытания на универсальном трибометре типа ТУ, результаты которых представлены в таблице 2. Графически полученная зависимость представлена на рисунке 1.

Результаты трибологических исследований образцов топлива и соевого масла

№ опыта	Образцы топлива и соевого масла	№ шарика	d, мм	Размер пятна износа, $d_{cp}$ , мм	Размер пятна износа, %
1	Товарное ДТ	1	0,31; 0,31	0,305	100
		2	0,30; 0,30		
		3	0,31; 0,30		
2	ДСТ с содержанием соевого масла, % : 20	1	0,25; 0,25	0,247	80,87
		2	0,25; 0,23		
		3	0,25; 0,25		
	40	1	0,24; 0,24	0,240	78,67
		2	0,26; 0,22		
		3	0,23; 0,25		
	60	1	0,26; 0,24	0,250	81,97
		2	0,25; 0,26		
		3	0,25; 0,24		
	80	1	0,26; 0,27	0,272	89,07
		2	0,27; 0,25		
		3	0,28; 0,30		
3	Соевое масло СМ	1	0,29; 0,28	0,301	98,9
		2	0,32; 0,31		
		3	0,31; 0,30		

Из анализа полученных данных можно сделать вывод, что средний диаметр пятна износа уменьшается при использовании ДСТ с содержанием соевого масла 20 и 40%. При дальнейшем увеличении концентрации соевого масла выявлено увеличение среднего диаметра пятна износа вследствие проявления эффекта адсорбционного понижения прочности контактирующих поверхностей, однако во всех случаях, включая соевое масло, средний диаметр пятна износа меньше, чем у товарного дизельного топлива.

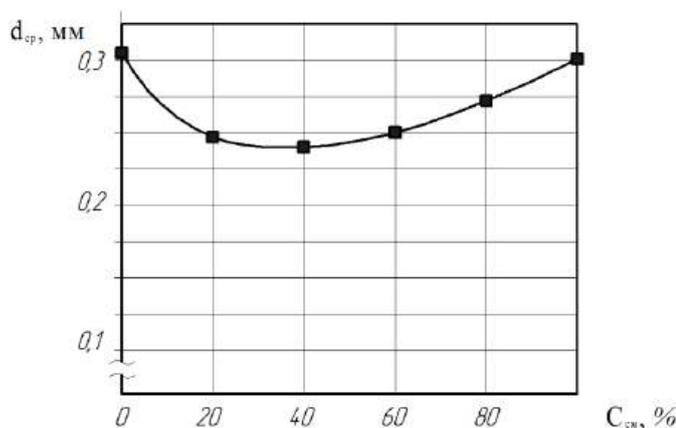


Рис. 1. Зависимость среднего диаметра пятна износа  $d_{cp}$  (мм) от содержания соевого масла  $C_{см}$  (%) в дизельном смесевом топливе

Таким образом, можно предположить, что в присутствии в составе ДСТ соевого масла имеет место процесс образования на поверхностях трения демпфирующего слоя органических ПАВ, препятствующего их изнашиванию. Наименьший диаметр пятна износа получен при содержании соевого масла 40%. Он составляет 0,240 мм, что на 21,33% меньше, чем у минерального дизельного топлива. Таким образом, с точки зрения увеличения ресурса топливной аппаратуры рационально использовать ДСТ с содержанием соевого масла 40% (по объему).

Однако анализ таблицы 1 показывает, что при таком содержании соевого масла ДСТ не удовлетворяет требованиям ГОСТ 305-2013 по значениям плотности и вязкости. При этом на процесс топливоподачи наибольшее влияние будет оказывать вязкость ДСТ, которая при содержании соевого масла 40% превышает допустимое значение на 93,9%. Плотность же увеличивается

незначительно, и по сравнению с товарным дизельным топливом превышает аналогичный показатель всего на 4,7%. К тому же увеличение плотности ДСТ приведет к увеличению массы топлива в объеме, впрыскиваемом в камеру сгорания дизеля, поэтому данным фактором с точки зрения процесса топливоподачи можно пренебречь.

Изменить вязкость ДСТ можно при помощи внешнего воздействия, то есть путем его подогрева до поступления в камеру сгорания дизеля. Таким образом, в адаптированной к применению ДСТ на основе соевого масла дизельной ТА рационально использовать подогреватель либо смешанного топлива, либо его растительного компонента до смешивания.

Для проверки данной гипотезы были проведены исследования вязкости товарного дизельного топлива, ДСТ с содержанием соевого масла 20, 40, 60 и 80%, а также соевого масла при температурах 20, 40 и 60°C. Результаты исследований представлены в таблице 3 и на рисунке 2.

Таблица 3

Вязкость исследуемых образцов топлива и масла при различной температуре

Вязкость кинематическая	ГОСТ 305-2013	Товарное ДТ	ДСТ с содержанием соевого масла, %				Соевое масло
			20	40	60	80	
Вязкость при 20°C, мм <sup>2</sup> /с	3,0...6,0	4,026	7,126	11,633	20,436	35,632	62,566
Вязкость при 40°C, мм <sup>2</sup> /с	-	2,51	4,506	7,126	11,947	20,017	32,802
Вязкость при 60°C, мм <sup>2</sup> /с	-	1,99	3,354	4,821	7,441	11,947	19,702

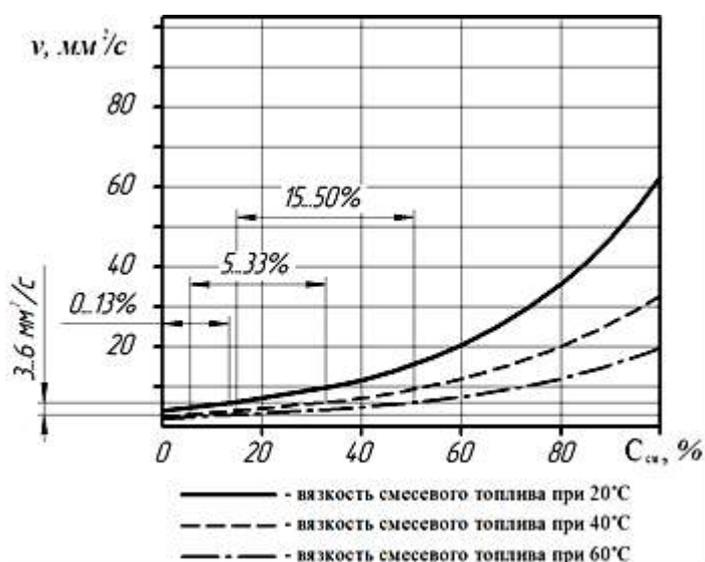


Рис. 2. Зависимость кинематической вязкости  $\nu$  (мм<sup>2</sup>/с) дизельного смешанного топлива от содержания соевого масла  $C_{см}$  (%) при различной температуре

Исследования показали, что для всех испытанных образцов справедливо следующее утверждение: с ростом температуры вязкость уменьшается по нелинейной зависимости. Так, например, для повышения ресурса дизельной ТА состава ДСТ, содержащего 40% соевого масла (по объему), необходим его подогрев до 60°C. В этом случае кинематическая вязкость составит 4,82 мм<sup>2</sup>/с, что удовлетворяет требованиям ГОСТ 305-2013. Таким образом, для решения четвертой задачи необходимо включить в схему адаптированной системы питания автотракторного дизеля подогреватель ДСТ или растительного масла.

Для определения оптимальной схемы системы питания автотракторного дизеля проведем анализ возможных вариантов структурных схем двухконтурных систем питания, представленных на рисунке 3.

Предпочтительной представляется система питания с подогревом ДСТ (рис. 3, а), которая хоть и требует наличия инфраструктуры для подготовки дизельного смешанного топлива, но является наиболее простой и дает возможность минимального вмешательства в конструкцию мобильного энергетического средства. Это является ее очевидным преимуществом перед схемой двухконтурной системы питания дизеля со смесителем и подогревом растительного компонента до смесителя.

(рис. 3, б). Во втором случае требуется специальный смеситель, который расходует мощность двигателя на его привод. В схеме с подогревом ДСТ после смесителя (рис. 3, в), кроме недостатков, присущих второму случаю, затруднены подача и дозирование растительного компонента в связи с его высокой вязкостью.

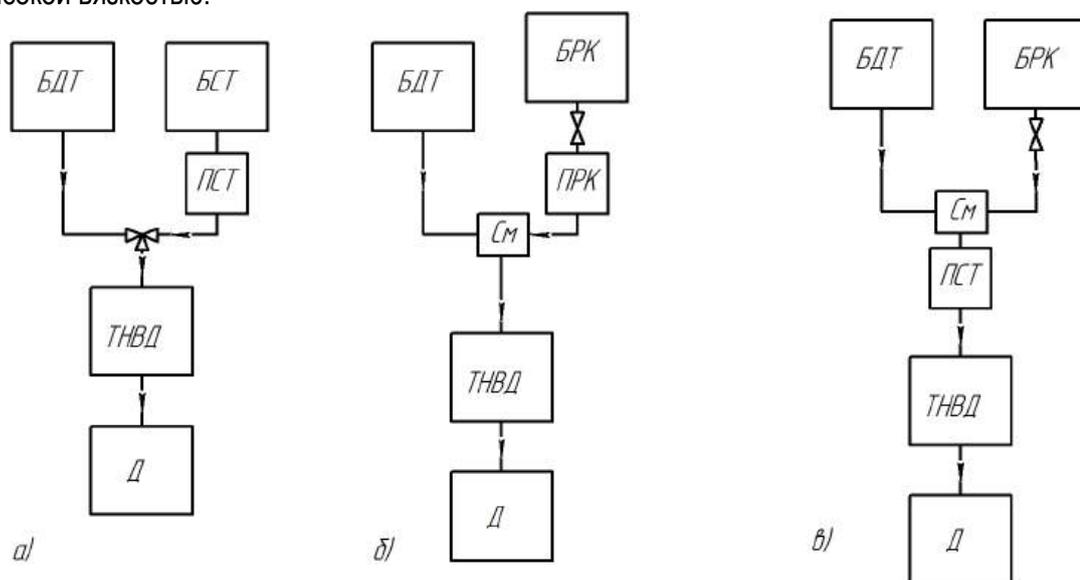


Рис. 3. Блок-схема двухконтурной системы питания дизеля:

а – с подогревом ДСТ; б – с подогревом растительного компонента до смесителя; в – с подогревом ДСТ после смесителя; БДТ – бак дизельного топлива; БСТ – бак ДСТ; БРК – бак растительного компонента; ПСТ – подогреватель ДСТ; ПРК – подогреватель растительного компонента; См – смеситель компонентов топлива; ТНВД – топливный насос высокого давления; Д – дизель

Подогрев растительного компонента или ДСТ может осуществляться разными способами, например, электрическим подогревателем, запитанным от бортовой сети, либо теплообменником, утилизирующим тепло отработавших газов, либо комбинацией этих способов – до пуска и прогрева дизеля от электронагревателя, затем от отработавших газов в теплообменнике. Однако все эти способы требуют дальнейшего изучения, так как возникает проблема регулирования температуры подогрева ДСТ в зависимости от режима работы двигателя, который характеризуется определенным удельным и часовым расходом топлива.

**Заключение.** С точки зрения повышения ресурса дизельной топливной аппаратуры рационально использовать ДСТ с содержанием соевого масла 40% (по объему). Но такое топливо не удовлетворяет требованиям ГОСТ 305-2013 по вязкости, которая больше всего влияет на процесс топливоподачи дизеля. Также установлено, что подогрев ДСТ с содержанием соевого масла 40% до температуры 60°C позволяет уменьшить его вязкость до 4,82 мм<sup>2</sup>/с, что удовлетворяет требованиям ГОСТ 305-2013. Анализ компоновочных схем двухконтурных топливных систем дизелей показал, что наиболее эффективной является система питания с подогревом ДСТ.

#### Библиографический список

1. Санников, Д. А. Повышение эффективности использования почвообрабатывающих агрегатов при работе трактора на рапсовом масле : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Санников Дмитрий Александрович. – Красноярск, 2009. – С. 20.
2. Уханова, Ю. В. Результаты трибологических исследований минерально-соевого топлива / Ю. В. Уханова, С. В. Теплова, А. В. Андрианов [и др.] // Инновационные идеи молодых исследователей для АПК России : сб. материалов Международной НПК молодых ученых. – Пенза : РИО ПГАУ, 2018. – Том III. – С. 74-77.
3. Уханов, Д. А. Снижение износа плунжерных пар ТНВД применением смесового рапсово-минерального топлива : монография / Д. А. Уханов, А. П. Уханов, Е. Г. Ротанов, А. С. Аверьянов. – Пенза : РИО ПГАУ, 2017. – 212 с.

4. Auto Consulting Group. Маркетинговые исследования рынков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://alto-group.ru/otchot/marketing/430-rynok-masla-soevogo-tekushhaya-situaciya-i-prognoz-2015-2019-gg.html> (дата обращения: 25.08.2018).

5. Быченин, А. П. Влияние смесевых минерально-растительных топлив на ресурс прецизионных пар топливopодающей аппаратуры дизельных двигателей / А. П. Быченин, М. А. Быченина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №3. – С. 54-59.

6. Болдашев, Г. И. Сравнительный анализ противоизносных свойств растительных масел / Г. И. Болдашев, А. П. Быченин, М. А. Быченина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Специальный выпуск «Актуальные проблемы трибологии». – Самара, 2015. – Т.15, №1. – С. 197-200.

7. Болдашев, Г. И. Влияние рыжикового масла на противоизносные свойства смесового топлива / Г. И. Болдашев, А. П. Быченин, М. А. Быченина, М. С. Приказчиков // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №3. – С. 92-95.

8. Уханов, А. П. Показатели физико-химических, теплотворных, трибологических свойств масла крамбе абиссинской и дизельного смесового топлива / А. П. Уханов, О. С. Володько, А. П. Быченин, М. П. Ерзамаев // Нива Поволжья. – 2018. – №2. – С. 141-148.

9. Уханова, Ю. В. Сравнительная оценка свойств растительных масел, используемых в качестве биодобавки к нефтяному дизельному топливу / Ю. В. Уханова, А. А. Воскресенский, А. П. Уханов // Нива Поволжья. – 2017. – №2. – С. 98-105.

10. Быченин, А. П. Влияние олеиновой кислоты на трибологические свойства топлив для автотракторных дизелей / А. П. Быченин, О. С. Володько, М. П. Ерзамаев, Д. С. Сазонов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №4. – С. 44-50.

#### Bibliography

1. Sannikov, D. A. Increase of use efficiency of soil-cultivating units during the work of the tractor on rape oil : candidate of Technical Sciences sciences dissertation author's abstract : 05.20.01 / Sannikov Dmitry Alexandrovich. – Krasnoyarsk, 2009. – P. 20.

2. Ukhanova, Yu. V. Results of tribological researches of mineral and soy fuel / Yu. V. Ukhanova, S. V. Teplova, A. V. Andrianov [et al.] // The Innovative ideas of young researchers for agrarian and industrial complex of Russia : collection of materials of the International academic and research conference of young scientists. – Penza : PC Penza SAU, 2018. – Vol. III. – P. 74-77.

3. Ukhanov, D. A. Decrease in wear of plunger couples of fuel pump use of mixed rape oil and mineral fuel : monograph / D. A. Ukhanov, A. P. Ukhanov, E. G. Rotanov, A. S. Averyanov. – Penza : PC Penza SAU, 2017. – 212 p.

4. Auto Consulting Group. Market researches of the markets [Electronic resource]. – Access mode: <http://alto-group.ru/otchot/marketing/430-rynok-masla-soevogo-tekushhaya-situaciya-i-prognoz-2015-2019-gg.html> (date accessed 25.08.2018).

5. Bychenin, A. P. Influence the mixed of mineral and vegetable fuels on a resource of precision pairs of fuel equipment of diesel engines / A. P. Bychenin, M. A. Bychenina // Bulletin of the Samara state agricultural academy. – 2013. – №3. – P. 54-59.

6. Boldashev, G. I. Comparative analysis of antiwear properties of vegetable oils / G. I. Boldashev, A. P. Bychenin, M. A. Bychenina // News of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences. Special release «Actual problems of a tribology». – Samara, 2015. – Т.15, №1. – P. 197-200.

7. Boldashev, G. I. Influence of camelina oil on antiwear properties of mixed fuels / G. I. Boldashev, A. P. Bychenin, M. A. Bychenina, M. S. Prikazchikov // Bulletin of the Samara state agricultural academy. – 2015. – №3. – P. 92-95.

8. Ukhanov, A. P. The physico-chemical, caloric value, tribological properties of crambe abyssinian oil and diesel mixture fuels / A. P. Ukhanov, O. S. Volod'ko, A. P. Bychenin, M. P. Erzamaev // Niva Povolzhya. – 2018. – №2. – P. 141-148.

9. Ukhanova Yu. V. Comparative evaluation of the properties of vegetable oils used as bio additives to petroleum diesel fuel / Yu. V. Ukhanova, A. A. Voskresensky, A. P. Ukhanov // Niva Povolzhya. – 2017. – №2. – P. 98-105.

10. Bychenin, A. P. Influence of oleic acid for autotractor diesel fuel tribological properties / A. P. Bychenin, O. S. Volod'ko, M. P. Erzamaev, D. S. Sazonov // Bulletin Samara State Agricultural Academy. – 2017. – №4. – P. 44-50.

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ БУКСОВАНИЯ КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА МТА НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

**Черников Олег Николаевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

4446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Быченин Александр Павлович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

4446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Ключевые слова:** движитель, буксование, почва, свойства, колесный, физические.

*Цель исследований – снижение уплотнения и разрушения почвы колесными движителями энергетического средства машинно-тракторного агрегата (МТА). Приведены методика и результаты исследования воздействия ведущих колес энергетического средства МТА на плотность и структуру почвы. Выявлено влияние буксования на данные показатели. Исследования проводились на МТА в составе трактора тягового класса 0,6 кН (Т-25А) и прицепного культиватора КПС-4,0. Согласно методике исследований величина коэффициента буксования изменялась в пределах от 0% на холостом ходу до 30% варьированием крюковой нагрузки. Нагрузка изменялась ступенчато в зависимости от количества рабочих органов культиватора. Учитывалось состояние почвы (влажность) и агрономический фон. Скорость МТА, его масса и давление воздуха в шинах ведущих колес поддерживались постоянными. Установлено, что с точки зрения снижения уплотнения почвы рационально принять минимально допустимое буксование, соответствующее режиму работы с буксованием 8...11%. Вместе с тем выявлено влияние на процесс буксования влажности и агрономического фона: для вспаханного поля допустимое буксование находится в пределах 11...12%, а для поля под посев – в пределах 9...10%. Анализ области допустимых режимов буксования, характеризующихся резким увеличением количества фракций размером менее 0,25 мм, показал, что ее границы зависят от состояния почвы и вида выполняемых полевых работ и лежат в пределах 9...12%. Результаты исследований позволяют рекомендовать в качестве рациональных такие режимы работы МТА с энергетическим средством тягового класса 0,6 кН, при которых буксование ведущих колес не превысит 8...12%.*

## INFLUENCE OF SLIPPING MODES OF THE WHEELED RUNNING GEAR OF MTU POWER MEANS ONTO PHYSICAL PROPERTIES OF THE SOIL

**Chernikov O. N.**, cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Tractors and automobiles», FSBEI HE Samara SAA.

4446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelsky, Uchebnaya st., 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Bychenin A. P.**, cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Tractors and automobiles», FSBEI HE Samara SAA.

4446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelsky, Uchebnaya st., 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Keywords:** running gear, slipping, soil, properties, wheeled, physical.

The purpose of the research is to reduce the compaction and destruction of the soil by wheeled running gear of the power means of the machine-tractor unit (MTU). The methods and results of the study regarding the effect of the wheeled running gear of the power means of MTU onto the density and structure of the soil are presented. The influence of slipping onto these indicators was identified. Studies were carried out on the MTU that was a part of the tractor of 0.6 kN traction class (T-25A) and a trailing cultivator KPS-4.0. According to the research methodology, the coefficient of slipping varied from 0% at idle to 30% by means of varying of the hook load. The load was changed in steps depending on the number of working bodies of the cultivator. The soil condition (humidity) and agronomic background were taken into account. The MTU speed, its mass and air pressure in the tires of the driving wheels

were kept constant. It has been established that from the point of view of reducing soil compaction, it is rational to adopt the minimum allowable slipping that corresponds to the operation mode with slipping of 8...11%. At the same time, the influence of moisture and agronomic background onto the slipping process was revealed: for a plowed field, the allowable slipping is within the limits of 11...12%, and for a field intended for sowing – within the limits of 9...10%. Analysis of the area of permissible slipping modes, which are characterized by a sharp increase in the number of fractions that are less than 0.25 mm in size, showed that its boundaries depend on the soil condition and the type of field work being performed and are located within the limits of 9...12%. The research results allow us to recommend such modes of operation of the MTU with the power means of 0.6 kN traction class, where the slipping of the drive wheels will not exceed 8...12%.

При современной технологии производства почва подвергается многократному воздействию ходовых систем машинно-тракторных агрегатов (МТА), подавляющее большинство которых оснащено колесными двигателями. Это характерно как для энергетических средств (тракторов и самоходных машин), так и для прицепных сельскохозяйственных машин. На территории Самарской области используется в сельскохозяйственном производстве 3,9 тыс. колесных тракторов и 1,9 тыс. прицепных сельскохозяйственных машин [1]. Каждый проход колесной техники по почве вызывает изменение ее физических свойств, которые напрямую влияют на урожайность сельскохозяйственных культур [2]. Для уменьшения отрицательного влияния колесных двигателей необходимо свести до минимума степень их воздействия на почву. При этом большое значение имеет выбор оптимальных режимов работы машинно-тракторных агрегатов, в частности, режимов буксования энергетического средства. Так как при работе колесо практически всегда движется с буксованием [3], невозможно полностью исключить воздействие данного процесса на физические свойства почвы. Известно, что между изменением свойств почвы и буксованием ведущих колес энергетического средства прослеживаются определенные связи [4, 5, 6]. Наибольшее влияние работа МТА оказывает на физические свойства почвы, вызывая при каждом проходе ее уплотнение и разрушение. На практике широко применяются методы разуплотнения почвы в следе энергетического средства [7], для чего разработано достаточное количество технических средств. Воздействие же буксования на разрушение почвы, т.е. уменьшение размеров ее фракций, изучено недостаточно. В связи с этим существует не только актуальная научная проблема снижения буксования колесных двигателей при работе МТА в поле, но и необходимость определения предельно допустимых значений буксования, обеспечивающих минимальное воздействие на почву.

**Цель исследований** – снижение уплотнения и разрушения почвы колесными двигателями энергетического средства машинно-тракторного агрегата.

**Задачи исследований:** выявить зависимость плотности почвы от режима буксования колесного двигателя; выявить влияние режима буксования на изменение структуры почвы; экспериментально определить допустимые значения буксования с учетом состояния почвы (влажности, агрофона и выполняемых операций); дать рекомендации по практическому применению МТА, оснащенного энергетическим средством тягового класса 0,6 кН.

**Материалы и методы исследований.** Для решения первой задачи было проведено исследование приращения плотности почвы в зависимости от режимов буксования ( $\delta=0-30\%$ ), затем более точная оценка изменения плотности почвы от буксования ведущих колес энергетического средства в диапазоне коэффициента буксования  $\delta$  от 7 до 14% включительно [8]. ГОСТ 26955-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия двигателей на почву» рекомендует режимы работы, характеризующиеся значением буксования 14...16%. Объектом исследований был принят машинно-тракторный агрегат в составе трактора Т-25А (тяговый класс 0,6 кН) и прицепного культиватора КПС-4,0 (культиватор паровой скоростной с шириной захвата 4 м), в котором посредством изменения режимов работы изменялись режимы буксования ведущих колес энергетического средства. Методика исследования подразумевала изменение величины коэффициента буксования в пределах от 0% на холостом ходу до 30% при максимальной нагрузке, соответствовавшей усилию на крюке  $P_{кр}=5800$  Н. Свыше  $P_{кр}=6000$  Н нагрузка не увеличивалась, так как в этом случае для эффективной работы МТА требуется энергетическое средство более высокого тягового класса. В качестве загружающего устройства использовался прицепной культиватор для сплошной обработки почвы КПС-4,0: посредством изменения количества рабочих секций обеспечивалась ступенчатая

загрузка трактора. Использование прицепного культиватора КПС-4,0 в качестве загружающего устройства было обусловлено также тем, что данный МТА позволяет отбирать пробы непосредственно по следу трактора, поскольку он не перекрывается рабочими органами культиватора. Для автоматического измерения параметров, определяющих эксплуатационно-технологические качества трактора и сельскохозяйственных машин, использовалась малогабаритная измерительно-регистрирующая аппаратура ЭМА-ПМ. Наличие шести аналоговых, восьми дискретных и одного временного измерительных каналов позволяло регистрировать средние за опыт величины усилия и напряжений в материалах. В процессе исследования регистрировались: тяговое усилие на крюке; количество оборотов ведущих колес на гоне; количество оборотов путеизмерительного колеса на гоне; радиальная деформация почвы; буксование ведущих колес; путь, пройденный агрегатом за опыт. Исследование изменения свойств почвы в пределах каждого поля под влиянием буксования ведущих колес трактора Т-25А было проведено как функция от влажности почвы  $W$  (%). Величина буксования изменяется посредством ступенчатого увеличения крюкового усилия изменением количества рабочих секций и имеет с ним прямую зависимость. Скорость МТА, его масса и давление воздуха в шинах ведущих колес поддерживались постоянными. Исследования проводились на территории Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства, расположенного в лесостепной зоне Среднего Поволжья. Плотность почвы после прохода ведущих колес оценивалась по стандартной методике (ГОСТ 20915-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний») с использованием стандартизированного сертифицированного оборудования.

Для решения второй задачи был проведен анализ изменения структуры почвы путем определения количества фракций размером менее 0,25 мм (критерий  $\Delta C$ ) после прохода машинно-тракторного агрегата (ГОСТ 20915-2011). Режимы работы МТА соответствовали методике определения приращения плотности почвы в зависимости от режимов буксования, исследовался уточненный диапазон коэффициента буксования ( $\delta=8-13\%$ ). Количество фракций почвы, не имеющих агротехническое значение (менее 0,25 мм), определялось сухим просеиванием образцов, взятых по следу ведущих колес энергетического средства МТА.

Для решения третьей задачи по полученным зависимостям плотности и структуры почвы от коэффициента буксования были определены допустимые значения буксования для различных агрофонов и условий работы МТА, для решения четвертой задачи были даны рекомендации по рациональным режимам загрузки энергетического средства тягового класса 0,6 кН в составе машинно-тракторного агрегата, исключая значительное влияние буксования ведущих колес на физические свойства почвы.

**Результаты исследований.** Результаты оценки влияния коэффициента буксования ведущих колес энергетического средства МТА на плотность почвы представлены функциями изменения приращения плотности почвы от буксования  $\Delta\rho=f(\delta)$  в диапазоне буксования 0-30% и приращения плотности почвы от буксования  $\Delta\rho=f(\delta)$  в диапазоне буксования 7-14% [8]. Данные графические зависимости представлены на рисунке 1.

При анализе кривых 1, 2 и 3 (рис. 1, а) можно выделить два характерных участка. Первый участок (режим работы с буксованием от 0 до 8...11%) характеризуется максимальным изменением приращения плотности почвы под воздействием буксования в пределах 0,04...0,06 г/см<sup>3</sup>, что говорит о незначительном влиянии этого режима буксования на изменение данного параметра. Более интенсивное приращение плотности имеет место на втором участке: при увеличении буксования от 8...11% до 20...25% (в зависимости от фона почвы и влажности, крюкового усилия) оно составляет 0,18...0,23 г/см<sup>3</sup>. При дальнейшем увеличении буксования ( $\delta>25\%$ ) процесс изменения приращения плотности почвы стабилизируется и на графической зависимости не отражен. Анализ графических зависимостей 1, 2 и 3 (рис. 1, а) показал, что с точки зрения снижения уплотнения почвы рационально принять минимально допустимое буксование, соответствующее режиму работы с буксованием 8...11%, то есть значения, характерные для начала интенсивного приращения плотности. Разброс значений для трех случаев объясняется влиянием влажности и фона почвы. Поэтому, оценивая воздействие буксования ведущего колеса энергетического средства МТА на почву, необходимо говорить об области минимально допустимых значений. Уточнение границ этой области проводилось

при более детальном изучении графиков зависимости  $\Delta\rho=f(\delta)$  (рис. 1, б). Так, для поля вспаханного допустимое буксование находится в пределах 11...12%, а для поля под посев – в пределах 9...10%.

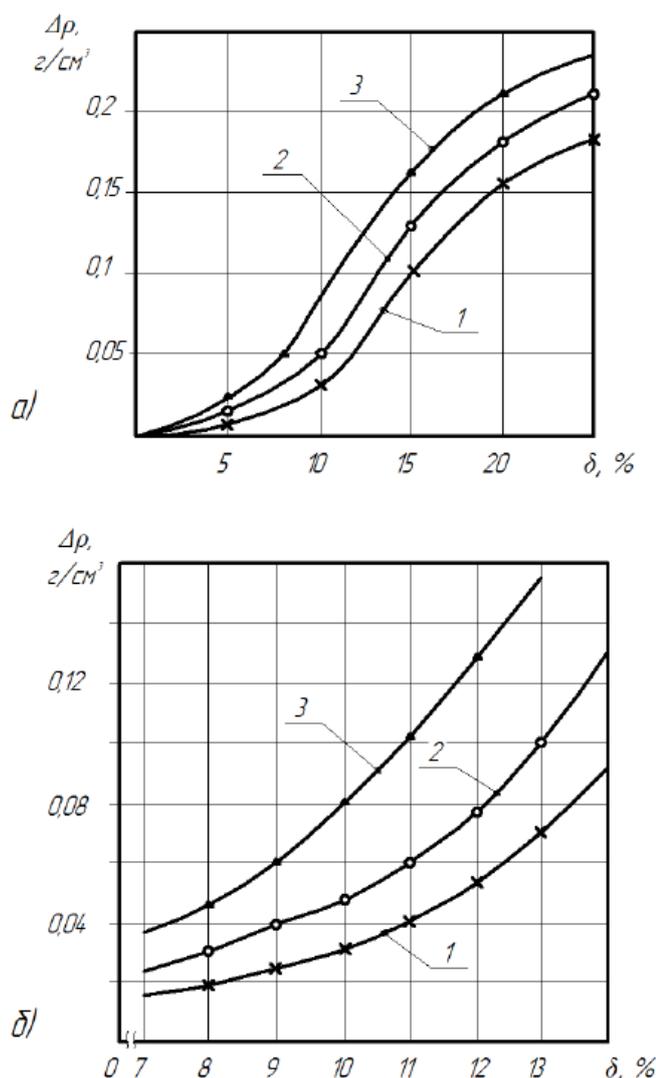


Рис. 1. Зависимость приращения плотности почвы от режимов буксования:  
а – в диапазоне буксования 0-30%; б – в диапазоне буксования 7-14%; 1 – поле вспаханное (влажность  $W_1=25,1\%$ );  
2, 3 – поле, подготовленное под посев (влажность  $W_2=20,3\%$  и  $W_3=24,8\%$  соответственно)

Результаты оценки влияния буксования ведущих колес энергетического средства МТА на структуру почвы представлены на рисунке 2 функциями изменения критерия  $\Delta C$  (%) в зависимости от буксования  $\delta$  (%). Увеличение буксования ведущих колес энергетического средства МТА сопровождается разрушением структуры почвы и её истиранием, что проявляется в увеличении содержания в пробах фракций размером менее 0,25 мм и уменьшением содержания агротехнически ценных фракций размером 0,25-10 мм. Анализ области допустимых режимов буксования, характеризующихся резким увеличением количества фракций размером менее 0,25 мм (рис. 2), показал, что ее границы зависят от состояния почвы и вида выполняемых полевых работ и лежат в пределах 9...12% буксования, т.е. дальнейшее увеличение буксования ведущих колес энергетического средства МТА приведет к еще более интенсивному истиранию и распылению почвы.

Анализируя вид кривой 1 (рис. 2), установили, что буксование до 12% приводит к незначительному разрушению почвы ( $\Delta C=3...4\%$ ), но дальнейшее увеличение буксования ведет к усилению распыления почвы. При буксовании 13% содержание частиц размером менее 0,25 мм увеличилось до 11...12%, поэтому можно сделать вывод, что допустимое буксование, определяемое по критерию  $\Delta C$ , должно находиться на уровне 12%, а также корректироваться в зависимости от влажности почвы. На интенсивность изменения структуры почвы под воздействием буксования

оказывает влияние и фон поля, что видно из характера кривой 2 (рис. 2), соответствующей полю, подготовленному под посев. Из графика видно, что уже при буксовании более 9% происходит резкое ухудшение свойств почвы, выраженное в интенсивном увеличении содержания частиц размером менее 0,25 мм.

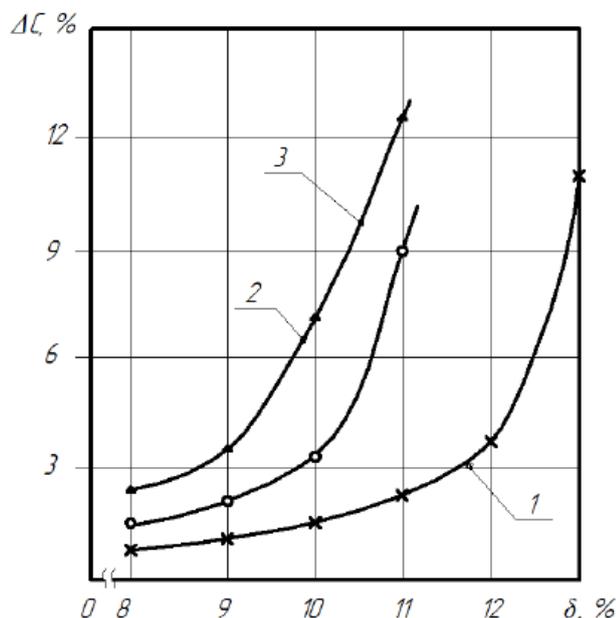


Рис. 2. Влияние буксования на изменение структуры почвы (процентное содержание частиц размером менее 0,25 мм) в слое 0-5 см:

1 – поле вспаханное ( $W=25,1\%$ ); 2 – поле под посев ( $W=20,3\%$ ); 3 – поле под посев ( $W=24,8\%$ )

Следовательно, применительно к данным условиям и состоянию почвы критическое значение буксования составит 9%. Повышение буксования свыше критической отметки приведет к значительному ухудшению физических свойств обрабатываемой почвы. Существенное влияние на разрушение почвы в процессе буксования оказывает также влажность почвы. Увеличение влажности с 20,3% (кривая 2) до 24,8% (кривая 3) (рис. 2) привело к уменьшению степени истирания, в результате допустимое значение буксования  $\delta$  составило 10%.

Таким образом, анализ представленных выше графических зависимостей позволяет рекомендовать в качестве рациональных такие режимы работы МТА с энергетическим средством тягового класса 0,6 кН, при которых буксование ведущих колес энергетического средства не превысит 8-12%. Данное значение является рациональным как с позиции учета влажности почвы, так и с позиции исследуемого агрофона.

**Заключение.** Проведенные лабораторно-полевые исследования показали, что на величину предельного значения буксования ведущих колес энергетического средства МТА оказывает влияние состояние поверхности поля (агрофон, влажность) и режим работы агрегата. Анализ полученных зависимостей плотности и структуры почвы от буксования показал, что область допустимых значений буксования отличается для разных условий, но должна лежать в пределах 8...12%. Данная область является рациональной для всех рассмотренных выше случаев. Превышение данного диапазона значений буксования приводит к резкому изменению плотности и фракционного состава почвы. При этом почва, подготовленная под посев, наиболее чувствительна к уплотнению, поэтому при работе на данном агрофоне следует ограничить буксование до 8...11,5%, тогда как на вспаханном поле допустимое буксование возможно увеличить до 9,5...13%. Оптимально-допустимое значение буксования должно корректироваться, исходя из состояния почвы и её влажности. Также полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод, что для МТА с энергетическим средством тягового класса 0,6 кН рекомендуемые ГОСТ 26955-86 режимы работы со значением буксования ведущих колес энергетического средства 14...16% не являются рациональными, поскольку приводят к повышенному уплотнению и истиранию почвы в процессе выполнения агротехнических операций в поле.

#### Библиографический список

1. Пуряева, В. Обновление парка сельхозтехники / В. Пуряева // Агро-Информ. – 2018. – №3. – С. 2-6.
2. Русанов, В. А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения : монография / В. А. Русанов. – М. : ВИМ, 1998. – 368 с.
3. Кузнецов, Н. Г. Динамика процесса буксования колесного трактора кл.1,4 / Н. Г. Кузнецов, Д. С. Гапич, Е. В. Ширяева // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – №12. – С. 23-26.
4. Золотаревская, Д. И. Прогнозирование уплотняющего воздействия на почву колесных тракторов / Д. И. Золотаревская, К. Джафаринаими // Тракторы и сельхозмашины. – 2008. – №1. – С. 34-39.
5. Надыкто, В. Т. Определение максимального буксования колесных движителей с учетом ограничения их воздействия на почву / В. Т. Надыкто // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – №8. – С.19-23.
6. Золотаревская, Д. И. Исследование и расчет уплотнения почвы при работе и после остановки колесного трактора / Д. И. Золотаревская // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – №8. – С. 33-38.
7. Савельев, Ю. А. Обоснование конструктивно-технологических параметров плоскорезающих лап / Ю. А. Савельев, Ю. М. Добрин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – №3. – С. 54-57.
8. Черников, О. Н. Обоснование допустимой величины буксования движителей, обеспечивающее уменьшение их вредного воздействия на почву : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Черников Олег Николаевич. – Саранск, 2001. – С. 18.

#### Bibliography

1. Puryaeva, V. Park updating of agricultural machinery / V. Puryaeva // Agro-inform. – 2018. – №3. – P. 2-6.
2. Rusanov, V. A. Reconsolidation problem of soils by driving wheels and effective ways of its decision : monograph / V. A. Rusanov. – M. : VIM, 1998. – 368 p.
3. Kuznetsov, N. G. Slipping process dinamik of the wheel tractor of 1,4 kN traction class / N. G. Kuznetsov, D. S. Gapich, E. V. Shiryayeva // Tractors and agricultural machinery. – 2012. – №12. – P. 23-26.
4. Zolotarevskaya, D. I. Forecasting of the condensing impact on the soil of wheel tractors / D. I. Zolotarevskaya, K. Dzhafarinaimi // Tractors and the agricultural machinery. – 2008. – №1. – P. 34-39.
5. Nadykto, V. T. Definition of the maximum slipping of wheel propellers taking into account restriction of their impact on the soil / V. T. Nadykto // Tractors and agricultural machinery. – 2015. – №8. – P. 19-23.
6. Zolotarevskaya, D. I. Researching and calculation of soil consolidation during the work and after a stop of the wheel tractor / D. I. Zolotarevskaya // Tractors and agricultural machinery. – 2016. – №8. – P. 33-38.
7. Savelyev, Yu. A. Justification of constructive and technological parameters of flat hoes / Yu. A. Savelyev, Yu. M. Dobrin // Bulletin of the Samara state agricultural academy. – 2011. – №3. – P. 54-57.
8. Chernikov, O. N. The justification of admissible size of propellers slipping, providing reduction of their harmful effects on the soil : cand. of techn. sciences dissertation author's abstract : 05.20.01 / Chernikov Oleg Nikolaevich. – Saransk, 2001. – P. 18.

DOI 10.12737/23613

УДК 621.43.013

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛЬЦЕВОГО ЗАЗОРА ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР ТНВД В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ РЫЖИКОВОГО МАСЛА В СМЕСЕВОМ РЫЖИКО-МИНЕРАЛЬНОМ ТОПЛИВЕ

**Уханов Александр Петрович**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

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

E-mail: ukhanov.penza@mail.ru

**Ротанов Евгений Геннадьевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО Ульяновского ГАУ.

433511, Ульяновская область, г. Димитровград, ул. Куйбышева, 310.

E-mail: evgenij--r@yandex.ru

**Хохлов Антон Алексеевич**, аспирант кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования», ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ.

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

E-mail: khokhlov.73@mail.ru

**Ключевые слова:** дизель, насос, пара, зазор, топливо, кольцевой, дизельное, смешевое, минеральное.

*Цель исследования – теоретически обосновать изменение кольцевого зазора плунжерных пар топливного насоса высокого давления (ТНВД) в зависимости от содержания рыжикового масла (РьжМ) в смесевом рыжико-минеральном топливе. Долговечность плунжерных пар топливного насоса высокого давления (ТНВД) зависит от интенсивности износа сопряжения плунжер-втулка. Предельный износ плунжерной пары характеризуется увеличением зазора между плунжером и втулкой до критического (максимального) кольцевого зазора, при котором плунжерная пара не может обеспечить нормативную цикловую подачу топлива вследствие превышения допустимых значений утечек топлива в кольцевой зазор между плунжером и втулкой. В первую очередь это касается режима пуска двигателя и режимов, на которых он работает на малых оборотах коленчатого вала. Получены аналитические выражения, позволяющие определить утечки топлива через кольцевой зазор между плунжером и втулкой ТНВД. Рассчитан критический кольцевой зазор между плунжером и втулкой при работе на топливах с различными физическими свойствами. Применение дизельного топлива, в состав которого входит рыжиковое масло, повышающее его вязкость и плотность, приводит к увеличению критического кольцевого зазора между плунжером и втулкой по сравнению с работой ТНВД на товарном минеральном дизельном топливе (ДТ). Установлено, что при работе ТНВД на смесевом рыжико-минеральном топливе состава 50% ДТ + 50% РьжМ критический кольцевой зазор в сопряжении плунжер-втулка составляет 19,8 мкм, а изменение критического кольцевого зазора – 15 мкм, что больше, чем при работе на товарном минеральном ДТ соответственно в 1,5 раза (12,9 мкм) и 1,8 раза (8,1 мкм). Полученные результаты показывают, что при использовании смесевом рыжико-минерального топлива возможно увеличение работоспособности плунжерных пар по сравнению с работой ТНВД на товарном минеральном ДТ.*

## **TEORETICAL EVALUATION OF ANNULAR CLEARANCE CHANGE IN PLUNGER PAIRS OF HPFP (HIGH PRESSURE FUEL PUMPS) DEPENDING ON THE AMOUNT OF CAMELINA OIL IN COMPOSITE CAMELINA-MINERAL FUEL**

**Ukhanov A. P.**, dr. of techn. sciences, prof., head of the department «Tractors, automobiles and heat and power engineering», FSBEI HE Penza SAU.

440014, Penza, Botanicheskaya st., 30.

E-mail: ukhanov.penza@mail.ru

**Rotanov E. G.**, cand. of techn. sciences, associate prof. of the department «Operation of transport and technological machines and complexes», Institute of Technology – branch of FSBEI HE Ulyanovsk SAU.

433511, Ulyanovsk Region, Dimitrovgrad, Kuibyshev st., 310.

E-mail: evgenij--r@yandex.ru

**Khokhlov A. A.**, postgraduate student of the department «Operation of transport and technological machines and complexes», FSBEI HE Ulyanovsk SAU.

432017, Ulyanivsk, Novy Venetz boulevard st., 1.

E-mail: khokhlov.73@mail.ru

**Keywords:** diesel, pump, steam, gap, fuel, ring, diesel, mixed, mineral.

The goal of the research is to give a theoretical evaluation of the annular clearance change in plunger pairs of the high pressure fuel oil pump (HPFP) depending on the amount of Camelina oil (Cam.oil) in composite Camelina-mineral fuel. The durability of plunger pairs of the fuel high-pressure pump (injection pump) depends on the intensity of wear of the pairing of plunger-sleeve. The maximum wear of the plunger pair is characterized by an increase in the gap between the plunger and the bushing to the critical (maximum) annular gap, in which the plunger pair can't provide a standard cyclic fuel supply due to exceeding the permissible values of fuel leaks in the annular gap between the plunger and the bushing. First of all, this applies to the engine start mode and the modes in which it operates at low speeds of the crankshaft. The acquired analytical formulae enable to define fuel leakage through the annular clearance between the plunger and the HPFP bush. We have calculated the critical annular clearance between the plunger and the bush within operating on fuels with different physical properties. Use of diesel fuel containing Camelina oil, which enhances its viscosity and density, results in growth of the critical annular clearance between the plunger and the bush compared with HPFP operating on market mineral diesel fuel (DF). It has been ascertained that when HPFP operates on composite Camelina-mineral fuel containing 50% DF+ 50% Camelina oil, the critical annular clearance within the plunger-bush mating makes 19.8  $\mu\text{m}$ , and annular clearance change makes 15  $\mu\text{m}$ , which is respectively 1.5 times (12.9  $\mu\text{m}$ ) and 1.8 times (8.1  $\mu\text{m}$ ) more if compared with operating on market mineral DF. The acquired results of the theoretical evaluation show that using composite Camelina-mineral fuel makes it possible to increase the working capacity of plunger pairs compared with HPFP operating on market mineral DF.

Долговечность плунжерных пар топливного насоса высокого давления (ТНВД) зависит от интенсивности износа сопряжения плунжер-втулка. Предельный износ плунжерной пары характеризуется увеличением зазора между плунжером и втулкой до критического (максимального) кольцевого зазора, при котором плунжерная пара не может выполнять свои функции, а именно не может обеспечить нормативную цикловую подачу топлива вследствие превышения допустимых значений утечек топлива в кольцевой зазор между плунжером и втулкой. В первую очередь это касается режима пуска двигателя и режимов, на которых он работает на малых оборотах коленчатого вала [1-3].

**Цель исследования** – теоретически обосновать изменение кольцевого зазора плунжерных пар топливного насоса высокого давления в зависимости от содержания рыжикового масла в смеси рыжико-минеральном топливе.

**Задачи исследования:** определить влияние смесового топлива на объем утечек через кольцевой зазор между плунжером и втулкой плунжерной пары ТНВД; рассчитать изменение критического кольцевого зазора между плунжером и втулкой в зависимости от содержания рыжикового масла в смесовом рыжико-минеральном топливе.

**Материалы и методы исследований.** Объемную цикловую подачу топлива ( $q_u$ ) можно определить по формуле:

$$q_u \cdot 10^{-9} = V_n - V_y, \text{ мм}^3/\text{цикл}, \quad (1)$$

где  $V_n$  – объем вытесняемого топлива из надплунжерного пространства насосных секций ТНВД в такте нагнетания за рабочий цикл,  $\text{м}^3/\text{цикл}$ ;  $V_y$  – объем утечек топлива через зазор плунжерной пары при нагнетании топлива за рабочий цикл,  $\text{м}^3/\text{цикл}$ .

Объем вытесняемого топлива из надплунжерного пространства насосной секции ТНВД за один цикл составляет

$$V_n = \frac{\pi \cdot d_{em}^2 \cdot h_{ак}}{4}, \text{ м}^3/\text{цикл}, \quad (2)$$

где  $d_{em}$  – диаметр втулки плунжерной пары, м;  $h_{ак}$  – активный ход плунжера, м.

Объем утечек топлива через зазор плунжер-втулка в такте нагнетания топлива за один цикл равен

$$V_y = \frac{\pi \cdot d_{em} \cdot \delta^3 \cdot (P_n - P_z)}{12 \cdot \nu \cdot \rho_m \cdot l_{em}} \cdot \tau_{ак}, \text{ м}^3/\text{цикл}, \quad (3)$$

где  $\delta$  – кольцевой зазор между плунжером и втулкой, м;  $P_n$  – давление топлива в надплунжерном пространстве, Па;  $P_z$  – давление топлива в наполнительной полости ТНВД, Па;  $\nu$  – кинематическая вязкость топлива,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $\rho_m$  – плотность топлива,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $l_{em}$  – длина зазора в направлении утечек (длина втулки плунжерной пары), м;  $\tau_{ак}$  – время активного хода плунжера, с.

Из анализа формулы (3) следует, что при неизменных геометрических размерах плунжерной пары ( $d_{em}$ ,  $l_{em}$ ) и давлениях топлива ( $P_n$ ,  $P_z$ ) основными параметрами, влияющими на объем утечек топлива, являются начальный кольцевой зазор ( $\delta$ ) и физические свойства топлива ( $\nu$ ,  $\rho_m$ ).

При одном и том же кольцевом зазоре, но при работе ТНВД на топливах с различными физическими свойствами утечки топлива через зазор сопряжения плунжер-втулка будут различными по объему. Если учесть, что объем максимально допустимых утечек ( $V_{y.кр}$ ) величина постоянная и не зависит от вида топлива, то при изменении физических свойств топлива будет изменяться величина критического кольцевого зазора ( $\delta_{кр}$ ).

Преобразовав формулу (3), можно определить критический кольцевой зазор при работе ТНВД на различных видах топлива:

$$\delta_{кр} = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot \nu \cdot \rho_m \cdot l_{em} \cdot V_{y.кр}}{\pi \cdot d_{em} \cdot (P_n - P_z) \cdot \tau_{ак}}}. \quad (4)$$

С увеличением доли рыжикового масла, добавляемого в товарное минеральное дизельное топливо, повышается вязкость и плотность смесового топлива, что ведет за собой увеличение давления в надплунжерном пространстве насосных секций ТНВД [4-6], [12].

Давление топлива в надплунжерном пространстве в такте нагнетания складывается из давлений:

$$P_n = P_\delta + P_u + P_\epsilon, \text{ Па}, \quad (5)$$

где  $P_\delta$  – потери давления топлива по длине в нагнетательном топливопроводе высокого давления, Па;  $P_u$  – давление газов в цилиндропоршневой полости дизеля, Па;  $P_\epsilon$  – давление начала впрыска топлива, Па.

При изменении содержания рыжикового масла в смесевом топливе изменяются потери давления по длине нагнетательного трубопровода:

$$P_\delta = \lambda_m \cdot \frac{8Q^2 \rho_m l_{mn}}{\pi^2 d_{mn}^5}, \text{ Па}, \quad (6)$$

где  $\lambda_m$  – коэффициент гидравлического трения;  $Q$  – расход топлива за время движения плунжера в такте нагнетания, м<sup>3</sup>/с;  $l_{mn}$  – длина нагнетательного топливопровода, м;  $d_{mn}$  – внутренний диаметр нагнетательного топливопровода, м.

Выразив расход топлива за время движения плунжера в такте нагнетания через цикловую подачу  $Q = \frac{q_u \cdot 10^{-9}}{v_{cp}}$ , и, подставив формулу (6) в (5), получим

$$P_n = \lambda_m \cdot \frac{8 \left( \frac{q_u \cdot 10^{-9}}{v_{cp}} \right)^2 \rho_m l_{mn}}{\pi^2 d_{mn}^5} + P_u + P_\epsilon, \text{ Па}, \quad (7)$$

где  $v_{cp}$  – средняя скорость движения плунжера ТНВД, м/с.

Учитывая, что характер движения жидкости в нагнетательном топливопроводе носит турбулентный характер,

$$\lambda_m = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}, \quad (8)$$

где  $Re$  – число Рейнольдса, определяемое по формуле

$$Re = \frac{v_T d_{mn}}{\nu}, \quad (9)$$

где  $v_T$  – скорость движения топлива в нагнетательном топливопроводе, м/с;  $d_{mn}$  – внутренний диаметр нагнетательного топливопровода, м.

Скорость движения топлива ( $v_T$ ) в нагнетательном топливопроводе высокого давления определим из уравнения неразрывности потока топлива

$$v_T = \frac{v_{cp} S_n}{S_m}, \quad (10)$$

где  $S_n$ ,  $S_m$  – соответственно площадь поперечного сечения втулки плунжерной пары и трубопровода высокого давления, м<sup>2</sup>.

Подставив в формулу (4) формулы (5-10), получим

$$\delta_{кр} = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot \nu \cdot \rho_m \cdot l_{см} \cdot V_{у.кр}}{\pi \cdot d_{см} \cdot \left( \frac{0,3164}{\left( \frac{v_{cp} S_n d_{mn}}{S_m \nu} \right)^{0,25}} \cdot \frac{8 \left( \frac{q_u \cdot 10^{-9}}{v_{cp}} \right)^2 \cdot \rho_m \cdot l_{mn}}{\pi^2 \cdot d_{mn}^5} + P_u + P_\epsilon - P_\epsilon \right) \cdot \tau_{ак}}}. \quad (11)$$

За нормативный срок эксплуатации дизеля диаметр втулки плунжерной пары ( $d_{см}$ ) и активный ход плунжера ( $h_{ак}$ ) изменяются незначительно, в то время как утечки топлива, связанные с увеличением кольцевого зазора ( $\delta$ ) между плунжером и втулкой на величину  $\Delta\delta_u$  вследствие износа

плунжерной пары, а также с учетом увеличения кольцевого зазора  $\Delta\delta_P$  при повышении давления топлива в надплунжерном пространстве насосных секций ТНВД, существенно увеличиваются.

При достижении критического кольцевого зазора ( $\delta_{кр}$ ), при котором утечки топлива превышают максимально допустимые объемы ( $V_{у.кр}$ ), плунжерную пару выбраковывают. При этом критический кольцевой зазор в сопряжении плунжер-втулка будет равен:

$$\delta_{кр} = \delta + \Delta\delta_u + \Delta\delta_P, \quad (12)$$

где  $\delta$  – начальный кольцевой зазор между плунжером и втулкой плунжерной пары, м.

Из формулы (12) определим максимальную величину увеличения зазора вследствие износа плунжера и втулки

$$\Delta\delta_u = \delta_{кр} - \Delta\delta_P - \delta, \text{ м.} \quad (13)$$

Изменение зазора  $\Delta\delta_P$  можно рассчитать методом расчета А. В. Гадолина

$$\Delta\delta_P = \frac{r_6}{E} \left[ P_n \left( \frac{r_n^2 + r_6^2}{r_n^2 - r_6^2} + \mu \right) - 2P_z \cdot \frac{r_n^2}{r_n^2 - r_6^2} \right], \text{ м.} \quad (14)$$

Решая совместно уравнения (14) и (7), получим следующее выражение

$$\Delta\delta_P = \frac{r_6}{E} \left[ \left( \frac{0,3164}{\left( \frac{v_{cp} S_n d_{mn}}{S_m v} \right)^{0.25}} \cdot \frac{8 \left( \frac{q_u \cdot 10^{-9}}{v_{cp}} \right)^2 \cdot \rho_m \cdot l_{mn}}{\pi^2 \cdot d_{mn}^5} + P_u + P_6 \right) \cdot \left( \frac{r_n^2 + r_6^2}{r_n^2 - r_6^2} + \mu \right) - 2P_z \cdot \frac{r_n^2}{r_n^2 - r_6^2} \right], \text{ м.} \quad (15)$$

где  $E$  – модуль упругости материала (принимаем  $E=2 \cdot 10^{11}$  Па), Па;  $r_n$  и  $r_6$  – соответственно наружный и внутренний радиусы втулки и плунжера, м;  $\mu$  – коэффициент Пуассона для материала втулки.

Анализ формул (7) и (15) показывает, что при повышении процентного содержания рыжикового масла в смесевом топливе увеличивается давление топлива в надплунжерном пространстве насосных секций ТНВД, а также кольцевой зазор в сопряжении плунжер-втулка, что ведет к увеличению размера абразивных частиц, попадающих между плунжером и втулкой, а также к увеличению силы давления топлива на частицу, зажатую между плунжером и втулкой при обратном ходе плунжера. В то же время, за счет того, что вязкость смесевого топлива выше минерального дизельного топлива, это приводит к снижению утечек топлива и количества абразивных частиц, попадающих с топливом в кольцевой зазор плунжерной пары. Кроме того, наличие в минеральном дизельном топливе рыжикового масла улучшает смазывающие свойства смесевого топлива. Следовательно, в совокупности вышеизложенные факторы будут способствовать снижению абразивного изнашивания плунжерной пары и повышению работоспособности ТНВД.

Учитывая, что плунжерная пара должна обеспечивать нормативную цикловую подачу топлива с учетом утечек через зазор плунжер-втулка, а при регулировке ТНВД на стенде возможно увеличивать объем вытесняемого топлива из надплунжерного пространства насосных секций ( $V_n$ ) до определенной величины, то для обеспечения требуемой цикловой подачи ( $q_u$ ) должно выполняться следующее условие:

$$q_u \cdot 10^{-9} \geq V_n - V_y. \quad (16)$$

При невыполнении условия (16) плунжерную пару выбраковывают.

Примем объем вытесняемого топлива из надплунжерного пространства насосных секций ( $V_n$ ) и цикловую подачу топлива ( $q_u$ ) постоянными величинами, тогда допустимый объем утечек топлива ( $V_{у.кр}$ ) составит:

$$V_{у.кр} \leq V_n - q_u \cdot 10^{-9}. \quad (17)$$

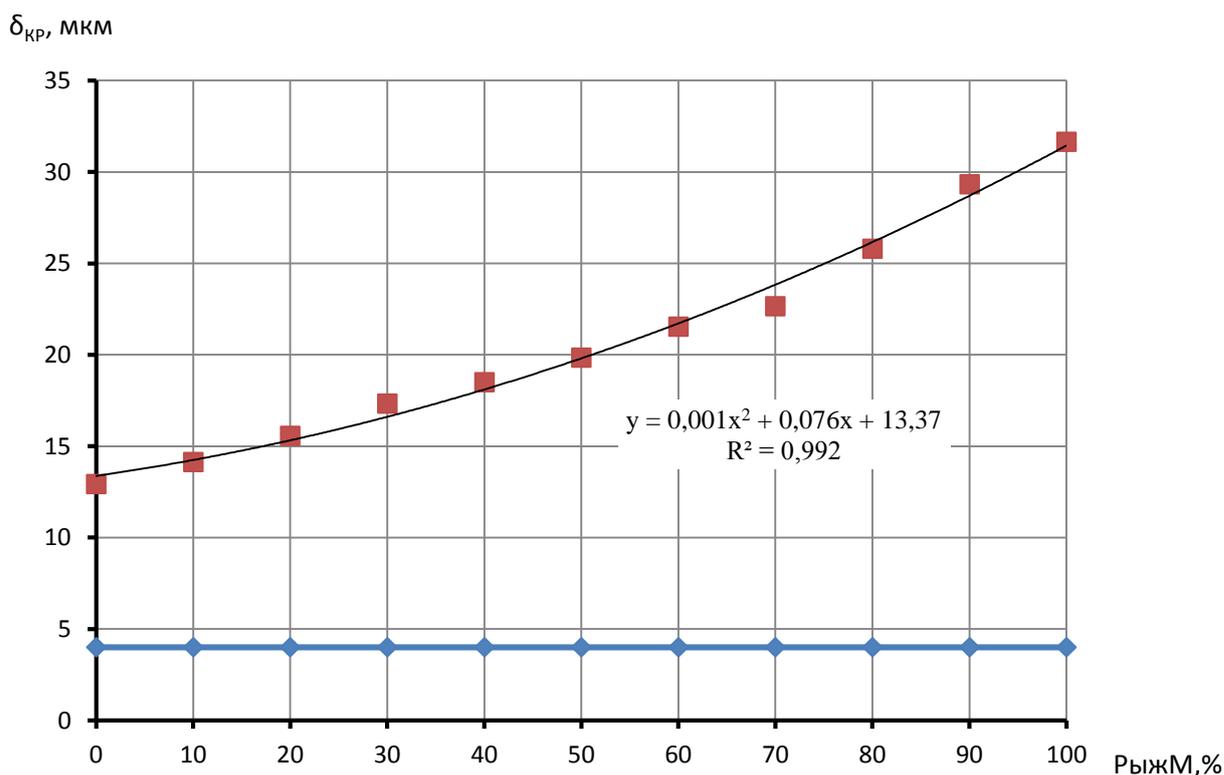
Зная скорость движения плунжера, можно определить критический расход топлива через кольцевой зазор плунжерной пары:

$$Q_{кр} = \frac{V_n - q_u \cdot 10^{-9}}{v_{cp}}, \text{ м}^3/\text{с.} \quad (18)$$

Подставив в формулу (13) формулы (11, 14 и 18), получим допустимое увеличение кольцевого зазора вследствие износа деталей плунжерной пары:

$$\Delta\delta_u = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot \nu \cdot \rho_m \cdot l_{em} \cdot V_{y.kp}}{\pi \cdot d_{em} \cdot \left[ \frac{0,3164}{\left(\frac{\nu_{cp} S_n d_{mn}}{S_m \nu}\right)^{0,25}} \cdot \frac{8 \left(\frac{q_u \cdot 10^{-9}}{\nu_{cp}}\right)^2 \cdot \rho_m \cdot l_{mn}}{\pi^2 \cdot d_{mn}^5} + P_u + P_\epsilon - P_z \right] \cdot \tau_{ak}}} - \frac{r_\epsilon}{E} \left[ \left[ \frac{0,3164}{\left(\frac{\nu_{cp} S_n d_{mn}}{S_m \nu}\right)^{0,25}} \cdot \frac{8 \left(\frac{q_u \cdot 10^{-9}}{\nu_{cp}}\right)^2 \cdot \rho_m \cdot l_{mn}}{\pi^2 \cdot d_{mn}^5} + P_u + P_\epsilon \right] \cdot \left( \frac{r_H^2 + r_\epsilon^2}{r_H^2 - r_\epsilon^2} + \mu \right) - 2P_z \cdot \frac{r_H^2}{r_H^2 - r_\epsilon^2} \right] - \delta \quad (19)$$

**Результаты исследований.** На основании расчетов по формуле (11) построили графическую зависимость критического кольцевого зазора от процентного содержания рыжикового масла в смесевом рыжико-минеральном топливе (рис. 1).



■ критический кольцевой зазор при работе на смесевом рыжико-минеральном топливе;  
 ◆ начальный кольцевой зазор.

Рис. 1. Зависимость критического кольцевого зазора в сопряжении плунжер-штука от процентного содержания рыжикового масла в смесевом рыжико-минеральном топливе

Анализируя полученную зависимость, можно сделать вывод о том, что применение дизельного топлива, в состав которого входит рыжиковое масло, повышающее его вязкость и плотность, приводит к увеличению критического кольцевого зазора между плунжером и штукой плунжерной пары ( $\delta_{кр}$ ), по сравнению с работой ТНВД на товарном минеральном дизельном топливе. Так, при

работе ТНВД на минеральном дизельном топливе критический кольцевой зазор составляет 12,9 мкм, а на рыжиковом масле – 31,7 мкм.

На основании расчетов, по формуле (19) построили графическую зависимость (рис. 2) изменения критического кольцевого зазора от процентного содержания рыжикового масла в смеси рыжико-минеральном топливе.

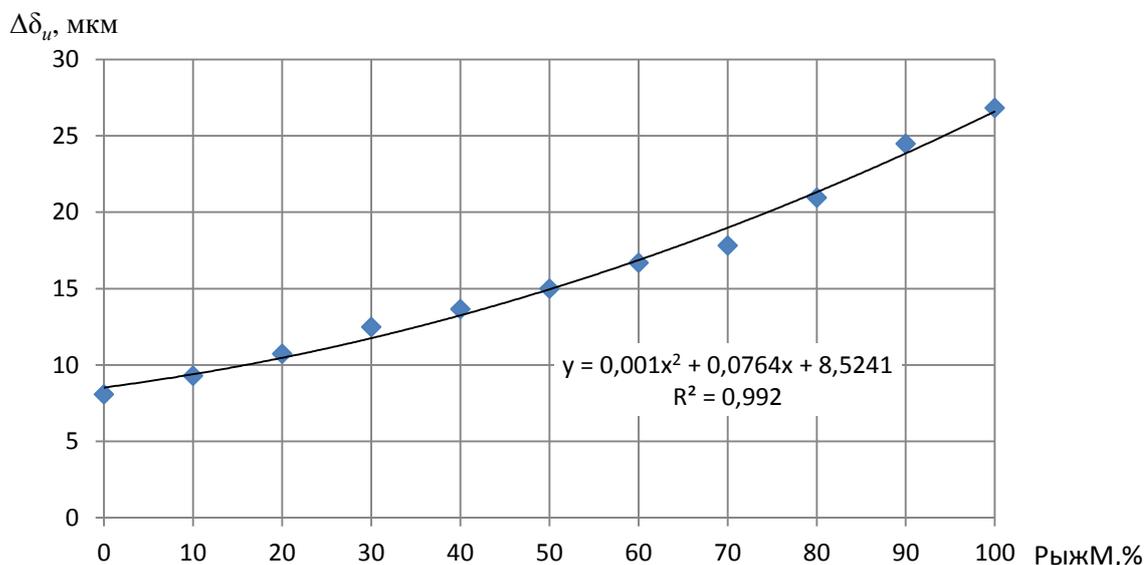


Рис. 2. Изменение критического кольцевого зазора в сопряжении плунжер-втулка от процентного содержания рыжикового масла в смеси рыжико-минеральном топливе

Из анализа рисунка 2 следует, что при работе ТНВД на товарном минеральном дизельном топливе изменение критического кольцевого зазора между плунжером и втулкой ( $\Delta\delta_k$ ) составляет 8,1 мкм, а при работе на смеси топлива 50%ДТ + 50%РыжМ – 15 мкм.

Для работы дизелей автотракторной техники на смеси топлива авторами разработаны двухтопливные системы питания и смесители минерального топлива и растительного масла [7-11].

**Заключение.** Теоретическими исследованиями установлено, что при работе ТНВД на смеси рыжико-минеральном топливе и с увеличением доли рыжикового масла в товарном минеральном дизельном топливе уменьшаются утечки смеси топлива через кольцевой зазор между плунжером и втулкой по причине повышения вязкости и плотности. При работе ТНВД на смеси топлива, например состава 50%ДТ + 50%РыжМ, критический кольцевой зазор в сопряжении плунжер-втулка составляет 19,8 мкм, а изменение критического кольцевого зазора – 15 мкм, что больше, чем при работе на товарном минеральном дизельном топливе соответственно в 1,5 раза (12,9 мкм) и в 1,8 раза (8,1 мкм). Полученные результаты теоретических расчетов показывают, что использование смеси рыжико-минерального топлива способствует повышению работоспособности плунжерных пар ТНВД по сравнению с работой на товарном минеральном дизельном топливе.

#### Библиографический список

1. Уханов, Д. А. Снижение износа плунжерных пар ТНВД применением смеси рапсово-минерального топлива : монография / Д. А. Уханов, А. П. Уханов, Е. Г. Ротанов, А. С. Аверьянов. – Пенза : РИО ПГАУ, 2017. – 185 с.
2. Влияние дизельного смеси топлива на износ плунжерных пар ТНВД / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, Е. Г. Ротанов, А. С. Аверьянов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – №3. – С. 105-108.
3. Уханов, А. П. Снижение износа плунжерных пар ТНВД в результате применения рационального состава дизельного топлива / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, Е. Г. Ротанов // Технология колесных и гусеничных машин. – 2015. – №2 (18). – С. 46-51.
4. Болдашев, Г. И. Использование альтернативных топливо-смазочных материалов в автотракторной технике : монография / Г. И. Болдашев, А. П. Быченин, О. С. Володько. – Кинель : РИО Самарской ГСХА, 2017. – 169 с.

5. Уханов, А. П. Физические свойства рыжиково-минерального топлива / А. П. Уханов, А. А. Хохлов, А. Л. Хохлов [и др.] // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2017. – № 5-3 (59). – С. 124-128.
6. Сидоров, Е. А. Оценка жирнокислотного состава растительных масел и дизельных смесевых топлив на основе рыжика, сурепицы и льна масличного / Е. А. Сидоров, А. П. Уханов, О. Н. Зеленина // *Известия Самарской ГСХА*. – 2013. – № 3. – С. 49-54.
7. Уханов, А. П. Адаптация тракторного дизеля к работе на смесевом топливе / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, Е. А. Хохлова // *Тракторы и сельхозмашины*. – 2013. – № 10. – С. 14-16.
8. Устройства для конструктивной адаптации дизелей автотракторной техники к работе на биоминеральном топливе / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, Е. А. Хохлова, А. А. Хохлов // *Известия Самарской ГСХА*. – 2016. – Вып.2. – С. 34-39.
9. Уханов, А. П. Дизельное смесевое топливо: проблемы и инновационные разработки / Д. А. Уханов, И. Ф. Адгамов // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2016. – Т. 1, № 2. – С. 46-51.
10. Пат. 2484291 Российская Федерация, МПК F 02 M 43/00. Двухтопливная система питания дизеля / Уханов А. П., Уханов Д. А., Година Е. Д., Хохлова Е. А. – № 2012117807/06 ; заявл. 27.04.2012 ; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 16.
11. Пат. 2503491 Российская Федерация, МПК В 01 F 5/06. Смеситель минерального топлива и растительного масла с активным приводом / Уханов А. П., Уханов Д. А., Сидоров Е. А., Хохлова Е. А. – № 2012128420/05 ; заявл. 05.07.2012 ; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1.
12. Markov, V. A. Optimization of diesel fuel and corn oil mixtures composition / V. A. Markov, S. S. Loboda, V. G. Kamaltdinov // *Procedia Engineering*. – Chelyabinsk : LLC Elzevir, 2016. – P. 225-234. – (Series «2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016»).

#### Bibliography

1. Ukhanov, D. A. HPFP Plunger Pairs Wear Reduction by Applying Composite Rapeseed-Mineral Fuel : monograph / D. A. Ukhanov, A. P. Ukhanov, E. G. Rotanov, A. S. Averyanov. – Penza : PC Penza SAU, 2017. – 185 p.
2. Ukhanov, A. P. Influence of Diesel Composite Fuel on HPFP Plunger Pairs Wear Reduction / A. P. Ukhanov, D. A. Ukhanov, E. G. Rotanov, A. S. Averyanov // *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. – 2011. – №3. – P. 105-108.
3. Ukhanov, A. P. Wear Reduction of HPFP Plunger Pairs as a Result of Using Rational Diesel Fuel Composition / A. P. Ukhanov, D. A. Ukhanov, E. G. Rotanov // *Technology of Wheel and Track Machines*. – 2015. – №2 (18). – P. 46-51.
4. Boldashev, G. I. Use of Alternative Fuel and Lubricating Materials in Autotractor Equipment : monograph / G. I. Boldashev, A. P. Bychenin, O. S. Volod'ko. – Kinel : PC Samara SAA, 2017. – 169 p.
5. Ukhanov, A. P. Physical Properties of Camelina-Mineral Fuel / A. P. Ukhanov, A. A. Khokhlov, A. L. Hohlov, V. A. Golubev, E. A. Hohlova // *International Research Journal*. – 2017. – № 5-3 (59). – P. 124-128.
6. Sidorov, E. A. Evaluation of Fatty-Acid Composition of Vegetable Oils and Diesel Composite Fuels Based on Camelina, Winter Cress, Seed Flax / E. A. Sidorov, A. P. Ukhanov, O. N. Zelenina // *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. – 2013. – № 3. – P. 49-54.
7. Ukhanov, A. P. Adaptation of Tractor Diesel for Operating on Composite Fuel / A. P. Ukhanov, D. A. Ukhanov, E. A. Hohlova // *Tractors and Agricultural Machines*. – 2013. – № 10. – P. 14-16.
8. Machinery for Structural Adaptation of Autotractor Equipment Diesels for Operating on Biomineral Fuel / A. P. Ukhanov, D. A. Ukhanov, E. A. Hohlova, A. A. Hohlov // *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. – 2016. – Iss. 2. – P. 34-39.
9. Ukhanov, A. P. Diesel Composite Fuel: Problems and Innovational Developments / D. A. Ukhanov, I. F. Agdamov // *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. – 2016. – Vol. 1, № 2. – P. 46-51.
10. Пат. 2484291 Russian Federation, MPK F 02 M 43/00. Double-Fuel System of Diesel Power / Ukhanov A. P., Ukhanov D. A., Godina E. D., Hohlova E. A. – № 2012117807/06 ; appl. 27.04.2012 ; issued. 10.06.2013, Bull. № 16.
11. Пат. 2503491 Russian Federation, MPK B 01 F 5/06. Mixer of Mineral Fuel and Vegetable Oil with Active Drive / Ukhanov A. P., Ukhanov D. A., Sidorov E. A., Hohlova E. A. – № 2012128420/05 ; appl. 05.07.2012 ; issued. 10.01.2014, Bull. № 1.
12. Markov, V. A. Optimization of diesel fuel and corn oil mixtures composition / V. A. Markov, S. S. Loboda, V. G. Kamaltdinov // *Procedia Engineering*. – Chelyabinsk : LLC Elzevir, 2016. – P. 225-234. – (Series «2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016»).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРУЗКИ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ С ГАЗОТУРБИННЫМ НАДДУВОМ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ И ЧАСТОТЕ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА ТУРБОКОМПРЕССОРА

**Иншаков Александр Павлович**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Мобильные энергетические средства и сельскохозяйственные машины имени профессора А. И. Лещанкина», ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва».

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

E-mail: kafedra\_mes@mail.ru

**Курбаков Иван Иванович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Мобильные энергетические средства и сельскохозяйственные машины имени профессора А. И. Лещанкина», ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва».

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

E-mail: ivankurbakov@mail.ru

**Курбакова Мария Сергеевна**, аспирант кафедры «Мобильные энергетические средства и сельскохозяйственные машины имени профессора А. И. Лещанкина», ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва».

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

E-mail: m.s.kurbakova@mail.ru

**Гаранин Сергей Анатольевич**, аспирант кафедры «Мобильные энергетические средства и сельскохозяйственные машины имени профессора А. И. Лещанкина», ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва».

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68

E-mail: garanin33@mail.ru

**Ключевые слова:** двигатель, температура, частота, стенд, турбокомпрессор, нагрузка, дизельный, испытательный.

*Цель исследований – разработка метода оценки загрузки автотракторного дизеля с газотурбинным наддувом по температуре отработавших газов и частоте вращения вала турбокомпрессора. Разнообразие машин и орудий, используемых в сельском хозяйстве, затрудняет выбор оптимального режима работы мобильных машин из-за ограниченности данных полевых испытаний, в свою очередь эффективность эксплуатации мобильной техники во многом зависит от правильного выбора режима работы её силовой установки. При усложнении техники становится труднее выбирать режим эффективной эксплуатации. В статье предлагается использовать информацию о тепловом состоянии отработавших газов совместно с частотой вращения вала турбокомпрессора. Для проведения исследования выбран двигатель Д-245 Минского моторного завода. Двигатели данной марки в составе машинно-тракторного агрегата не имеют встроенных систем контроля загрузки. Исследования проводились с использованием обкаточного тормозного стенда КИ-5543 ГОСНИТИ, позволяющего нагружать испытуемый дизель во всем диапазоне установившихся скоростных режимов, наиболее характерных для условий эксплуатации. Фиксирование данных осуществлялось с помощью аналогового-цифрового преобразователя и компьютера с установленной программой PowerGraph Professional (версия 3.3.9). Результатами исследований подтверждено, что изменение характера показателей теплового состояния и частоты вращения вала турбокомпрессора происходит в точке номинальной мощности, в условиях возникновения неисправностей мощностные параметры двигателя изменяются, смещается и точка перегиба. Информация о тепловом состоянии двигателя внутреннего сгорания и частоты вращения вала турбокомпрессора может быть использована при построении систем мониторинга показателей мощности двигателя, и в том числе для целей оценки технического состояния двигателя в процессе эксплуатации.*

# DETERMINATION OF DOWNLOADING OF AUTOTRACTOR DIESEL WITH GAS-TURBINE BACKGROUND ON THE TEMPERATURE OF WORKED GASES AND THE FREQUENCY OF ROTATION OF THE TURBOCOMPRESSOR SHAFT

**Inshakov A. P.**, dr. of techn. sciences, prof. of the department «Mobile Energy Means and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leshankin», FSBEI HE Ogarev Mordovia State University.

430005, Saransk, Bolshevistskaya st., 68.

E-mail: kafedra\_mes@mail.ru

**Kurbakov I. I.**, cand of techn. sciences, associate professor of the department «Mobile Energy Means and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leshankin», FSBEI HE Ogarev Mordovia State University.

430005, Saransk, Bolshevistskaya st., 68.

E-mail: ivankurbakov@mail.ru

**Kurbakova M. S.**, post-graduate student of the department «Mobile Energy Means and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leshankin», FSBEI HE Ogarev Mordovia State University.

430005, Saransk, Bolshevistskaya st., 68.

E-mail: m.s.kurbakov@mail.ru

**Garanin S. A.**, post-graduate student of the department «Mobile Energy Means and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leshankin», FSBEI HE Ogarev Mordovia State University.

430005, Saransk, Bolshevistskaya st., 68.

E-mail: garanin33@mail.ru

**Keywords:** engine, temperature, frequency, test bench, turbo, loaded, diesel, test.

The purpose of the research is to develop a method for assessing the loading of a motor diesel engine with gas turbine supercharging by the exhaust gas temperature and the speed of the turbocharger shaft. The variety of machines and tools used in agriculture makes it difficult to choose the optimal mode of operation of mobile machines due to the limited data of field tests, in turn, the efficiency of operation of mobile equipment depends largely on the correct choice of the mode of operation of its power plant. With the complication of technology becomes more difficult to choose the mode of effective operation. The article proposes to use information about the thermal state of exhaust gases together with the speed of the turbocharger shaft. The D-245 engine of Minsk motor plant was selected for the study. Engines of this brand as part of the machine and tractor unit do not have built-in load control systems. The studies were carried out using the KI-5543 GOSNITI brake test bench, which allows to load the tested diesel in the entire range of the established speed modes, the most typical for the operating conditions. Data recording was carried out using an analog-to-digital Converter and a computer with the installed program PowerGraph Professional (version 3.3.9). The results of the research confirmed that the change in the nature of the thermal state and speed of the turbocharger shaft occurs at the point of rated power, in the conditions of faults, the power parameters of the engine change, and the inflection point shifts. The use of information on the thermal condition of the internal combustion engine and the speed of the turbocharger shaft can be used in the construction of monitoring systems of engine power, including for the purpose of assessing the technical condition of the engine during operation.

Эффективность эксплуатации мобильной техники во многом зависит от правильного выбора режима работы её силовой установки. От режима работы двигателя зависит надежность и экономичность мобильной техники. Опытный оператор мобильной машины интуитивно может выбрать режим загрузки двигателя на уровне 90-100 процентов, добиваясь минимального удельного расхода топлива. При усложнении техники становится труднее выбирать режим эффективной эксплуатации. Часто работа мобильных машин происходит в режиме перегрузки [2, 6, 7].

**Цель исследования** – разработка метода оценки загрузки автотракторного дизеля с газотурбинным наддувом по температуре отработавших газов и частоте вращения вала турбокомпрессора.

**Задача исследования** – изучение закономерностей изменения мощностных показателей ДВС с ГТН в условиях регуляторной характеристики с перегрузочной ветвью.

**Материалы и методы исследования.** Для проведения исследования был выбран двигатель Д-245 Минского моторного завода, имеющий широко распространение. Двигатели данной марки не имеют встроенных систем контроля загрузки в составе машинно-тракторного агрегата.

Исследования проводились с использованием обкаточного тормозного стенда КИ-5543 ГОСНИТИ, позволяющего нагружать испытуемый дизель во всем диапазоне установившихся скоростных режимов, наиболее характерных для условий эксплуатации. Фиксирование данных осуществлялось с помощью аналогового-цифрового преобразователя и компьютера с установленной программой PowerGraph Professional (версия 3.3.9).

В ходе исследований фиксировалась частота вращения коленчатого вала двигателя, частота вращения вала турбокомпрессора и температура отработавших газов перед турбиной, мощностные показатели двигателя. Измерение частоты вращения коленчатого вала двигателя осуществлялось штатным датчиком. Для измерения частоты вращения вала турбокомпрессора был разработан оптический датчик частоты вращения [3]. Датчик встраивается во впускной коллектор перед компрессорным колесом турбокомпрессора. На компрессорное колесо наносится световозвращающая метка. Фотодиод датчика фиксирует отраженный оптический луч и формирует импульс. Измерение температуры отработавших газов осуществлялось хромель алюмелевой термопарой. Для её крепления был изготовлен переходник. Переходник устанавливался между турбокомпрессором и выпускным коллектором. Использование переходника позволяет измерять температуру газа внутри коллектора [5].

Сигналы с датчиков через АЦП заносятся в ПК, где в дальнейшем обрабатываются в программном комплексе PowerGraph Professional (версия 3.3.9). Использование комплекса позволяет проводить частотную модуляцию сигнала.

**Результаты исследований.** Построены зависимости частоты вращения коленчатого вала двигателя, температуры отработавших газов от мощности на коленчатом валу двигателя (рис. 1). Из рисунка видно, что на участке от 0 до 67 кВт графики имеют практически линейную зависимость и достигают значений 536°C, а обороты коленчатого вала – 2200 об/мин. На участке перегрузки графики изменяют свой характер, но при этом не изменяют своего вектора.

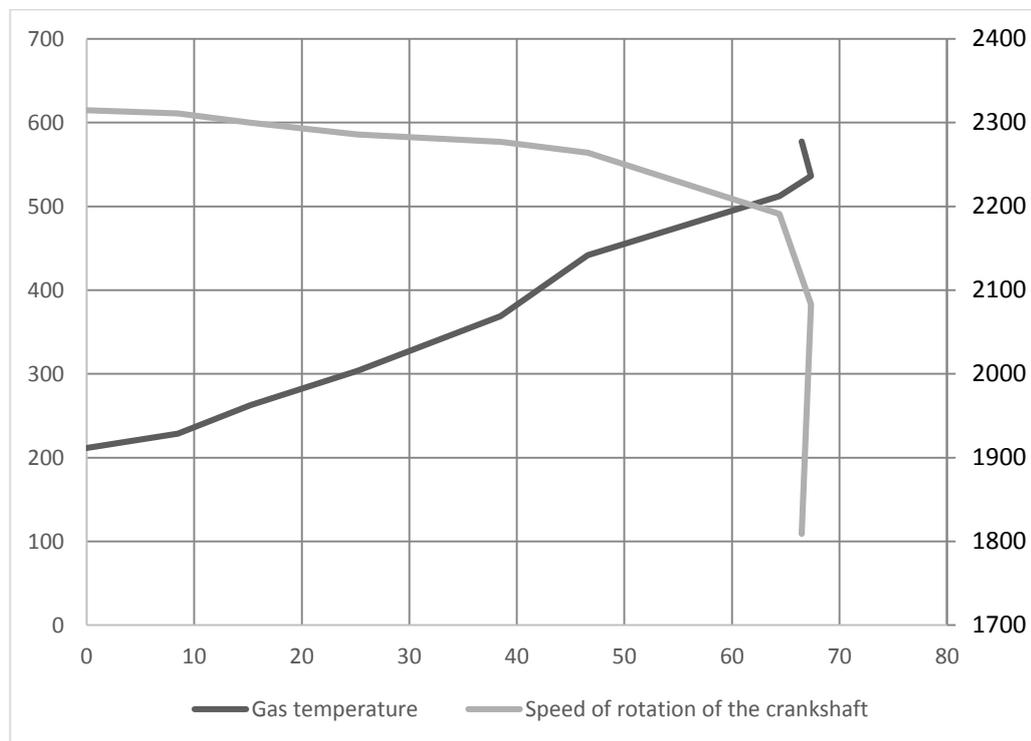


Рис. 1. Зависимость частоты вращения коленчатого вала двигателя, температуры отработавших газов от мощности двигателя ММЗ Д-245

Получены зависимости частоты вращения вала турбокомпрессора и температуры отработавших газов от мощности двигателя ММЗ Д-245 (рис. 2). Зависимости интенсивности нарастания температуры и частоты вращения вала турбокомпрессора на участке от 0 до 67 кВт практически линейные, температура достигает значений 536°C, а обороты вала турбокомпрессора –

101400 об/мин. На участке перегрузки графики изменяют свой характер, причем изменяется и вектор: для температуры он также возрастает, но с большей интенсивностью, а для частоты вращения вала турбокомпрессора – снижается. Причем для графиков при соблюдении масштабности наблюдается характерное пересечение в точке, соответствующей номинальным оборотам двигателя. В связи с этим авторы статьи предлагают использовать данную особенность в процессе эксплуатации мобильной техники для определения оптимальной загрузки двигателя, оснащенного системой наддува.

Методика получения исходных графиков может быть различной, но на взгляд авторов оптимальным будет метод получения их при пробном проезде трактора с агрегатом, осуществив получение характеристики путем изменения сопротивления рабочей машины, либо изменением скоростного режима (если возможно технологически), причем необходимость измерения тягового сопротивления отсутствует. В практике использования мобильных машин также необходимо учитывать и то, что в процессе работы параметры машины могут изменяться, в том числе и по причине возникновения неисправности [1]. В этой связи, используя данный подход, были получены аналогичные зависимости в условиях развития различных неисправностей двигателя при испытании на стенде КИ 5543 ГОСНИТИ.

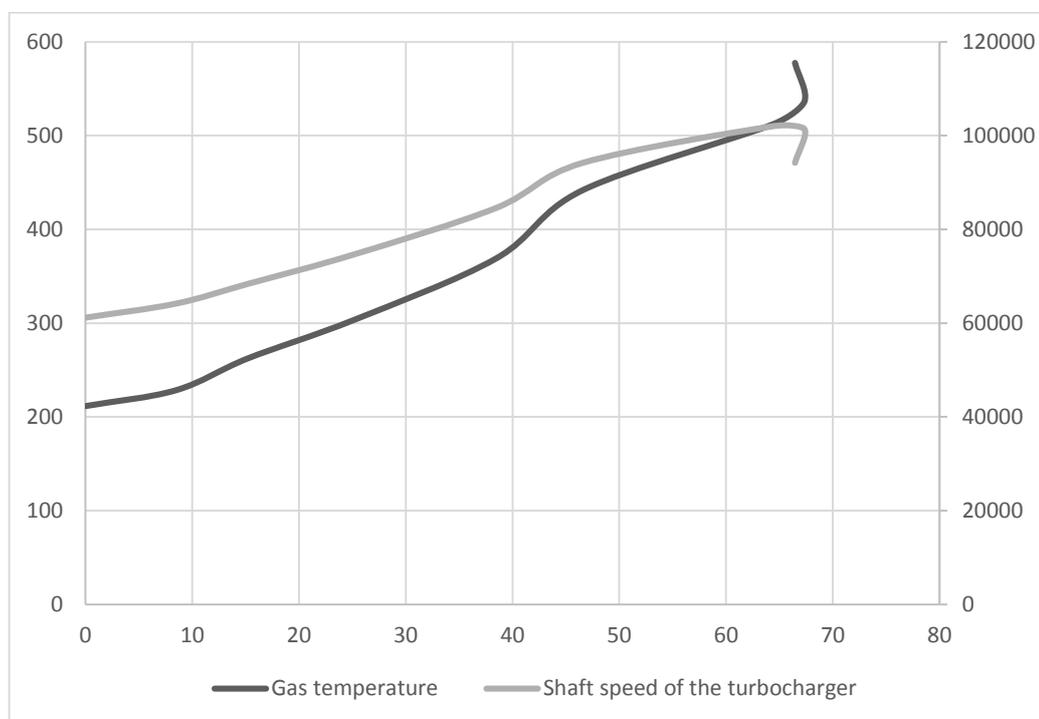


Рис. 2. Зависимость частоты вращения вала турбокомпрессора и температуры газа от мощности двигателя ММЗ Д-245

Построены графики для предельного состояния засоренности воздушного фильтра (рис. 3), полученного при помощи устройства имитации засоренности, разработанного авторами статьи, основанного на принципе дросселирования и динамического измерения разряжения на участке воздушный фильтр – турбокомпрессор. Эксперимент показал, что характер графиков совпадает с таковым для исправного состояния, но при этом точка условного пересечения графиков смещается, снижение частоты вращения вала турбокомпрессора происходит при 96600 об/мин при мощности 61 кВт.

Получены графики для случая некорректной работы байпасного клапана (рис. 4), а именно для случая раннего открытия клапана. Эксперимент показал, что характер графиков совпадает с таковым для исправного состояния, но при этом точка условного пересечения графиков смещается, изменение вектора частоты вращения вала турбокомпрессора происходит при 61600 об/мин при мощности 61,6 кВт.

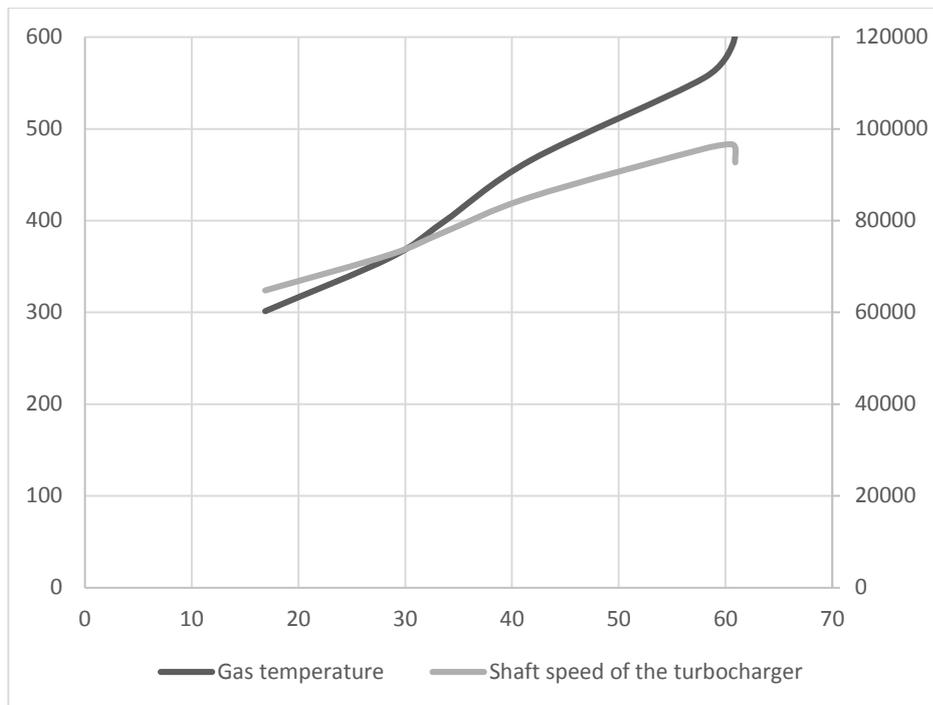


Рис. 3. Зависимость температуры выхлопных газов, скорости вращения вала турбокомпрессора от реализуемой мощности двигателя ММЗ Д-245 при засорении воздушного фильтра

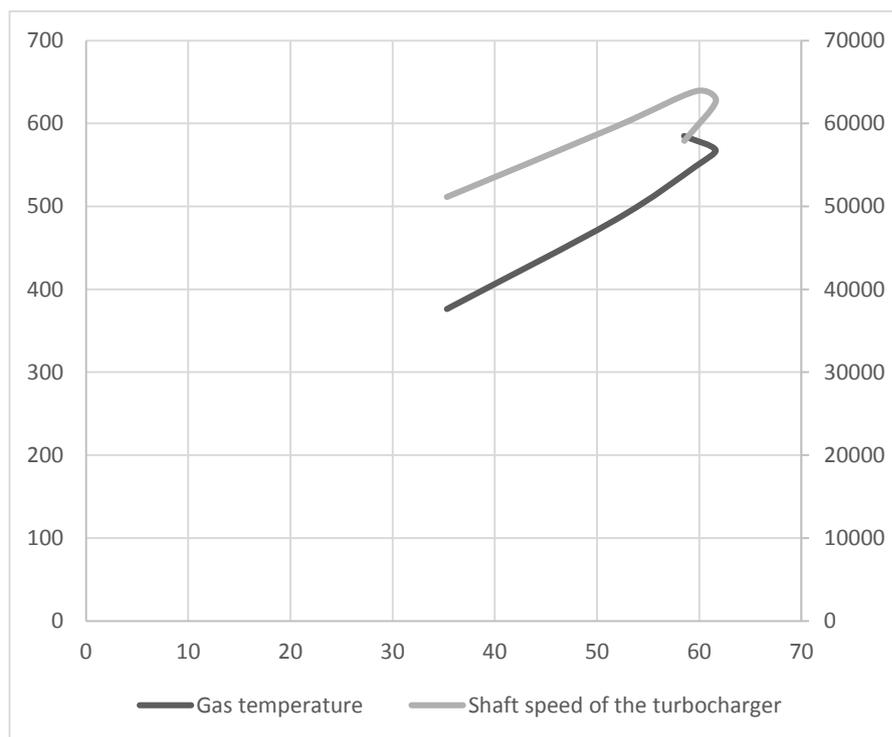


Рис. 4. Зависимость температуры выхлопных газов, скорости вращения вала турбоагнетателя от реализуемой мощности двигателя ММЗ Д-245 с байпасным входом турбины

Графики для случая повышенного противодействия на выпуске (например при засорении сажевого фильтра) представлены на рисунке 5. Имитация неисправности в процессе проведения эксперимента осуществлялась при помощи устройства имитации, основанного на принципе дросселирования и динамического измерения давления газа на участке турбина – сажевый фильтр. Эксперимент показал, что характер графиков совпадает с таковы для исправного состояния, но при этом точка условного пересечения графиков смещается, изменение вектора частоты вращения вала турбокомпрессора происходит при 61600 об/мин при мощности 61,6 кВт.

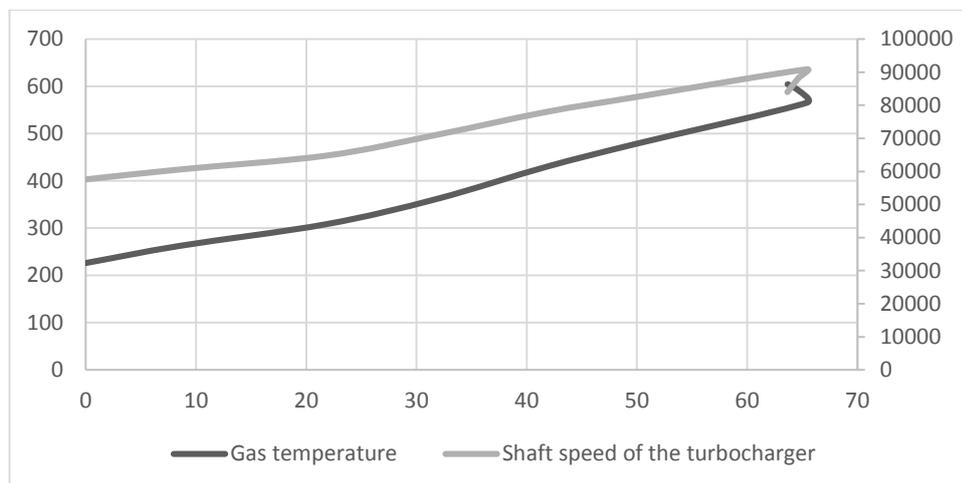


Рис. 5. Зависимость температуры выхлопных газов и скорости вращения вала турбокомпрессора от реализуемой мощности двигателя ММЗ Д-245 при противодавлении в выхлопной системе

Были также проведены эксперименты при наличии утечек газа после компрессора (рис. 6) в результате нарушения герметичности впускного тракта. Данная неисправность была проимитирована путем открытия перепускного клапана, ранее вмонтированного на впуске после компрессора. Эксперимент показал, что характер графиков совпадает с таковы для исправного состояния, но при этом точка условного пересечения графиков смещается, изменение вектора частоты вращения вала турбокомпрессора происходит при 82800 об/мин при мощности 59,1 кВт.

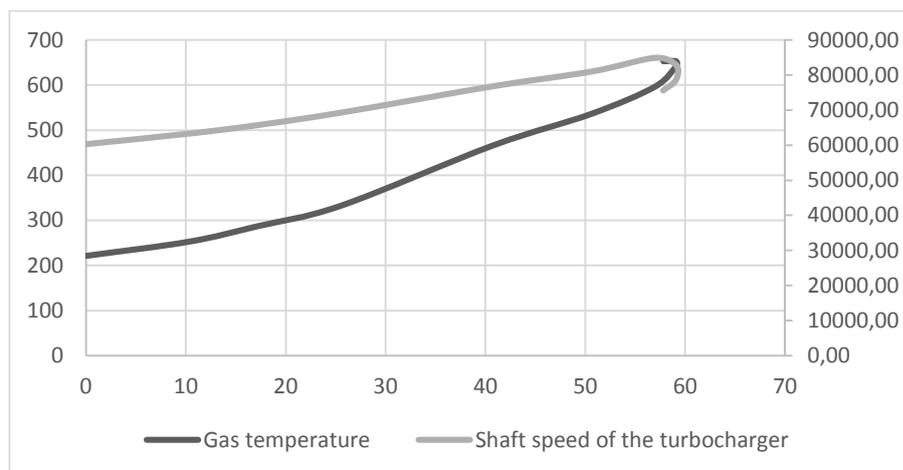


Рис. 6. Зависимость температуры выхлопных газов, скорости вращения вала турбокомпрессора от реализуемой мощности двигателя ММЗ Д-245 при наличии утечек газа после компрессора

**Заключение.** Использование информации о температуре отработавших газов и частоте вращения вала турбокомпрессора может быть принято в качестве варианта при построении систем мониторинга показателей мощности двигателя, и в том числе для целей оценки технического состояния двигателя в процессе эксплуатации.

#### Библиографический список

1. Иншаков, А. П. Определение неисправностей газотурбинного наддува двигателя / А. П. Иншаков, А. Н. Кувшинов, И. И. Курбаков [и др.] // Сельский механизатор. – 2018. – № 1. – С. 34-35.
2. Иншаков, А. П. Информационные средства для повышения надежности использования мобильной техники / А. П. Иншаков, С. С. Капитонов, В. А. Филин [и др.] // Сельский механизатор. – 2018. – № 1. – С. 41-43.
3. Иншаков, А. П. Использование динамических характеристик двигателя и турбокомпрессора для диагностирования систем газотурбинного наддува / А. П. Иншаков, И. И. Курбаков, М. С. Курбакова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 3. – С. 34-39.
4. Лянденбургский, В. В. Встроенная система диагностирования турбокомпрессоров дизелей / В. В. Лянденбургский, А.П. Иншаков, И.И. Курбаков [и др.] // Интернет-журнал Науковедение. – 2015. – Т.7, № 4(29). – С. 84.

5. Иншаков, А. П. Способ диагностирования системы воздухоподачи тракторного дизеля // А. П. Иншаков, И. И. Курбаков, А. Н. Кувшинов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 3. – С. 67-71.

6. Колпаков, В. Е. Разработка методов и средств теплового контроля мощностных показателей мобильного сельскохозяйственного агрегата / В. Е. Колпаков // Нива Поволжья. – 2016. – № 4 (41). – С. 80-88.

7. Картошкин, А. П. Методологические аспекты научных исследований по созданию способа дистанционно-го теплового контроля мощностных показателей мобильного сельскохозяйственного агрегата / А. П. Картошкин, В. Е. Колпаков // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 39. – С. 309-314.

#### Bibliography

1. Inshakov, A. P. Determination of faults of a gas turbine boost engine / A. P. Inshakov, A. N. Kuvshinov, I. I. Kurbakov [et al.] // Selskiy Mechanizator. – 2018. – № 1. – P. 34-35.

2. Inshakov, A. P. Information tools to improve the reliability of the use of mobile technology / A. P. Inshakov, S. S. Kapitonov, V. A. Filin [et al.] // Selskiy Mechanizator. – 2018. – № 1. – P. 41-43.

3. Inshakov, A. P. Use of the dynamic characteristics of the engine and turbocouples-Sora to diagnose supercharging system / A. P. Inshakov, I. I. Kurbakov, M. S. Kurbakova // Bulletin of the Samara state agricultural Academy. – 2017. – № 3. – P. 34-39.

4. Lyandenburskiy, V. V. The Integrated system of diagnosing turbochargers dizelei / V. V. Lyandenburskiy, A. P. Inshakov, I. I. Kurbakov [et al.] // The Internet journal Naukovedenie. – 2015. – Vol. 7, № 4 (29). – P. 84.

5. Inshakov, A. P. Method of diagnosing system of air supply tractor diesel // A. P. Inshakov, I. I. Kurbakov, A. N. Kuvshinov // Bulletin of the Samara state agricultural Academy. – 2014. – № 3. – P. 67-71.

6. Kolpakov, V. E. Development of methods and means of thermal control of power indicators of the mobile agricultural unit / V. E. Kolpakov // Niva Povolzhya. – 2016. – № 4 (41). – P. 80-88.

7. Kartoshkin A. P. Methodological aspects of research on the establishment of SPO-soba remote heat control power indicators mobile agricultural equipment / A. P. Kartoshkin, V. E. Kolpakov // Bulletin of Saint-Petersburg state agrarian University. – 2015. – №39. – P. 309-314.

DOI 10.12737/23615

УДК 62/799

## ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ПРОВЕРКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

**Иншаков Александр Павлович**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Мобильные энергетические средства и сельскохозяйственные машины имени профессора А. И. Лещанкина», ФГБОУ ВО Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва.

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

E-mail: kafedra\_mes@mail.ru

**Курбаков Иван Иванович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Мобильные энергетические средства и сельскохозяйственные машины имени профессора А. И. Лещанкина», ФГБОУ ВО Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва.

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

E-mail: ivankurbakov@mail.ru

**Курбакова Мария Сергеевна**, аспирант кафедры «Мобильные энергетические средства и сельскохозяйственные машины имени профессора А. И. Лещанкина», ФГБОУ ВО Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва.

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

E-mail: m.s.kurbakova@mail.ru

**Ладиков Сергей Александрович**, аспирант кафедры «Мобильные энергетические средства и сельскохозяйственные машины имени профессора А. И. Лещанкина», ФГБОУ ВО Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва.

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

E-mail: plum0131@rambler.ru

**Ключевые слова:** стенд, турбокомпрессор, работоспособность, двигатель, испытательный, прецессионное, автотракторный.

*Цель исследований – повышение качества технического сервиса турбокомпрессоров автотракторных двигателей. Нарушение условий смазывания вала турбокомпрессора на высоких частотах вращения приводит к интенсивному износу деталей подшипникового узла. Повышенный дисбаланс также является первопричиной ускоренного износа ТКР. Недостаточная оснащенность средствами контроля проверочных операций, либо испытаний турбокомпрессора, проводимых, как правило, без нагрузки, значительно снижают ценность получаемой информации о техническом состоянии турбокомпрессора. При испытаниях кроме контроля параметров газа на входе и выходе, дополнительно необходимо осуществлять контроль частоты вращения вала турбокомпрессора, осуществлять контроль величины расхода масла через подшипниковый узел турбокомпрессора, регистрировать случаи и величины отклонения смещения вала в радиальном и осевом направлении в подшипниковом узле вала турбокомпрессора. В статье представлена принципиальная схема стенда для испытания и контроля работоспособности турбокомпрессоров (ТКР) автотракторных двигателей с обоснованием параметров оценки работоспособности турбокомпрессоров. Разработан способ регистрации положения вала турбокомпрессора в подшипнике в процессе испытания. Предприятия, специализирующиеся на ремонте турбокомпрессоров в основном используют стенды, принцип действия которых основан на раскрутке ротора сжатым воздухом, подаваемым в турбину. При этом основной задачей испытаний является определение скоростной характеристики и производительности турбокомпрессора. По данным показателям оценивают работоспособность турбокомпрессора после ремонта, другие диагностические функции стендов крайне ограничены. В то же время исследованиями установлено, что в ТКР могут быть неисправности, заметно не снижающие производительность турбокомпрессора, но при наличии которых, эксплуатация может сопровождаться внезапными отказами. Использование разработанного технического средства для контроля работоспособности турбокомпрессора позволяет осуществлять более качественную его проверку в условиях близких к эксплуатационным, а также расширить диагностические возможности испытательных стендов при определении причин нарушения работоспособности турбокомпрессоров на стадиях их производства или ремонта.*

## **TEST BED FOR CHECKING WORK CAPACITY OF TURBOCHARGERS OF AUTOTRACTOR ENGINES**

**Inshakov A. P.**, dr. of techn. sciences, prof. of the department «Mobile Energy Means and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leschankin», FSBEI HE Ogarev Mordovia State University.  
430005, Saransk, Bolshevistskaya st., 68.

E-mail: kafedra\_mes@mail.ru

**Kurbakov I. I.**, cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Mobile Energy Means and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leschankin», FSBEI HE Ogarev Mordovia State University.  
430005, Saransk, Bolshevistskaya st., 68.

E-mail: ivankurbakov@mail.ru

**Kurbakova M. S.**, post-graduate student of the department «Mobile Energy Means and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leschankin», FSBEI HE Ogarev Mordovia State University.  
430005, Saransk, Bolshevistskaya st., 68.

E-mail: m.s.kurbakov@mail.ru

**Ladikov Sergey A.**, post-graduate student of the department «Mobile Energy Means and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leschankin», FSBEI HE Ogarev Mordovia State University.  
430005, Saransk, Bolshevistskaya st., 68.

E-mail: plum0131@rambler.ru

**Keywords:** test bed, turbocharger, work capacity, engine, test, precession, autotractor.

The aim of the research is to improve the quality of technical service of turbochargers of autotractor engines. Violation of the lubrication conditions of the turbocharger shaft at high rotation speeds leads to intensive wear of the bearing assembly parts. Increased imbalance is also the root cause of accelerated wear of turbochargers. Insufficient equipment of control means of checking operations, or turbocharger tests that are carried out, as a rule, without loading, considerably reduce value of the received information on technical condition of the turbocharger. When testing, in addition to controlling the gas parameters at the inlet and outlet, it is additionally necessary to control the speed of the turbocharger shaft, to control the oil flow through the bearing assembly of the turbocharger, to register cases and values of the shaft displacement deviation in the radial and axial direction in the bearing assembly of the turbocharger shaft. The article presents a schematic diagram of the test bed and monitoring work capacity of

turbochargers of autotractor engines with the justification of the parameters for evaluating the work capacity of turbochargers. A method for registering the position of the turbocharger shaft in the bearing during the test has been developed. Enterprises specializing in repairing turbochargers mainly use test beds, their principle of operation is based on the rotation of the rotor with compressed air supplied to the turbine. The main task of the tests is to determine the speed characteristics and turbocharger capacity. According to these indicators we evaluate turbocharger work capacity after repairing, other diagnostic functions of the test beds are extremely limited. At the same time, it is established that there may be defects in turbochargers that do not significantly reduce turbocharger work capacity, but having them operation can be accompanied by sudden failures. The use of the designed technical tool to monitor turbocharger work capacity allows to conduct a better quality testing in conditions similar to the operational ones, as well as to expand the diagnostic capabilities of the test beds in determining the causes of turbochargers violations at the stages of their production or repairing.

Одной из основных причин выхода из строя ТКР является отсутствие полноценной смазки турбокомпрессора и его разбалансировка. Нарушение условий смазывания вала турбокомпрессора на высоких частотах вращения приводит к интенсивному износу деталей подшипникового узла. Повышенный дисбаланс также является первопричиной ускоренного износа ТКР [2, 3]. Недостаточная оснащённость средствами контроля проверочных операций, либо испытаний турбокомпрессора, проводимых, как правило, без нагрузки, значительно снижают ценность получаемой информации о техническом состоянии турбокомпрессора. При испытаниях, кроме контроля параметров газа на входе и выходе, дополнительно необходимо осуществлять контроль частоты вращения вала турбокомпрессора, величины расхода масла через подшипниковый узел турбокомпрессора, регистрировать случаи и величины отклонения смещения вала в радиальном и осевом направлениях в подшипниковом узле вала турбокомпрессора. Внедрение данных технических решений позволит увеличить ресурс турбокомпрессоров и двигателя в целом [5-8]. Авторами статьи отмечается, что проверку турбокомпрессора следует проводить под нагрузкой, создаваемой компрессором ТКР и при этом осуществлять контроль частоты вращения вала турбокомпрессора, параметров газа в турбине и компрессоре модулями измерения параметров газа, параметров масла модулем измерения параметров масла с целью сравнения, а также при необходимости настройку полученных показателей для доведения их до паспортных значений.

**Цель исследования** – повышение качества технического сервиса турбокомпрессоров автотракторных двигателей.

**Задачи исследования** – разработать принципиальную схему стенда для испытания и контроля работоспособности турбокомпрессоров автотракторных двигателей с обоснованием перечня параметров для оценки работоспособности турбокомпрессоров, разработать способ регистрации положения вала турбокомпрессора в подшипнике в процессе испытания.

Решение поставленных задач позволит повысить качество проверки турбокомпрессоров, повысить информативность процесса проверки и испытания турбокомпрессоров энергетических установок при номинальной частоте вращения ротора турбокомпрессора под нагрузкой.

**Материалы и методы исследования.** Для проведения исследования был разработан усовершенствованный стенд для проверки турбокомпрессоров энергетических установок.

**Результаты исследований.** Предложена принципиальная схема стенда для проверки работоспособности турбокомпрессоров (рис. 1).

Стенд состоит из источника подачи газа 1, напорного 2 и выпускного 4 воздухопроводов, соединённых с рабочей камерой турбины турбокомпрессора 6. Управление источником подачи газа производится с помощью блока 18, первого модуля измерения параметров газа 5, второго модуля измерения параметров газа 16.

Измерение частоты вращения ротора ТКР ведётся с помощью датчика 14 и цифрового указателя оборотов 13.

Смазочная система стенда представлена модулем измерения параметров масла 12, перепускным клапаном 10, ёмкостью с нагревательным элементом для масла 7, масляным насосом 8, электроприводом масляного насоса 9, масляным фильтром 11.

Положение вала в подшипнике контролируется с помощью блока 15, блока обработки информации и управления стендом 17.

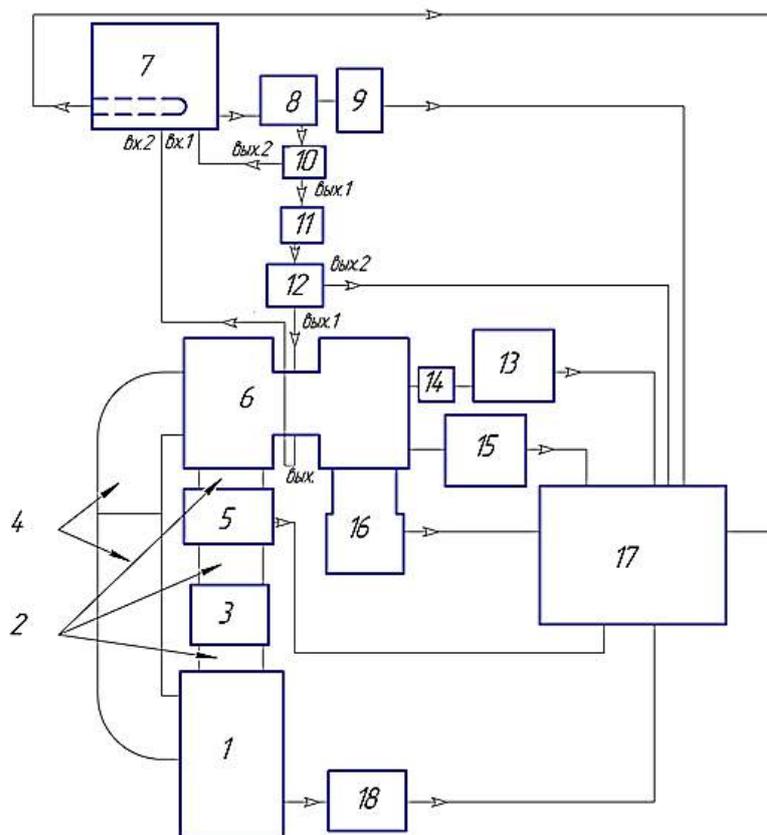


Рис.1. Принципиальная схема для проверки турбокомпрессоров

Напорный воздуховод 2 стенда разделен на три части фильтрующим элементом 3 и первым модулем измерения параметров газа 5. Первая часть напорного воздуховода соединена с источником подачи газа 1 и фильтрующим элементом 3, вторая часть напорного воздуховода соединена с фильтрующим элементом 3 и первым модулем измерения параметров газа 5, третья часть напорного воздуховода соединена с первым модулем измерения параметров газа 5 и рабочей камерой турбины турбокомпрессора 6.

Выпускной воздуховод 4 разделён на две части. Первая часть выпускного воздуховода соединена с рабочей камерой турбины турбокомпрессора 6 и второй частью выпускного воздуховода 4, вторая часть выпускного воздуховода 4 соединена с первой частью выпускного воздуховода 4 и источником подачи газа 1. Источник подачи газа 1 соединен с блоком управления источника подачи газа 18.

Выход первого модуля измерения параметров газа 5 соединен с блоком обработки информации и управления стендом 17. Второй модуль измерения параметров газа 16 соединен с выходом рабочей камеры компрессора турбокомпрессора 6, выход второго модуля измерения параметров газа 16 соединён с блоком обработки информации и управления стендом 17.

Выход электропривода масляного насоса 9 подключен к блоку обработки информации и управления стендом 17. Второй выход модуля измерения параметров масла 12 соединен с блоком обработки информации и управления стендом 17.

Выход с нагревательного элемента ёмкости для масла 7 подключён к блоку обработки информации и управления стендом 17. Масляный насос 8 соединён с электроприводом масляного насоса 9, выход ёмкости с нагревательным элементом для масла 7 подключен к входу масляного насоса 8. Выход масляного насоса 8 соединен с входом перепускного клапана 10. Первый выход перепускного клапана 10 соединен с входом масляного фильтра 11, выход масляного фильтра 11 соединен с входом модуля измерения параметров масла 12. Первый выход модуля измерения параметров масла 12 соединён с отверстием для подачи масла к подшипнику турбокомпрессора 6. Второй выход перепускного клапана 10 соединен с первым входом ёмкости с нагревательным

элементом для масла 7, сливное отверстие подшипника турбокомпрессора 6 соединено со вторым входом ёмкости с нагревательным элементом для масла.

Выход цифрового указателя оборотов 13 соединён с блоком обработки информации и управления стендом 17.

Выход блока управления источником подачи газа 18 подключён к блоку обработки информации и управления стендом 17.

Для контроля частоты вращения вала турбокомпрессора используется датчик частоты вращения 14 и цифровой указатель оборотов 13.

Для регистрации нерегламентированного расхода масла через подшипниковый узел турбокомпрессора 6, утечек масла через уплотнения турбокомпрессора 6 используется модуль измерения параметров масла 12.

В предлагаемом стенде для обеспечения необходимого температурного режима ТКР используется ёмкость для масла 7 со встроенным нагревателем, работа которого контролируется блоком обработки информации и управления стендом 17 на основе данных, полученных с модуля измерения параметров масла 12.

Для регистрации случаев и величины отклонения смещения вала в радиальном и осевом направлениях в подшипниковом узле вала турбокомпрессора установлен блок регистрации положения вала в подшипнике (рис. 2), имеющий возможность регистрировать возникновение дисбаланса вала турбокомпрессора. Выход блока регистрации положения вала в подшипнике 15 подключён к блоку обработки информации и управления стендом 17.

Принципиальная схема блока представлена на рисунке 2. Принцип действия предлагаемого устройства основывается на исследовании формы сигнала от магнитно-индукционного датчика 2, прецессионное движение вала с закрепленным на нем магнитом, выполненным в форме шайбы, будет формировать сигнал высокой амплитуды. Для визуализации и исследования формы сигнала используется аналого-цифровой преобразователь 3, персональный компьютер 4 с установленным программным обеспечением 5.

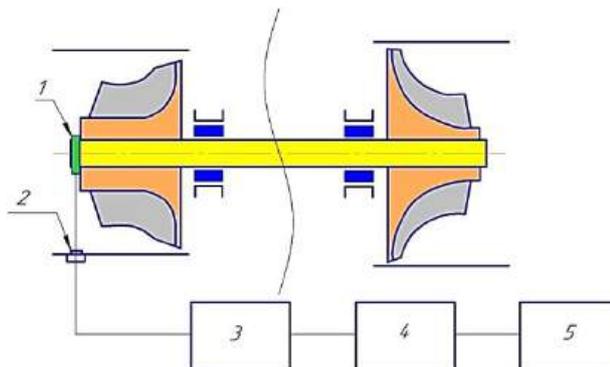


Рис. 2. Принципиальная схема устройства для определения прецессионного движения вала турбокомпрессора:

- 1 – магнит; 2 – магнитно-индукционный датчик; 3 – аналого-цифровой преобразователь;  
4 – персональный компьютер; 5 – программная среда

Принцип действия индукционного датчика 2 основан на законе электромагнитной индукции. Когда поток вектора магнитной индукции ферромагнита 1 через площадь замкнутого проводящего контура изменяется, в нем возникает ЭДС электромагнитной индукции в соответствии с законом Фа-

радея  $E = - \frac{d\Phi}{dt}$ , и течет индукционный ток в соответствии с законом Ома. Далее напряжение на выходе формирует сигнал, поступающий в аналого-цифровой преобразователь 3. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) являются устройствами, которые принимают входные аналоговые сигналы и генерируют соответствующие им цифровые сигналы, пригодные для обработки микропроцессорами и другими цифровыми устройствами. Затем с помощью аналого-цифрового преобразователя происходит преобразование частоты входного сигнала в напряжение выходного сигнала

с последующей регистрацией исходного сигнала на ПК. Последующая обработка сигнала осуществляется с помощью программных средств. Процесс проверки работоспособности турбокомпрессора на предлагаемом стенде осуществляется в следующем порядке.

После установки турбокомпрессора 6 на стенд и закрепления напорных 2 и выпускных воздухопроводов 4 подключается сливное отверстие подшипника турбокомпрессора 6 ко второму входу ёмкости с нагревательным элементом для масла 7. Далее соединяется первый выход модуля измерения параметров масла 12 с отверстием для подачи масла к подшипнику турбокомпрессора 6. Для обеспечения условий смазывания подшипникового узла турбокомпрессора 6 блок обработки информации и управления стендом включает электропривод масляного насоса 9 и нагревательный элемент ёмкости для масла 7. Масляный насос 8, соединённый с электроприводом масляного насоса 9, создаёт в масляной магистрали подачу масла, при этом регулирование давления осуществляется перепускным клапаном 10. Очистка масла осуществляется масляным фильтром 11, измерение параметров масла в масляной магистрали осуществляется модулем измерения параметров масла 12, сигналы с которого поступают на блок обработки информации и управления стендом 17.

После создания требуемых условий смазывания подшипникового узла турбокомпрессора 6, блок обработки информации и управления стендом 17 подает сигнал на блок управления источником подачи газа 18, который включает источник подачи газа 1, газ подаётся от источника подачи газа 1 и циркулирует по контуру: источник подачи газа 1 – первая часть напорного воздуховода 2 – фильтрующий элемент 3 – вторая часть напорного воздуховода 2 – первый модуль измерения параметров газа 5 – третья часть напорного воздуховода 2 – рабочая камера турбины турбокомпрессора 6 – первая часть выпускного воздуховода 4 – вторая часть выпускного воздуховода 4 – источник подачи газа 1. Путем подачи газа на сопловой аппарат турбины турбокомпрессора 6 раскручивается вал турбокомпрессора 6 с закреплёнными на нём турбинным и компрессорным колёсами. Компрессорное колесо начинает нагнетать газ, параметры которого регистрирует второй модуль измерения параметров газа 16, информация с которого передаётся на блок обработки информации и управления стендом 17, при этом контролируется частота вращения вала турбокомпрессора 6 на основе сигнала с датчика частоты вращения 14, подключённого к компрессорной части турбокомпрессора 6 и цифрового указателя оборотов 13, соединённого с блоком обработки информации и управления стендом 17. В случае отклонения и смещения вала в радиальном и осевом направлениях в подшипниковом узле вала турбокомпрессора 6 блок регистрации положения вала в подшипнике 15, подключенный к компрессору турбокомпрессора 6, подает сигнал возникновения дисбаланса вала турбокомпрессора 6 на блок обработки информации и управления стендом 17.

Схема развития дисбаланса ротора ТКР от его исправного состояния к не исправному представлена на рисунке 3. Как видно из рисунка, обозначенная неисправность обусловлена смещением оси вращающейся массы на величину радиуса прецессии. Прецессионное движение представляет как движения обкатывания вращающегося ротора относительно поверхности опор подшипников.

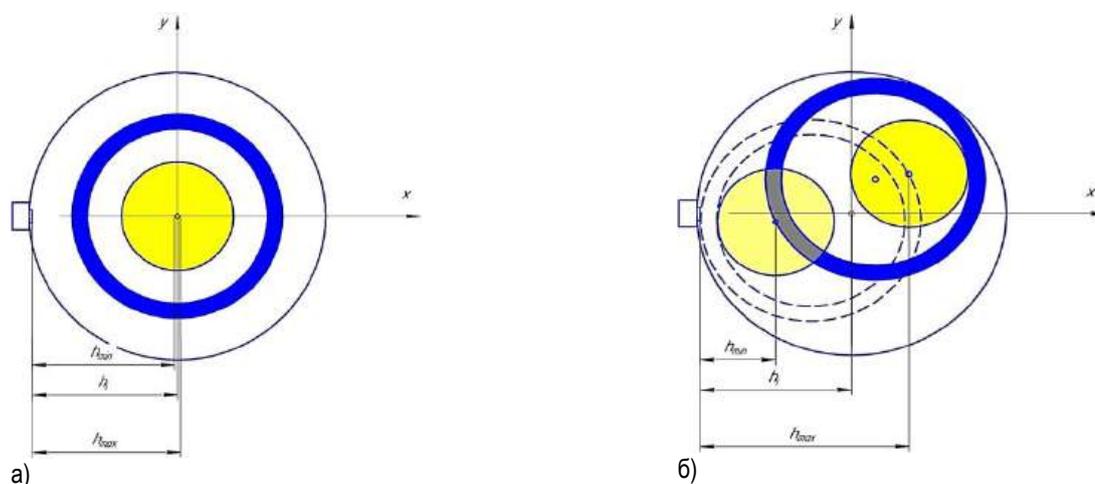


Рис. 3. Расположение моноштулки и ротора в корпусе турбокомпрессора:  
а) исправное состояние; б) неисправное состояние

Как видно из рисунка, обозначенная неисправность обусловлена смещением оси вращающейся массы на величину радиуса прецессии. Прецессионное движение представляется как движение обкатывания вращающегося ротора относительно поверхности опор подшипников.

В исправном состоянии ротор турбокомпрессора будет описывать траекторию в виде окружности (рис. 3, а), формируемый сигнал, полученный от магнитно-индукционного датчика, не изменится, то есть  $U(t) = const$ . При этом расстояние от центра вала до магнитно-индукционного датчика будет постоянным  $h_i = const$ .

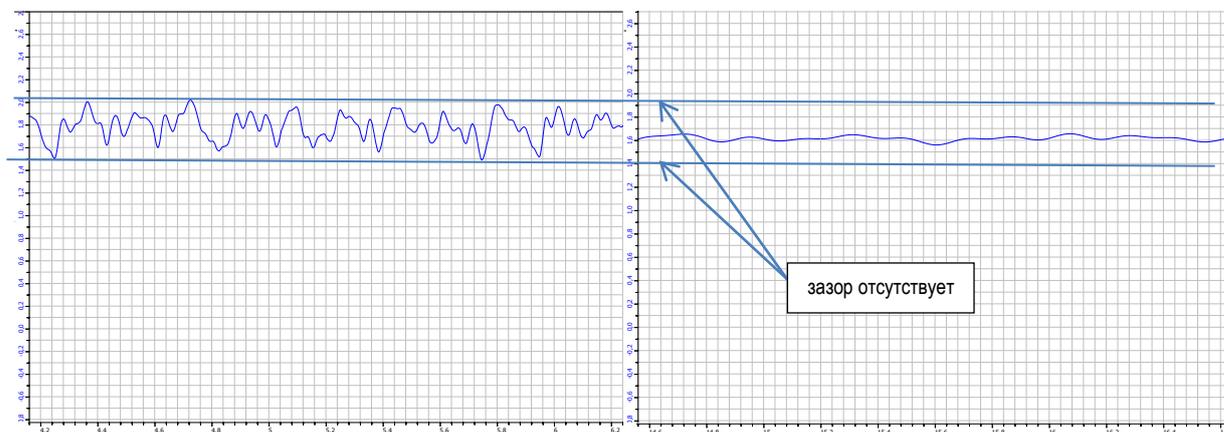


Рис. 4. Зарегистрированное прецессионное движение вала турбокомпрессора и форма его сигнала (слева), исправное состояние (справа)

При возникновении неисправности (рис. 3, б), когда поток вектора магнитной индукции магнита через площадь замкнутого проводящего контура изменится, возникнет ЭДС. Сигнал, поступающий от датчика, поменяется, то есть напряжение  $U(t)$  изменит свое значение. При этом расстояние между магнитно-индукционным датчиком и магнитом  $h_i$  будет находится в пределах:  $h_{\min} \leq h_i \leq h_{\max}$ . Форма исследуемого сигнала представлена на рисунке 4.

**Заключение.** Использование разработанного технического средства контроля работоспособности турбокомпрессора позволяет осуществлять качественную проверку в условиях, близких к эксплуатационным, а также расширить диагностические возможности испытательных стендов при определении причин нарушения работоспособности турбокомпрессоров на стадиях их производства или ремонта.

#### Библиографический список

1. Пат. 2640460 Российская Федерация, МПК G01M 15/14 (2006.01), G01M 15/02 (2006.01). Стенд для «холодной» обкатки турбокомпрессоров энергетических установок / Курбаков И. И., Иншаков А. П., Карпов В. Н. [и др.] ; патентообладатель Курбаков И. И. – № 20171100435 ; заявл. 09.01.2017 ; опубл. 09.01.2018, Бюл. № 1. – 2 с.
2. Иншаков, А. П. Диагностика турбокомпрессоров с помощью информационно-измерительного комплекса / А. П. Иншаков, И. И. Курбаков, А. Н. Кувшинов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : межвуз. сб. науч. тр. – Саранск : Изд-во Мордовского университета, 2013. – С. 142-143.
3. Иншаков, А. П. Использование динамических характеристик двигателя и турбокомпрессора для диагностирования систем газотурбинного наддува / А. П. Иншаков, И. И. Курбаков, М. С. Курбакова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 3. – С. 34-39.
4. Пат. 145761 Российская Федерация, МПК G01P3/00. Устройство для измерения частоты вращения вала турбокомпрессора / Иншаков А. П., Курбаков И. И., Кувшинов А. Н., Корнаухов О. Ф. ; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва». – № 2013157453 ; заявл. 24.12.2013 ; опубл. 27.09.2014, Бюл. № 27. – 2 с.

5. Иншаков, А. П. Способ диагностирования системы воздухоподачи тракторного дизеля / А. П. Иншаков, И. И. Курбаков, А. Н. Кувшинов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 3. – С. 67-71.
6. Zheng, X. Experimental investigation of surge and stall in a turbocharger centrifugal compressor with a vaned diffuser / X. Zheng, Z. Sun, T. Kawakubo, H. Tamaki // Experimental Thermal and Fluid Science. – 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2016.11.036>.
7. Pastoretal, J. V. Mechanical Systems and Signal Processing. – 2012. – №32. – P. 292-305.
8. Dyk, Š. Effect of various analytical descriptions of hydrodynamic forces on dynamics of turbochargers supported by floating ring bearings / Š. Dyk, L. Smolík, M. Hajžman // Tribology International. – 2018. – №126. – P. 65-79. DOI:10.1016/j.triboint.2018.04.033.

#### Bibliography

1. Pat. 2640460 Russian Federation, IPC G01M 15/14 (2006.01), G01M 15/02 (2006.01). Stand for «cold» running turbochargers power plants / I. I. Kurbakov, A. P. Inshakov, V. N. Karpov [et al.] ; patentee Kurbakov I. I. – №2017100435 ; appl. 09.01.2017 ; publ. 09.01.2018, Bull. №1. – 2 p.
2. Inshakov, A. P. Diagnostics of turbochargers with the help of a measuring complex / A. P. Inshakov, I. I. Kurbakov, A. N. Kuvshinov // Energy-saving technologies and systems : interuniversity collection of scientific works. – Saransk : publishing House of the University of Mordovia, 2013. – P. 142-143.
3. Inshakov, A. P. Use of the dynamic characteristics of the engine and turbocouples-Sora to diagnose supercharging system / A. P. Inshakov, I. I. Kurbakov, M. S. Kurbakova // Bulletin of the Samara state agricultural Academy. – 2017. – № 3. – P. 34-39.
4. Pat. 145761 Russian Federation, IPC G01P3 / 00. A device for measuring the speed of the shaft of the turbocharger / Inshakov A. P., Kurbakov I. I., Kuvshinov A. N., Kornauhov O. F. ; the patent holder FSBEI HVE Ogarev Mordovia State University. – № 2013157453 ; declared. 24.12.2013 ; publ. 27.09.2014, Bul. № 27. – 2 p.
5. Inshakov, A. P. Method of diagnostics of the system of the tractor diesel engine of the air-Inshakov, the method of diagnostics of the airin / A. P. Inshakov, I. I. Kurbakov, A. N. Kuvshinov // Bulletin of the Samara state agricultural Academy. – 2014. – № 3. – P. 67-71.
6. Zheng, X. Experimental investigation of surge and stall in a turbocharger centrifugal compressor with a vaned diffuser / X. Zheng, Z. Sun, T. Kawakubo, H. Tamaki // Experimental Thermal and Fluid Science. – 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2016.11.036>.
7. Pastoretal, J. V. Mechanical Systems and Signal Processing. – 2012. – №32. – P. 292-305.
8. Dyk, Š. Effect of various analytical descriptions of hydrodynamic forces on dynamics of turbo-chargers supported by floating ring bearings / Š. Dyk, L. Smolík, M. Hajžman // Tribology International. – 2018. – №126. – P. 65-79. DOI:10.1016/j.triboint.2018.04.033.

DOI 10.12737/23616

УДК 631.331

### **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СЕМЯН ПО ПРИЕМНОМУ ЛОТКУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ СЕЛЕКЦИОННОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКИ**

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

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

E-mail: [Sirkin\\_VA@mail.ru](mailto:Sirkin_VA@mail.ru)

**Сыркин Владимир Анатольевич**, старший преподаватель кафедры «Электрификация и автоматизация АПК», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

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

E-mail: [Sirkin\\_VA@mail.ru](mailto:Sirkin_VA@mail.ru)

**Ключевые слова:** семена, сеялка, лоток, аппарат, селекционная, катушечно-штифтовый, высевальной.

*Цель исследований – повышение эффективности процесса посева семян экспериментальной селекционной пневматической сеялкой с катушечно-штифтовым высевальной аппаратом. Для исследования работы экспериментального катушечного штифтового высевальной аппарата разработана экспериментальная сеялка на базе селекционной сеялки ССНП-16. Подача семян из экспериментального*

*высевающего аппарата в эжектор пневматической системы распределения семян сеялки осуществляется при помощи наклонного приемного желобка под действием собственной силы тяжести. Для обеспечения стабильной и равномерной подачи семян требуется провести теоретические исследования процесса движения семян по приемному желобку. Путь, пройденный семенами от высевающего аппарата по приемному желобку до эжектора пневмо-распределительной системы, разбивается на участки, на которых от его начала и до конца действуют одни и те же силы. Начальная скорость движения семян на выходе из высевающего аппарата принимается с учетом расчетных данных и составляет 0,07 м/с. Под действием силы тяжести семена падают с клапана высевающего аппарата по наклонной траектории на наклонную поверхность приемного желобка. Выполненный расчет определил путь, пройденный семенами при падении, время падения и скорость в точке касания семян поверхности желобка, которая составила 0,82 м/с. На следующем участке семена скатываются по наклонной поверхности желобка. На данном участке на семена действует сила тяжести, сила реакции желобка и сила трения семян о поверхность желобка. По выполненным расчетам определено время движения семян по лотку и скорость, с которой семена падают с лотка в эжектор пневмо-распределительной системы, равная 1,23 м/с. Таким образом, семена скатываются по наклонному приемному желобку с ускорением, обеспечивающим стабильное транспортирование, угол наклона лотка в 43 градуса является наиболее оптимальным.*

## **THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE SEEDS MOVEMENT ALONG THE RECEPTION TRAY OF THE EXPERIMENTAL SELECTIVE PNEUMATIC SEEDING MACHINE**

**Petrov A. M.**, cand. of techn. sciences, prof. of the department «Agricultural machines and mechanization of livestock breeding», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya st., 2.

E-mail: Sirkin\_VA@mail.ru

**Sirkin V. A.**, senior teacher of the department «Electrification and Automation of Agrarian and Industrial Complex», FSBEI HE Samara SAA.

446442 Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya st., 2.

E-mail: Sirkin\_VA@mail.ru

**Keywords:** seeds, seeding machine, tray, device, selective, coil and pin, sowing.

The purpose of the research is to increase the efficiency of the sowing process of an experimental selective pneumatic seeding machine with a coil and pin sowing device. In order to investigate the operation of the experimental coil and pin sowing device, an experimental seeding machine has been developed based on the SSNP-16 selective seeding machine. The seeds are fed from the experimental sowing device into the ejector of the pneumatic system of seed distribution of the seeding machine by means of an inclined receiving tray under the action of its own gravity. In order to ensure a stable and uniform seed supply, it is required to conduct theoretical studies of the process of seed movement along the receiving tray. The path that the seeds pass from the sowing device along the receiving tray up to the ejector of the pneumatic distribution system is divided into sections where the same forces act from the beginning to the end. The initial speed of the seeds at the exit of the sowing device is taken based on the calculated data and is 0.07 m/s. Under the action of gravity, the seeds fall from the valve of the sowing device along an inclined path onto the inclined surface of the receiving tray. The performed calculation determined the path traveled by the seeds during the fall, the time of the fall and the speed at the point of contact of the seeds with the tray; this speed was 0.82 m/s. In the next section, the seeds roll along the inclined surface of the tray. At this section, the seeds are affected by gravity, the response reaction of the tray and the force of friction of the seeds with the surface of the tray. According to the calculations, the time of movement of seeds along the tray and the speed at which the seeds fall from the tray into the ejector of the pneumatic distribution system that is equal to 1.23 m/s are determined. Thus, the seeds roll down the inclined receiving tray with acceleration that ensures stable transportation; the tray tilt angle of 43 degrees is the most optimal.

Современные тенденции развития посевной сельскохозяйственной техники и в частности селекционных сеялок направлены на повышение эффективности процесса посева сельскохозяйственных культур для получения более высоких урожаев. Одним из перспективных направлений является использование в существующих селекционных сеялках новых более эффективных высевающих аппаратов, которые способны решать задачи по снижению неустойчивости высева, повышению равномерности распределения семян в рядах и обеспечению более точной нормы высева.

Исследования, проводимые в области посевной техники, показали, что большое разнообразие семян различных сельскохозяйственных культур с их физико-механическими свойствами требуют различные пути подхода в решении задач, связанных с их дозированием и высевом. В результате возникло большое количество технических решений в совершенствовании высевальных систем и высевальных аппаратов, ставших на замену традиционных высевальных аппаратов, таких как катушечно-желобчатый высевальный аппарат [1, 6, 7].

В процессе разработки и исследования работы новых по своему техническому решению высевальных аппаратов, возникает вопрос о проведении полевых экспериментальных исследований, позволяющих определить качественные и количественные показатели процесса посева семян и работы посевного агрегата в целом. При этом часто возникает вопрос адаптации экспериментального высевального аппарата к уже существующим элементам и системам сеялок. В результате появляется задача поиска конструктивно-технологической схемы связующего звена и его теоретического обоснования [1, 6, 7].

**Цель исследований** – повышение эффективности процесса посева семян экспериментальной селекционной пневматической сеялкой с катушечно-штифтовым высевальным аппаратом.

**Задачи исследования:** разработать конструктивно-технологическую схему экспериментальной пневматической сеялки с катушечно-штифтовым высевальным аппаратом; провести теоретическое обоснование процесса движения семян от экспериментального высевального аппарата по приемному лотку в эжектор пневмо-транспортирующей системы селекционной сеялки.

**Материалы и методы исследований.** Для исследования влияния катушечно-штифтового высевального аппарата на качество посева посевного агрегата была разработана экспериментальная селекционная сеялка на базе сеялки ССНП-16. Для этого у селекционной сеялки ССНП-16 базовый катушечно-желобчатый высевальный аппарат был заменен на экспериментальный катушечно-штифтовый высевальный аппарат. При этом, учитывая отличающиеся конструктивные и режимные параметры экспериментального аппарата, была разработана схема приемного лотка, обеспечивающего подачу семян под действием собственной силы тяжести из высевального аппарата в эжектор пневмо-транспортирующей системы [2, 3, 4].

Экспериментальная селекционная пневматическая сеялка состоит из семенного бункера 1 (рис. 1), экспериментального высевального аппарата 2, опорно-приводных колес 3, привода 4, центрального воздушного патрубка 5, приемного лотка 6, эжекторного устройства 7, вентилятора 8, распределителя 9, пневмосемяпроводов 10, дисковых сошников 11, загортачей 12. Все элементы установлены на раме навесного типа [5].

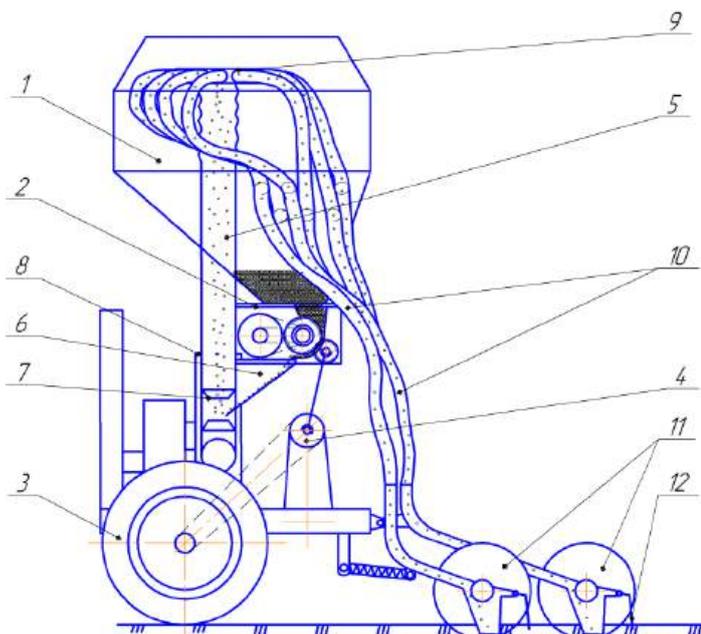


Рис. 1. Экспериментальная селекционная пневматическая сеялка

В процессе работы бункер 1 заполняют семенами, откуда они, при движении агрегата по полю, под действием силы тяжести попадают в высевашный аппарат 2. В процессе движения опорно-приводное колесо 3 посредством цепных передач и редуктора 4 приводит во вращение штифтовую катушку аппарата 2. Семена, попавшие в семенную коробку высевашного аппарата, увлекаются штифтами к краю клапана и сбрасываются в приемный лоток 6 и далее в эжекторное устройство 7. Поток воздуха, подаваемый вентилятором 8, подхватывает семена и транспортирует их к распределителю 9, где происходит их распределение по семяпроводам 10. По семяпроводам 10 семена через сошники 11 попадают на дно борозды, где засыпаются почвой загорточами 12 [5].

Так как в процессе работы семена из высевашного аппарата попадают на приемный лоток и далее по нему поступают в эжектор пневмо-транспортирующей системы, необходимо определить стабильность и равномерность их движения.

Проведем теоретические исследования процесса движения семян по приемному лотку и определим основные конструктивные и технологические параметры.

**Результаты исследований.** Рассмотрим путь, пройденный семенами из высевашного аппарата по наклонной поверхности приемного лотка до падения в эжектор пневмо-транспортирующей системы сеялки (рис. 2).

Рассмотрим движение семян на участке  $AB$  (рис. 2), когда семена транспортируются штифтами катушки по клапану высевашного аппарата. На них действуют силы тяжести  $G$ , нормальная реакция  $N$  и сила трения  $F$ . Клапан высевашного аппарата в точке  $B$  семена покидают со скоростью  $v_B = 0,07$  м/с [4-7].

Рассмотрим далее движение семян на участке  $BC$ , когда семена падают под действием силы тяжести с края клапана на наклонную поверхность приемного желобка. На них действует только сила тяжести  $G$ . Составляем дифференциальные уравнения движения в проекции на оси  $X$ ,  $Y$ :

$$m\ddot{x} = 0, \quad (1)$$

где  $m$  – масса семян, г;

$\ddot{x}$  – двойная производная перемещения семян вдоль оси  $X$ .

$$m\ddot{y} = G, \quad (2)$$

где  $\ddot{y}$  – двойная производная перемещения семян вдоль оси  $Y$ .

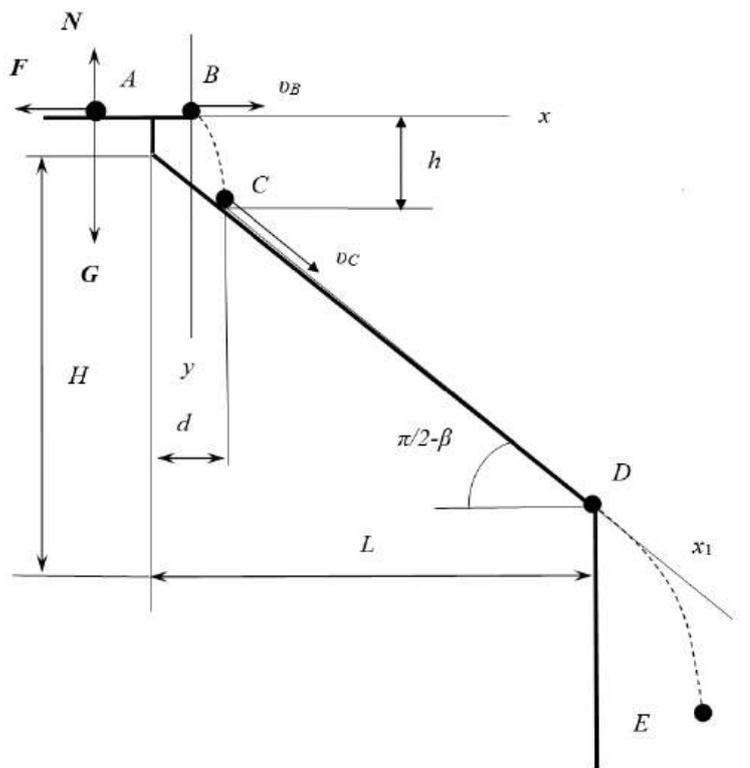


Рис. 2. Схема движения семян по приемному лотку

Дважды интегрируем уравнения:

$$\dot{x} = C_3, \quad \dot{y} = gt + C_4;$$

$$x = C_3t + C_5, \quad y = gt^2/2 + C_4t + C_6.$$

Для определения постоянных интегрирования  $C_3, C_4, C_5, C_6$  используем начальные условия (при  $t = 0$ ):  $x_0 = 0, y_0 = 0, \dot{x}_0 = v_B, \dot{y}_0 = 0$ .

$$\text{Находим: } \dot{x}_0 = C_3, \Rightarrow C_3 = v_B, \quad \dot{y}_0 = C_4, \Rightarrow C_4 = 0.$$

$$x_0 = C_5, \Rightarrow C_5 = 0, \quad y_0 = C_6, \Rightarrow C_6 = 0.$$

Получаем уравнения:  $\dot{x} = v_B, \quad \dot{y} = gt$ .

$$x = v_B t; \tag{3}$$

$$y = gt^2/2. \tag{4}$$

Исключаем из формул (3) и (4) параметр  $t$ , получаем уравнение траектории движения:

$$y = gx^2/(2v_B^2). \tag{5}$$

В точке  $C$  при  $t = T$ :  $x = d; y = h; h - 1,5 = (d + 0,015) \tan \beta$  (рис. 2) [8]. Принимая  $\beta = 43^\circ$ , получаем:

$$\begin{cases} d = v_B T \\ h = gT^2/2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} d = v_B T \\ (d + 0,015) \tan \beta + 0,015 = gT^2/2 \end{cases} \tag{6}$$

Решая систему уравнений, получаем:

$$(v_B T + 0,015) \tan \beta + 0,015 = gT^2/2;$$

$$gT^2/2 - v_B \tan \beta T - 0,015(\tan \beta + 1) = 0;$$

$$D = v_B^2 \tan^2 \beta - 0,03g(\tan \beta + 1);$$

$$T_{1,2} = \left( v_B \tan \beta \pm \sqrt{v_B^2 \tan^2 \beta + 0,03g(\tan \beta + 1)} \right) / g. \tag{7}$$

При подстановке в формулу (7) числовых значений получаем:

$$T_1 = -0,071 \text{ с}; \quad T_2 = 0,084 \text{ с}.$$

Выбираем  $T = T_2 = 0,084 \text{ с}$ , тогда

$$d = v_B T = 0,0059 \text{ м},$$

$$h = gT^2/2 = 0,0345 \text{ м}.$$

В точке  $C$  скорость  $\dot{y} = gt = 0,794 \text{ м/с}, \dot{x} = 0,07 \text{ м/с}$ .

$$v_C = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{0,07^2 + 0,82^2} = 0,825 \text{ м/с}.$$

Рассмотрим движение зерна на участке  $CD$ . На него действуют силы тяжести  $G$ , нормальная реакция  $N$  и сила трения  $F$ . Составляем дифференциальное уравнение движения в проекции на ось  $X_1$ :

$$m\ddot{x} = G \sin \beta - F_{mp}; \tag{8}$$

$$m\ddot{x} = mg \sin \beta - mgf \cos \beta;$$

$$m\ddot{x} = g(\sin \beta - f \cos \beta). \tag{9}$$

Дважды интегрируя уравнение (9), получаем:

$$\dot{x} = g(\sin \beta - f \cos \beta)t + C_7;$$

$$x = g(\sin \beta - f \cos \beta)t^2/2 + C_7t + C_8. \quad (10)$$

По начальным условиям (при  $t = 0$ ;  $x_{10} = 0$  и при неупругом ударе  $\dot{x}_{10} = v_C \sin \beta = 0,825 \cdot \sin 43^\circ = 0,825 \cdot 0,68 = 0,561$  м/с) находим  $C_7$  и  $C_8$ :  $C_7 = 56,1$ ,  $C_8 = 0$ .

Для определения  $v_B$  и  $\tau$  используем условия: в точке  $B$  (при  $t = \tau$ ),

$$x_1 = l = \sqrt{(0,15 - h + 0,015)^2 + (0,16 - d - 0,015)^2} = \sqrt{0,133^2 + 0,14^2} = 0,193 \text{ м.}$$

$$\begin{cases} \dot{x} = g(\sin \beta - f \cos \beta)t + 0,561 = v_C \\ x = g(\sin \beta - f \cos \beta)t^2/2 + 0,561t \end{cases} \quad (11)$$

Решая систему уравнений, находим:

$$g(\sin \beta - f \cos \beta)t^2/2 + v_C t - l = 0. \quad (12)$$

Решая квадратное уравнение, находим:

$$t_{1,2} = \frac{-v_C - \sqrt{v_C^2 + 2g(\sin \beta - f \cos \beta)l}}{g(\sin \beta - f \cos \beta)}. \quad (13)$$

Получаем  $\tau_1 = -0,577$  с,  $\tau_2 = 0,216$  с. Принимаем  $\tau = 0,216$  с.

$$v_D = \dot{x} = g(\sin \beta - f \cos \beta)t + v_C = 1,23 \text{ м/с.}$$

Проекция скорости движения зерна на горизонтальную и вертикальную оси в момент отрыва от наклонной плоскости равны соответственно:

$$v_{Dx} = 0,90 \text{ м/с и } v_{Dy} = 0,84 \text{ см/с.}$$

Таким образом, теоретические исследования процесса движения семян по наклонному приемному лотку, показали равноускоренное движение семян по его поверхности, расположенной под углом 43 градуса, исключая возможность остановки потока и забивания лотка. Также исключаются хаотичное и беспорядочное движение семян по поверхности лотка, что создает предпосылки для повышения равномерности посева семян экспериментальной селекционной пневматической сеялкой с катушечно-штифтовым высевальным аппаратом.

#### Библиографический список

1. Крючин, Н. П. Повышение эффективности распределительно-транспортирующих систем пневматических посевных машин : монография / Н. П. Крючин. – Самара : РИЦ СГСХА, 2008. – 176 с.
2. Пат. 2473200 Российская Федерация. Высевальный аппарат / Петров А. М., Сыркин В. А., Васильев С. А. [и др.]. – № 2011122286/13 ; заявл. 01.06.2011 ; опубл. 27.01.2013, Бюл. №3. – 7 с. : ил.
3. Сыркин, В. А. Обоснование конструктивно-технологической схемы катушечно-штифтового высевального аппарата / В. А. Сыркин, А. М. Петров, С. А. Васильев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – №3 – С. 44-46.
4. Сыркин, В. А. Разработка катушечно-штифтового высевального аппарата для селекционной сеялки ССНП-16 / А. М. Петров, В. А. Сыркин // Вклад молодых ученых в аграрную науку Самарской области : сб. науч. трудов. – Самара, 2011. – С. 105-107.
5. Исследование процесса дозирования семян селекционной сеялки с дисково-ленточным высевальным аппаратом : отчет о НИР (промежуточ.) / рук. Петров А. М. ; исполн. : Зелева Н. В., Васильев С. А., Сыркин В. А. – Кинель, 2013. – 72 с. – № ГР 01.201177655.
6. Повышение эффективности работы посевных машин и комплексов путем разработки высевального аппарата точного посева с электронным управлением : отчет о НИР (промежуточ.) / рук. Петров А. М. ; исполн. Зелева Н. В., Васильев С. А., Сыркин В. А. – Кинель, 2013. – 72 с. – № ГР 01.201177655.
7. Коновалов, В. В. Обоснование угла установки емкости и длительности перемешивания сухих смесей барабанным смесителем / В. В. Коновалов, Н. В. Димитриев, С. А. Кшникаткин, А. В. Чупшев // Нива Поволжья. – 2013. – № 1 (26). – С. 46-50.

## Bibliography

1. Kryuchin, N. P. Increase in efficiency of the distributive transporting systems of pneumatic sowing machines : monograph / N. P. Kryuchin. – Samara : PC Samara SAA, 2008. – 176 p.
2. Pat. 2473200. Russian Federation. Planting unit / Petrov A. M., Sirkin V. A., Vasilyev S. A. [et al.]. – № 2011122286/13 ; appl. 01.06.2011 ; publ. 01.27.2013, Bul. №3. – 7 p.
3. Syrkin, V. A. Justification of the constructional and technology scheme of the bobbin and bayonet sowing device / V. A. Syrkin, A. M. Petrov, S. A. Vasilyev // Bulletin of the Samara state agricultural academy. – 2011. – №3. – P. 44-46.
4. Syrkin, V. A. Development spool pin-seed sowing machine for selection SSNP-16 / A. M. Petrov, V. A. Syrkin // Contribution of young scientists in the field of agricultural science Samara : sat. scientific proceedings. – Samara, 2011. – P. 105-107.
5. A research of dispensing seeds process of a selection seeder with the disk and tape sowing device : report on research project (intermediate) / head Petrov A. M. ; perform. Zeleva N. V., Vasilyev S. A., Sirkin V. A. – Kinel, 2013. – 72 p. – №SR 01.201177655.
6. Increase in overall performance of sowing machines and complexes by development of the sowing device of exact seeding with electronic control: report report on research project (intermediate) / head Petrov A. M. ; perform. Zeleva N. V., Vasilyev S. A., Sirkin V. A. – Kinel, 2013. – 72 p. – №SR01.201177655.
7. Konovalov, V. V. Justification of an installation angle of capacity and duration of dry mixes hashing by a drum mixer / V. V. Konovalov, N. V. Dimitriyev, S. A. Kshnikatkin, A. V. Chupshev // Niva Povolzhya. – 2013. – №1 (26). – P. 46-50.

DOI 10.12737/23621

УДК 629.021

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НАГРУЗОК СИЛОВОГО ЭЛЕМЕНТА МОБИЛЬНОГО ПРИЦЕПА ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ УКЛОНЕ

**Зайцев Владимир Юрьевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440039, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

**Коновалов Владимир Викторович**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440039, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

**Петрова Светлана Станиславовна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механика и инженерная графика», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

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

E-mail: ssaariz@mail.ru

**Ключевые слова:** нагружение, рычаг, моделирование, прицеп, уклон.

*Цель исследований – повышение прочности силового элемента мобильного прицепа при поперечном уклоне. Задачи исследования – определить силовое воздействия на опорный рычаг колесного прицепа с изменяемой высотой расположения кузова при наличии бокового уклона и установить зависимости для определения действующей нагрузки на элементы опорного рычага. Для перемещения грузов используются разнообразные самоходные, навесные, полунавесные и прицепные устройства и транспортные средства. Однако, для перемещения животных, транспортировки посадочного и иного материала требуются и перспективные технические средства, способные изменять высоту расположения кузова или бункера относительно земли (клиренс): при погрузке и выгрузке – малый просвет, при транспортировке – увеличенный. Скорость подобных устройств как правило не превышает 40 км/ч. При этом параметры прицепа влияют на работу всего агрегата в составе трактора и прицепа, включая надежность, управляемость и работоспособность. В работе рассмотрены схемы статического нагружения мобильного прицепа, расположенного на поверхности, имеющей наклон к горизонту относительно оси, проходящей вдоль колесного прицепа. Установлены закономерности, описывающие внешние и внутренние нагрузки в зависимости от угла наклона опорной поверхности. Исследуются численные значения продольных и поперечных сил, возникающих в местах крепления силового элемента к внешним элементам конструкции, а так же*

*изгибающие и крутящие моменты в элементах конструкции. Полученные выражения позволяют определить для различных сечений звеньев внутренние силовые факторы (продольные и поперечные силы, изгибающие и крутящие моменты), а соответственно найти напряжения, возникающие в звеньях при боковом уклоне, что позволит оценить прочность элементов конструкции. Увеличение угла поперечного уклона существенно увеличивает действующие нагрузки в элементах конструкции опорного рычага колесного прицепа с образованием косоугольного изгиба. При наклоне прицепа от 0° до 30° нагрузка на элементы увеличивается до 1,5 раз.*

## THE CHARACTERISTICS OF THE LOAD BEARING COMPONENT MOBILE TRAILER AT CROSS SLOPE

**Zaitsev V. Yu.**, cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Engineering technology», FSBEI HE Penza State Technological University.

440039, Penza, Baydukova/Gagarina, 1A travel/11st.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

**Konovalov V. V.**, dr. of techn. sciences, prof. of the department «Engineering technology», FSBEI HE Penza State Technological University.

440039, Penza, Baydukova/Gagarina, 1A travel/11st.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

**Petrova S. S.**, cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Mechanics and engineering graphics», FSBEI HE Samara State Agricultural Academy.

446442 Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya, 2 str.

E-mail: ssaariz@mail.ru

**Keywords:** loading, lever, modeling, trailer, slope.

The purpose of research is to increase the strength of the power element of the mobile trailer with a transverse slope. The objectives of the study are to determine the force effect on the support arm of a wheeled trailer with a variable height of the body in the presence of a lateral slope and to establish a relationship to determine the actual load on the elements of the support arm. A variety of self-propelled, hinged, semi-mounted and trailed devices and vehicles are used to move goods. However, for the movement of animals, transportation of planting and other material, technical means are required and promising, capable of changing the height of the body or hopper relative to the ground (clearance): during loading and unloading – small clearance, during transportation – increased. The speed of such devices usually does not exceed 40 km/h the parameters of the trailer affect the operation of the entire unit consisting of tractor and trailer, including reliability, manageability and performance. The paper deals with the scheme of static loading of a mobile trailer located on the surface with a slope to the horizon relative to the axis running along the wheel trailer. The regularities describing the external and internal loads depending on the angle of inclination of the support surface are established. The numerical values of the longitudinal and transverse forces arising in the places of fastening of the power element to the external structural elements, as well as the bending and torques in the structural elements are investigated. The obtained expressions allow us to determine the internal force factors (longitudinal and transverse forces, bending and torsional moments) for different sections of the links, and, accordingly, to find the stresses arising in the links at the lateral slope, which will allow us to estimate the strength of the structural elements. The increase in the angle of cross-slope significantly increases the acting load in the structural elements of the support arm of the wheel trailer with the formation of an oblique bend. Tilt trailer from 0 degree to 30 degrees load on the elements is increased to 1.5 times.

Вопросами обеспечения требуемой работоспособности изделий машиностроения и приборостроения на протяжении нескольких веков занимаются российские и зарубежные ученые. В современных условиях развития техники и технологий на рынке появляются все новые технически сложные машины и механизмы, при изготовлении которых используются новые технологии и материалы, при эксплуатации которых возникают отказы, причинами которых являются поломки различных деталей и узлов. Поэтому исследования, посвященные обеспечению требуемой работоспособности изделий, являются актуальными и сегодня.

На этапах проектирования машин и механизмов работоспособное состояние обеспечивают такими критериями, как прочность, жесткость, износостойкость, теплостойкость, виброустойчивость

деталей и узлов, входящих в состав изделия при различных режимах нагружения. Наиболее простым вариантом выполнения расчетов является учет статичной нагрузки с переводом ее в кинето-статическую нагрузку за счет использования коэффициентов запаса.

Для перемещения грузов используются разнообразные самоходные, навесные, полунавесные и прицепные устройства и транспортные средства [1, 2]. Однако, для перемещения животных, транспортировки посадочного и иного материала требуются и перспективны технические средства, способные изменять высоту расположения кузова или бункера относительно земли (клиренс): при погрузке и выгрузке – малый просвет, при транспортировке – увеличенный [3]. Скорость подобных устройств как правило не превышает 40 км/ч [1, 2]. При этом параметры прицепа влияют на работу всего агрегата в составе трактора и прицепа, включая надежность, управляемость и работоспособность [4-6].

В работах [7, 8] рассматривается прочностной расчет опорного рычага колесного прицепа с возможностью изменения клиренса поворотом опорного колесного рычага гидроцилиндрами при статическом нагружении, в результате которого определены внешние и внутренние силовые факторы и эквивалентные напряжения, возникающие в рычаге. В данной работе рассматривается один из возможных вариантов нагружения рычага, когда колесный прицеп расположен на горизонтальной поверхности. При изменении положения колесного прицепа изменятся условия его нагружения и изменятся внутренние силовые факторы, возникающие в рычаге колесного прицепа.

**Цель исследований** – повышение прочности силового элемента мобильного прицепа при поперечном уклоне.

**Задачи исследования** – определить силовое воздействие на опорный рычаг колесного прицепа с изменяемой высотой расположения кузова при наличии бокового уклона и установить зависимости для определения действующей нагрузки на элементы опорного рычага.

**Материалы и методы исследований.** Для определения основных выражений, описывающих нагружение элементов опорного рычага мобильного прицепа при боковом уклоне, используем пакет прикладных программ MathCAD [9].

Рассмотрим случай, когда колесный прицеп расположен не на горизонтальной плоскости  $Ox_1z_1$  [7], а на плоскости, повернутой относительно оси  $Ox_1$  на некоторый угол  $\beta$ . Схема пространственного расположения и устройства конструкции колесного прицепа приведена на рисунке 1. Здесь буквами  $a, b, c, d, e, f, R$  обозначены линейные размеры изделия (в метрах), точка  $C$  – центр тяжести всей конструкции,  $\alpha$  – угол между опорным рычагом и жесткой рамой. Более подробно описание устройства указанного колесного прицепа приводится в работах [7, 8].

Для определения напряжений, возникающих в опорном рычаге 3 колесного прицепа, необходимо предварительно аналитически определить внешние силы и реакции связей в местах крепления рычага.

Вначале определим внешние силы, которыми нагружены опорные элементы 3 колесного прицепа. Учитывая схему расположения и устройства колесного прицепа, составим схему статического нагружения, точками  $A, B, D, E, F$  обозначим связи изделия, точками  $K, L$  – начало ответвлений участков рычага и проведем координатные оси  $Ox_1y_1z_1$  (рис. 2). Точкой  $A$  обозначим внешнюю связь прицепа с тягачом (неподвижный сферический шарнир), точкой  $B$  обозначим скользящую заделку (внутренняя связь), точками  $D, E, F$  обозначим неподвижные цилиндрические шарниры (внутренние связи).

Далее отбросим внешние связи и заменим их действие реактивными силами [5]. Неподвижную наклонную опорную поверхность заменим нормальными реакциями опор  $N_1, N_2$  и силами трения  $F_1, F_2$ , действующими на левое и правое колесо соответственно. Нормальные реакции опор  $N_1, N_2$  направлены перпендикулярно неподвижной наклонной поверхности, точками приложения реакции являются точки касания газобаллонных колес и неподвижной наклонной поверхности. Силы трения  $F_1, F_2$  приложены в тех же точках, а направлены вдоль неподвижной наклонной поверхности влево. Численно силы трения определяются по следующим выражениям

$$F_1 = \mu \cdot N_1 \text{ и } F_2 = \mu \cdot N_2,$$

где  $\mu$  – коэффициент трения между колесом и неподвижной поверхностью [4].

Реакцию неподвижного сферического шарнира изобразим проекциями на оси координат  $Ox_1y_1z_1$  в положительном направлении координатных осей  $X_A, Y_A$  и  $Z_A$ . Активная сила тяжести прицепа  $P$  приложена в центре тяжести прицепа (точка  $C$ ). Силы показаны на схеме нагружения колесного прицепа (рис. 2).

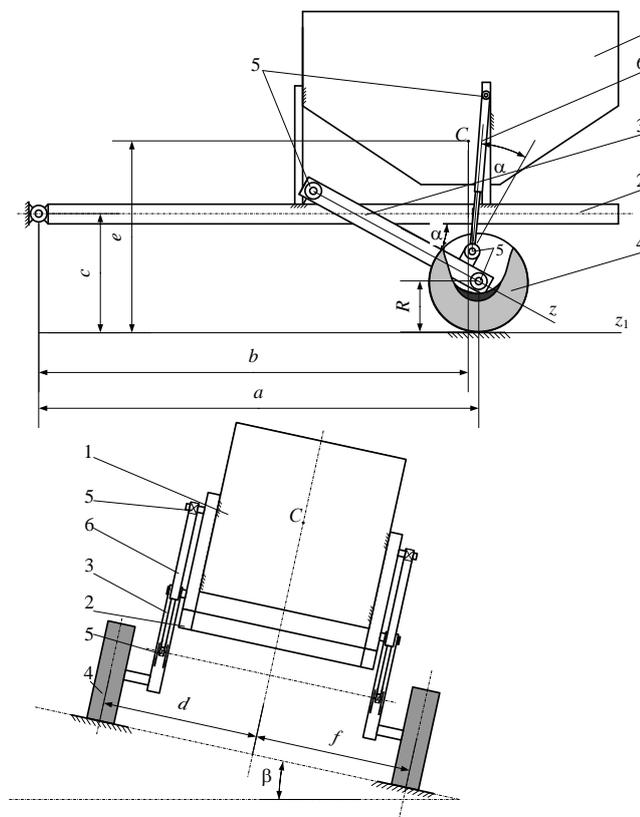


Рис. 1. Схема расположения и устройства колесного прицепа:  
1 – контейнер; 2 – жесткая рама; 3 – опорный (силовой) элемент; 4 – газобаллонное колесо; 5 – опора качения; 6 – гидроцилиндр; С – центр тяжести бункера

**Результаты исследований.** Из рисунка 2 видно, что на механизм колесного прицепа действует произвольная пространственная система сил. Колесный прицеп под действием данной системы сил находится в равновесии на наклонной поверхности. Для определения неизвестных реакций опор  $N_1, N_2$ , сил трения  $F_1, F_2$ , реакций неподвижного сферического шарнира  $X_A, Y_A$  и  $Z_A$  составим шесть уравнений равновесия механической системы, согласно которым суммы проекций всех действующих сил на оси координат  $Ox_1y_1z_1$  должны быть равны нулю и суммы моментов всех действующих сил относительно трех координатных осей  $Ox_1, Oy_1$  и  $Oz_1$  должны быть равны нулю. В результате получим

$$\sum F_{kx_1} = 0; X_A + F_1 + F_2 - P \cdot \sin(\beta) = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_{ky_1} = 0; Y_A + N_1 + N_2 - P \cdot \cos(\beta) = 0 \quad (2)$$

$$\sum F_{kz_1} = 0; Z_A = 0 \quad (3)$$

$$\sum M_{x_1}(F_k) = 0; -Z_A \cdot c - P \cdot \cos(\beta) \cdot b + N_1 \cdot a + N_2 \cdot a = 0 \quad (4)$$

$$\sum M_{y_1}(F_k) = 0; -F_1 \cdot a - F_2 \cdot a + P \cdot \sin(\beta) \cdot b = 0 \quad (5)$$

$$\sum M_{z_1}(F_k) = 0; X_A \cdot c - P \cdot \sin(\beta) \cdot e - N_1 \cdot d + N_2 \cdot f = 0 \quad (6)$$

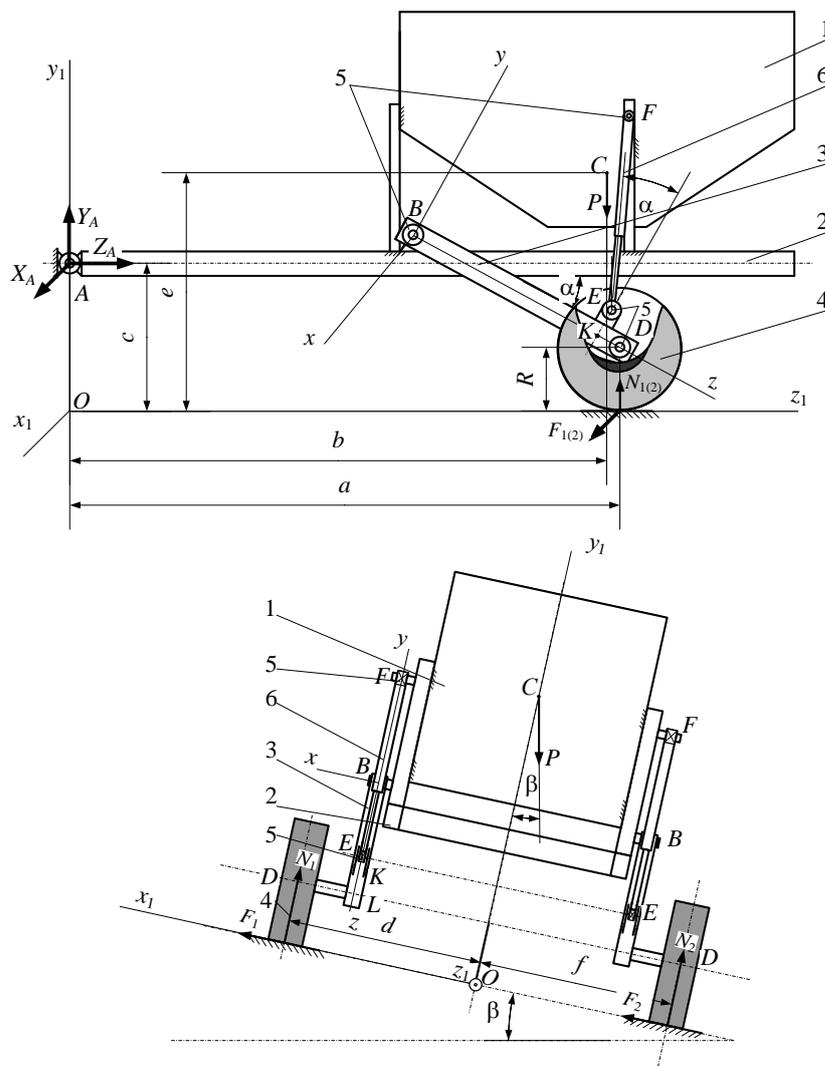


Рис. 2. Схема нагружения колесного прицепа

Уравнение (1), с учетом выражений для сил трения, можно переписать в следующем виде

$$X_A + (N_1 + N_2) \cdot \mu - P \cdot \sin(\beta) = 0. \quad (7)$$

Уравнение (5), с учетом выражений для сил трения, можно переписать в следующем виде

$$-(N_1 + N_2) \cdot a \cdot \mu + P \cdot \sin(\beta) \cdot b = 0. \quad (8)$$

Из уравнения (3) имеем

$$Z_A = 0. \quad (9)$$

Перепишем систему уравнений (1-6) с учетом уравнений (7), (8), (9). В результате чего полу-

чим

$$X_A + (N_1 + N_2) \cdot \mu - P \cdot \sin(\beta) = 0, \quad (10)$$

$$Y_A + N_1 + N_2 - P \cdot \cos(\beta) = 0, \quad (11)$$

$$-P \cdot \cos(\beta) \cdot b + N_1 \cdot a + N_2 \cdot a = 0, \quad (12)$$

$$-(N_1 + N_2) \cdot a \cdot \mu + P \cdot \sin(\beta) \cdot b = 0, \quad (13)$$

$$X_A \cdot c - P \cdot \sin(\beta) \cdot e - N_1 \cdot d + N_2 \cdot f = 0. \quad (14)$$

Для определения неизвестных сил запишем выражения, определяющие нормальные реак-

ции

$$N_1 = \frac{P \cdot f \cdot \cos(\beta) - P \cdot e \cdot \sin(\beta)}{d + f}, \quad (15)$$

$$N_2 = \frac{P \cdot d \cdot \cos(\beta) + P \cdot e \cdot \sin(\beta)}{d + f} \quad (16)$$

Далее с учетом выражений (15), (16) из системы уравнений (10-11) находим неизвестные силы

$$X_A = \frac{P \cdot \sin(\beta) \cdot e + N_1 \cdot d - N_2 \cdot f}{c} \quad (17)$$

$$Y_A = -N_1 - N_2 + P \cdot \cos(\beta), \quad (18)$$

$$F_1 = X_A - P \cdot \sin(\beta), \quad (19)$$

$$F_2 = \left( \frac{b}{a} - 1 \right) \cdot P \cdot \sin(\beta) + X_A \quad (20)$$

Уравнения (17-20) аналитически выражают нагрузки, необходимые для определения сил, действующих на опорный рычаг колесного прицепа.

Проанализируем зависимости реакций опор левого и правого колеса в зависимости от угла наклона опорной поверхности. Для чего проведем вычисления нормальных реакций опор по выражениям (15) и (16) для различных углов наклона  $\beta$  (град) опорной поверхности с помощью пакета прикладных программ MathCAD [9]. Результаты моделирования приведены на рисунке 3.

Анализ результатов моделирования (рис. 3) показывает, что изменения реакций опор левого и правого колес носит линейный характер. Реакция опоры правого колеса увеличивается по мере наклона его в сторону прицепа, а левого, соответственно, уменьшается с увеличением угла наклона опорной поверхности. В случае наклона колесного прицепа в противоположную сторону зависимости будут противоположными.

Таким образом, наиболее нагруженным будет правый рычаг колесного прицепа для схемы нагружения, показанной на рисунке 2. Поэтому далее для оценки прочности рычагов 3 рассмотрим правый рычаг, на который в качестве внешних силовых факторов действуют: нормальная реакция опоры  $N_2$  (в дальнейшем просто  $N$ ) и сила трения  $F_2 = \mu \cdot N_2$  (в дальнейшем просто  $F$ ).

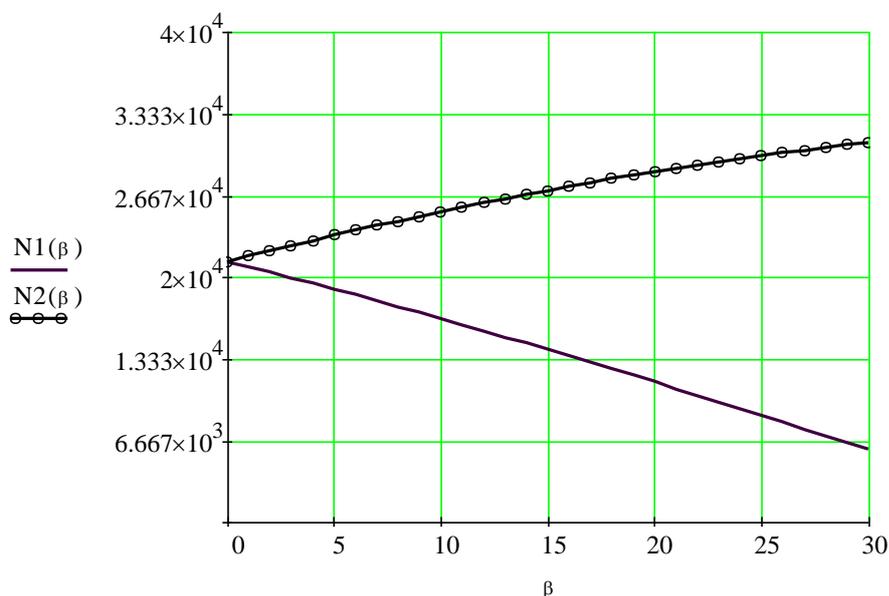


Рис. 3. Зависимости нормальных реакции колес левого ( $N_1$ , Н) и правого ( $N_2$ , Н) от угла наклона опорной поверхности  $\beta$  (град)

После определения зависимостей, которыми описываются внешние силовые факторы, воспринимаемые колесным прицепом, перейдем к определению силовых зависимостей, воспринимаемых непосредственно исследуемым опорным элементом прицепа.

Для получения необходимых зависимостей, описывающих характер реактивных сил, воспринимаемых опорным элементом в местах, связывающих его с внешними элементами механизма, рассмотрим равновесие опорного элемента отдельно от силовой установки и контейнера. Для этого

освободим опорный элемент 3 (рис. 1) от тел, препятствующих его относительным перемещениям, заменив их силами [10]. Так как весь механизм колесного прицепа находится в равновесии, то и сам силовой элемент, под действием активных и реактивных сил, будет в состоянии покоя. Проведем через точку  $B$  (рис. 2) координатные оси  $Bxyz$ , ось  $z$  совместим с осью опорного элемента, опорный элемент на схеме изобразим ломаным стержнем (рис. 3). Соединение силового элемента с жесткой рамой в точке  $B$  заменим проекциями на оси координат  $Z_B, Y_B, X_B$  и реактивными моментами относительно координатных осей  $M_{By}, M_{Bz}$ . С контейнером силовой элемент соединен посредством гидроцилиндра 6 (рис. 1, 2), прикрепленного в точках  $E$  и  $F$  шарнирными опорами. Гидроцилиндр рассматриваем как стержень, реакция которого  $N_E$  приложена в точке  $E$  и направлена к точке  $F$  [4]. Размеры длин участков рычага обозначим через  $l_{1z}, l_{2z}, l_{3y}, l_{4x}$ . Изобразим внешние силы, воспринимаемые силовым элементом. Для этого перенесем наибольшую по модулю из сил  $N_1$  или  $N_2$  вдоль линии действия в точку  $D$  и обозначим силой  $N$ , силу трения  $F_1 = \mu \cdot N_1$  или  $F_2 = \mu \cdot N_2$ , перенесем параллельно ей самой в точку  $D$ , прибавив момент переносимой силы относительно точки переноса  $M = F \cdot R$ , в результате чего получим расчетную схему нагружения, изображенную на рисунке 3.

Момент силы трения заменим проекциями момента на плоскости  $xz$  и  $xy$ , которые в свою очередь равны

$$M_{xz} = M \cdot \sin(\alpha) = F \cdot R \cdot \sin(\alpha), \quad (21)$$

$$M_{xy} = M \cdot \cos(\alpha) = F \cdot R \cdot \cos(\alpha) \quad (22)$$

Таким образом, расчетная схема нагружения силового элемента 3 (рис. 1) колесного прицепа примет вид, показанный на рисунке 4.

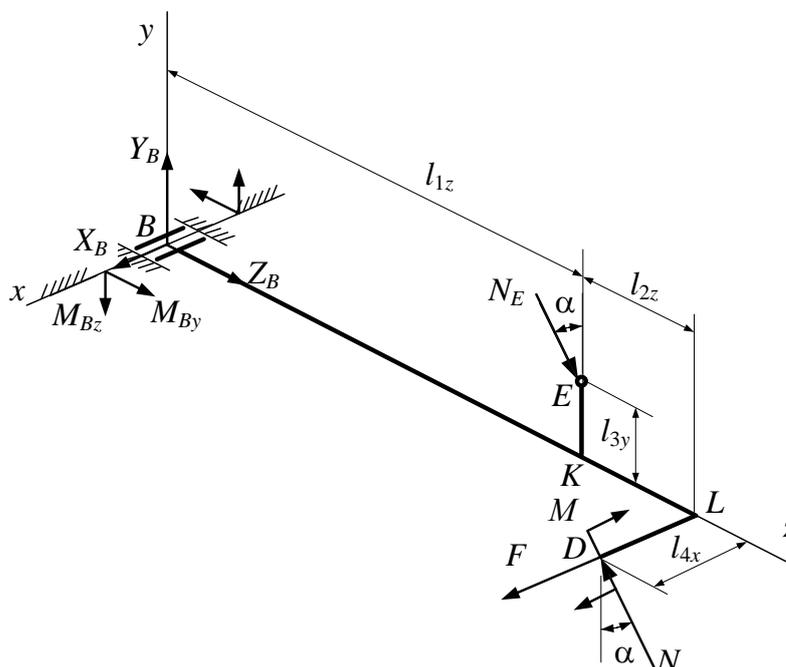


Рис. 4. Схема нагружения рычага 3 с рисунка 1

В результате имеем, что силовой элемент нагружен произвольной системой сил, которая действует как угодно в пространстве  $Bxyz$  (рис. 5), для описания равновесия силового элемента составим шесть уравнений равновесия [5], которые дадут зависимости для выражения неизвестных сил, воспринимаемых исследуемым рычагом:

$$\sum F_{kz} = 0; Z_B + N_E \sin(\alpha) - N \sin(\alpha) = 0, \quad (23)$$

$$\sum F_{ky} = 0; Y_B - N_E \cos(\alpha) + N \cos(\alpha) = 0 \quad (24)$$

$$\sum F_{kx} = 0; X_B + F = 0, \quad (25)$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = 0; M_{Bz} - N \cdot \cos(\alpha) \cdot l_{4x} - M_{xy} = 0, \quad (26)$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = 0; M_{By} - N \cdot \sin(\alpha) \cdot l_{4x} - F \cdot (l_{1z} + l_{2z}) - M_{xz} = 0, \quad (27)$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0; -N_E \cdot \cos(\alpha) \cdot l_{1z} - N_E \cdot \sin(\alpha) \cdot l_{3y} + N \cdot \cos(\alpha) \cdot (l_{1z} + l_{2z}) = 0. \quad (28)$$

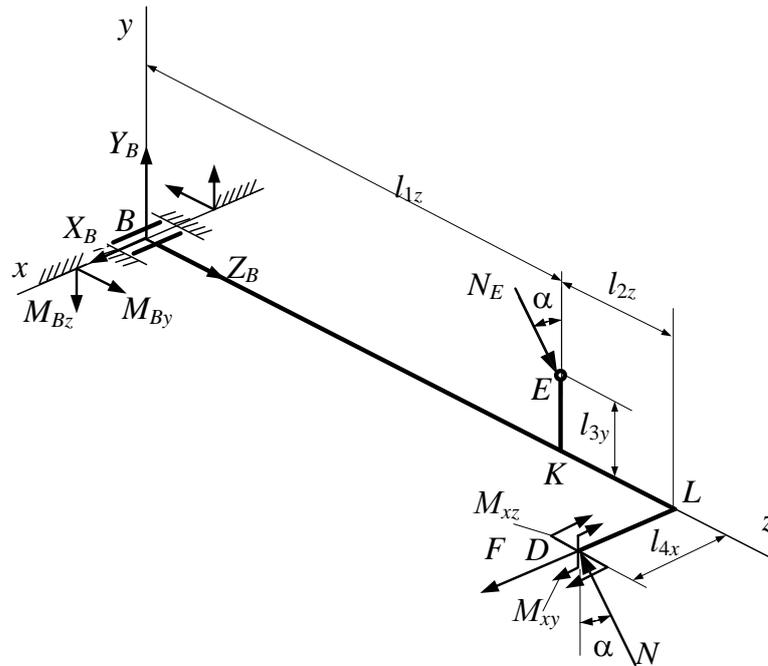


Рис. 5. Расчетная схема нагружения силового элемента 3 колесного прицепа с рисунка 1

Решая систему уравнений (21-26), определим силы, действующие на опорный рычаг 3 (рис. 1) колесного прицепа

$$N_E = \frac{N \cdot \cos(\alpha) \cdot (l_{1z} + l_{2z})}{\cos(\alpha) \cdot l_{1z} + \sin(\alpha) \cdot l_{3y}} \quad (29)$$

$$M_{Bz} = N \cdot \cos(\alpha) \cdot l_{4x} + M_{xy} \quad (30)$$

$$M_{By} = N \cdot \sin(\alpha) \cdot l_{4x} + F \cdot (l_{1z} + l_{2z}) + M_{xz} \quad (31)$$

$$X_B = -F = -\mu \cdot N \quad (32)$$

$$Y_B = N_E \cos(\alpha) - N \cos(\alpha) \quad (33)$$

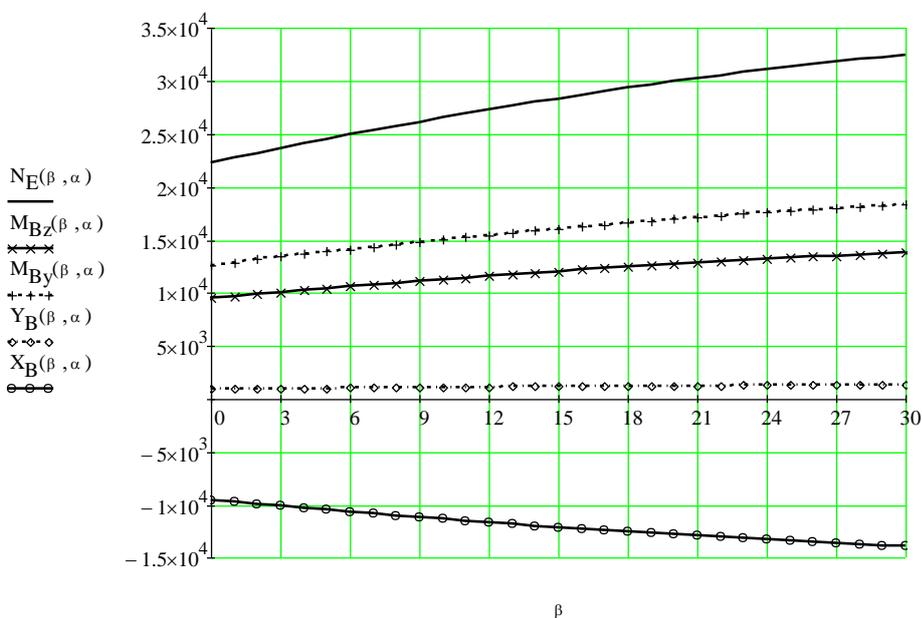
$$Z_B = -N_E \sin(\alpha) + N \sin(\alpha) \quad (34)$$

Зависимости (15-18) и (29-34) определяют численные значения внутренних сил, которые действуют всвязях опорного элемента с рамой и контейнером для различных значений угловых и линейных размеров механизма и являются исходными для определения внутренних силовых факторов, возникающих в опорном рычаге.

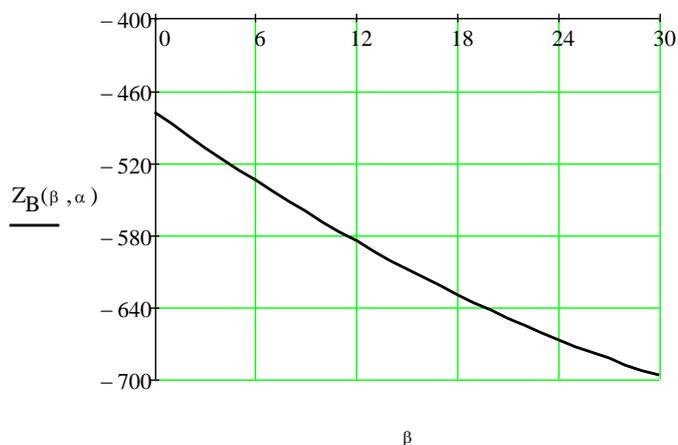
Для определения значения внутренних сил, которые действуют в местах соединения опорного элемента с рамой и контейнером, для различных значений угла наклона  $\beta$  опорной поверхности проведем численное моделирование по зависимостям (29-34) с помощью пакета прикладных программ MathCAD [9]. Результаты моделирования представлены на рисунке 6.

Моделирование внутренних сил для различных значений угла  $\alpha$  дает незначительное отклонение внутренних реакций опор от значений, представленных на рисунке 6.

Сравнение полученных результатов с результатами, полученными в работе [4], в которой рассматривается колесный прицеп, расположенный на горизонтальной поверхности, показывает, что внутренние реакции опор колесного прицепа в случае расположения на наклонной поверхности возрастают в несколько раз. В частности, реакция гидроцилиндра возрастает со значения 22,3 кН в случае угла наклона поверхности равной 0 до значения 32,4 кН при угле наклона опорной поверхности, равной 30 градусов. Причем появляются новые реакции, например, составляющая реакции в точке  $B$  вдоль оси  $x$  ( $X_B$ ).



а)



б)

Рис. 6. Результаты численного моделирования внутренних сил

Рассмотренный в данной работе вариант нагружения является более общим и описывающим состояние конструкции при хранении и транспортировании колесного прицепа. Поэтому для оценки прочности элементов конструкции необходимо оценить напряжения, возникающие при данном варианте нагружения. Однако этот вариант не является общим, для более общего описания нагружения рычага колесного прицепа необходимо к варианту, рассмотренному в данной работе, рассмотреть вариант, когда прицеп кроме того, что находится на поверхности, наклоненной относительно оси  $z$ , сама поверхность еще имеет наклон относительно оси  $x$  (рис. 2).

**Заключение.** Таким образом, полученные выражения позволяют определить для различных сечений звеньев внутренние силовые факторы (продольные и поперечные силы, изгибающие и крутящие моменты), а соответственно найти напряжения, возникающие в звеньях при боковом уклоне, что позволит оценить прочность элементов конструкции.

Увеличение угла поперечного уклона существенно увеличивает действующие нагрузки в элементах конструкции опорного рычага колесного прицепа с образованием косоугольного изгиба. При числовых значениях нагрузки при наклоне прицепа от  $0^\circ$  до  $30^\circ$  нагрузка на элементы увеличивается до 1,5 раз.

#### Библиографический список

1. Стрельцов, С. В. Сельскохозяйственные машины / С. В. Стрельцов, В. П. Зайцев, А. В. Павлушин. – Ульяновск, 2013. – 508 с.
2. Баранов, Ю. Н. Эксплуатация машинно-тракторного парка и технологического оборудования. – Воронеж : ВГАУ. – 2010. – 159 с.
3. Хазанов, Е. Е. Технология и механизация молочного животноводства / Е. Е. Хазанов, В. В. Гордеев, В. Е. Хазанов. – СПб., 2016. – 592 с.
4. Стасилевич, А. Г. Управляемость колесного трактора с навесками сельскохозяйственных машин / А. Г. Стасилевич // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2013. – № 4 (41). – С. 95-101.
5. Рехлицкий, О. В. Математическое описание механизма поворота колес самоходной сельскохозяйственной машины / О. В. Рехлицкий, Ю. В. Чупрынин, Д. В. Джасов // Механика машин, механизмов и материалов. – 2014. – № 2 (27). – С. 23-29.
6. Гаппоев, Т. Т. Частичное уравнивание механизмов, применяемых в транспортных и сельскохозяйственных машинах / Т. Т. Гаппоев, М. Г. Голобоков // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51, № 2. – С. 161-164.
7. Зайцев, В. Ю. Определение реакций в креплениях опорного рычага колесного прицепа / В. Ю. Зайцев, М. И. Вольников, В. В. Коновалов, А. М. Петров // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – Т. 2, Вып. 4. – С. 50-57.
8. Zaitsev, V. Mobiletrailersupportarm: modeling and analysis of breakage / V. Zaitsev, V. Konovalov, G. Gumarov, Y. Rodionov // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – №1084. – 012009.
9. Синельщиков, А. В. Компьютерные технологии в инженерных расчетах (на базе системы MATHCAD) / А. В. Синельщиков. – Астрахань : Астраханский ГТУ. – 2013. – 128 с.
10. Арсланов, И. Г. Расчеты в теоретической и прикладной механике / И. Г. Арсланов, М. Я. Хабибуллин. – Уфа : Уфимский ГНТУ, 2016. – 94 с.

#### Bibliography

1. Streltsov, S. V. Agricultural machines / S. V. Streltsov, V. P. Zaitsev, A. V. Pavlushin. – Ulyanovsk, 2013. – 508 p.
2. Baranov, Yu. N. Operation of machinery and tractor fleet and technological equipment. – Voronezh : Voronezh State Agrarian University. – 2010. – 159 p.
3. Khazanov, E. E. Technology and mechanization of dairy farming / E. E. Khazanov, V. Gordeev, V. E. Khazanov. – St. Petersburg, 2016. – 592 p.
4. Stasilevich, A. G. Controllability of a wheeled tractor with the hitch of agricultural machinery / A. G. Stasilevich // Bulletin of the Belarusian-Russian University. – 2013. – № 4 (41). – P. 95-101.
5. Rehlitskiy, O. V. Mathematical description of the mechanism of rotation of the wheels of self-propelled agricultural machines / O. V. Rehlitskiy, Yu. V. Chuprynin, D. V. Dzhasov // Mechanics of machines, mechanisms and materials. – 2014. – № 2 (27). – P. 23-29.
6. Gappoev, T. T. Partial balancing of mechanisms used in transport and agricultural machines / T. T. Gappoev, M. G. Golobokov // Proceedings of the Gorsky state agrarian University. – 2014. – Vol. 51, № 2. – P. 161-164.
7. Zaytsev, V. Yu. Determination of the supporting lever of the wheel-trailer / V. Yu. Zaytsev, V. I. Vol'nikov, V. V. Konovalov, A. M. Petrov // Bulletin of the Samara state agricultural Academy. – 2017. – Т. 2, Vol. 4. – p. 50-57.
8. Zaitsev, V. Mobile trailer support arm: modeling and analysis of breakage / V. Zaitsev, V. Konovalov, G. Gumarov, Y. Rodionov // Journal of Physics : Conference Series. – 2018. – №1084. – 012009.
9. Sinel'shchikov, A. V. Computer technologies in engineering calculations (based on the MATHCAD system) / A. V. Sinel'shchikov. – Astrakhan : Astrakhan state technical University. – 2013. – 128 p.
10. Arslanov, I. G. Calculations in theoretical and applied mechanics / I. G. Arslanov, M. J. Habibullin. – Ufa : Ufa State Technical University, 2016. – 94 p.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РОТОРА ОЧЁСЫВАЮЩЕЙ ЖАТКИ

**Федин Михаил Андреевич**, аспирант кафедры «Механизация технологических процессов в АПК», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

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

E-mail: fedinmix@mail.ru

**Кухарев Олег Николаевич**, д-р техн. наук, проф., ректор, ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

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

E-mail: penz\_gau@mail.ru

**Сёмов Иван Николаевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация технологических процессов в АПК», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

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

E-mail: semiw@mail.ru

**Ключевые слова:** жатка, ротор, гребёнка, канал, очёсывающая, тангенциальный.

*Цель исследований – повысить качество уборки зерновых уборкой очёсывающей жаткой «ОЗОН» с экспериментальным ротором. Уборка методом очёса – разновидность прямого способа уборки зерновых. Данный метод ещё не нашёл широкого применения в сельскохозяйственной практике из-за несовершенства уборочных агрегатов, которые не позволяют производить уборку без потерь. Метод основан на очёсывании колосков зерна, при этом на поле остаётся нескошенная стерня. В настоящее время на современном рынке присутствуют три основных производителя очёсывающих жаток, такие как Shelboorne Reynolds (Великобритания), ПАО «Пензмаш» (Российская Федерация) – жатки «ОЗОН» и УКР.Агро-Сервис (Украина) – жатки «Славянка». Зарубежные жатки обладают высокой ценой для отечественного сельхоз-товаропроизводителя, весьма дороги в эксплуатации и не всегда приспособлены к отечественным условиям работы. Для решения данной проблемы Пензенским государственным аграрным университетом в сотрудничестве с ПАО «Пензмаш» была разработана экспериментальная конструкция очёсывающего ротора, позволяющая работать на повышенных скоростях с минимальными потерями. Для обоснования оптимальных конструктивных и режимных параметров были проведены теоретические исследования предлагаемого устройства. В результате исследований были получены зависимости взаимодействия гребёнки с колосом при его контакте в горизонтальной плоскости. Разделив гребёнку на две зоны (зона захвата колоса и зона очёса тангенциальным каналом) и распределив силы, действующие на колос в данных зонах, путём математических преобразований и вычислений выразили углы альфа и бета, вычисляя которые, можно теоретически рассчитать оптимальный угол сужения между очёсывающими гребёнками и углом поворота асимптоты тангенциальной функции, образующей боковую стенку зуба тангенциального канала гребёнки. Путём математических преобразований получены уравнения, позволяющие найти координаты колоса в любой момент времени. Проанализировав полученные данные, можно определить наиболее изнашивающиеся части зубьев гребёнок, а в процессе проектирования усилить данные места конструктивно, значительно повысить долговечность службы гребёнок.*

## THEORETICAL RESEARCH OF THE ROTOR WHEEL OF THE REAPING MACHINE

**Fedin M. A.**, graduate student of the department «Mechanization of technological processes in agro-industrial complex», FSBEI HE Penza SAU.

440014, Penza, Botanicheskaya st., 30.

E-mail: fedinmix@mail.ru

**Kukharev O. N.**, dr. of techn. sciences, prof., rector FSBEI HE Penza SAU.

440014, Penza, Botanicheskaya st., 30.

E-mail: penz\_gau@mail.ru

**Semov I. N.**, cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Mechanization of technological processes in agro-industrial complex», FSBEI HE Penza SAU.

440014, Penza, Botanicheskaya st., 30.

E-mail: semiw@mail.ru

**Key words:** header, rotor, comb, channel, combing, tangential.

The aim of the research is to improve the quality of grain harvesting with the «OZON» combing Reaper with an experimental rotor. Harvest with the method of combing is a kind of straight harvest of grain. This method isn't widely used in agriculture because of the imperfection of the harvesting device, which don't let to do the harvest without lose. The method is based on stripping grain spikes while field is an unmown stubble. Nowadays at the modern market there are three main producers of stripper header such as Shelboyrne Reynolds (Great Britain), PAO Penza Machines (the Russian Federation) stripper header Ozon and UKR, Agriservice (the Ukraine) – Slavyanka. Foreign machines have high price for the native producer, moreover they are very expensive in using and cannot always work in Russian conditions. For solving this problem Penza State Agricultural University together with PAO Penza Machines worked out an experimental construction of the reaping rotor which allows to work on high speed with shortest waste. For proving the best possible constructive and operating conditions, a theoretical research of this tool was conducted. Thus we got the dependence of cooperation of stripper fingers and spike in its contact in horizontal plane. Having divided the stripper fingers into two zones (the zone of catching the spike and the zone of combing by tangential channel) and having spread the power influencing the spike in these zones, with the help of mathematical calculations we got angle ALFA and angle BETA. Finding them it is possible to work out theoretically the optimal angle of narrowing between stripper fingers and the angle of turning asymptote of tangential function making the side wall of the cutter of the tangential channel of the stripper fingers. With the help of mathematical calculations we received the equations which let us to find the coordinates of the spike anytime. Having analyzed the obtained data, it is possible to define the most wearing parts of the cutter of the stripping fingers and during constructing to reinforce these parts structurally and increase the longevity of using the stripper fingers.

Применяемые в настоящее время технические средства для уборки зерновых культур не в полной мере удовлетворяют агротехническим требованиям. В основном возникают трудности с уборкой зерновых. Среди многих нерешённых проблем производства зерна наиболее острой является проблема уборки урожая в агротехнические сроки (7-12 дней) и устранения, таким образом, значительных потерь зерна. Потери зерна от самоосыпания через 20 дней после наступления полной спелости составляют от 18,4 до 20,2%. Поэтому наиболее целесообразно производить уборку хлебов в короткий период времени, обусловленный агротехническими сроками.

По большей части это связано с тем, что реализуемый классический метод, основанный на том, что в молотильный аппарат кроме зерна из колоса поступает и незерновая часть, ведёт к дополнительным нагрузкам на молотильно-сепарирующее устройство (МСУ), снижает его пропускную способность, что напрямую влияет на производительность процесса. Решением данной проблемы является уборка зерновых очёсывающим методом, при котором комбайны оснащаются очёсывающими жатками, производящими счёсывание зерновой части стебля без полного его среза. За счет этого снижается поступление массы в МСУ, что увеличивает производительность, снижает потери, число травмированных зерен, засоренность ворохом, а также уменьшает удельные затраты топлива, позволяет избежать поломок и преждевременного срабатывания комбайнов [1, 2].

**Цель исследований** – повысить качество уборки зерновых уборкой очёсывающей жаткой «ОЗОН» с экспериментальным ротором.

**Задача исследований** – определить необходимые теоретические параметры, необходимые для проектирования экспериментального очёсывающего ротора.

В настоящее время отечественный производитель серийно выпускает только жатки типа «ОЗОН». Но они не в полной мере удовлетворяют агротехническим требованиям и имеют потери зерна при работе на повышенных скоростях.

Для улучшения качества очёса, снижения потерь зерна за жаткой при работе на повышенных скоростях ФГБОУ ВО Пензенским ГАУ совместно с заводом ПАО «Пензмаш» разработана конструкция ротора, оснащённого гребёнкой с тангенциальным каннлом.

Теория уборки методом очёсывания растений на корню была широко освещена в работах А. И. Бурьянова [3], М. А. Бурьянова [4], Э. В. Жалнина [5, 6], О. В. Моисеенко [7], С. Д. Ридного [8], А. И. Савченкова [9], П. А. Шабанова [10, 11, 12] и др., но данные работы были рассчитаны на частные случаи, поэтому возникает необходимость проведения теоретических исследований предлагаемой конструкции.

**Материалы и методы исследований.** Предлагаемое устройство (рис. 1) состоит из каркаса 1, очёсывающего ротора 2, на котором закреплены гребёнки 3, шнека 4, передающего очёсанный ворох в наклонную камеру комбайна обтекателя 7.

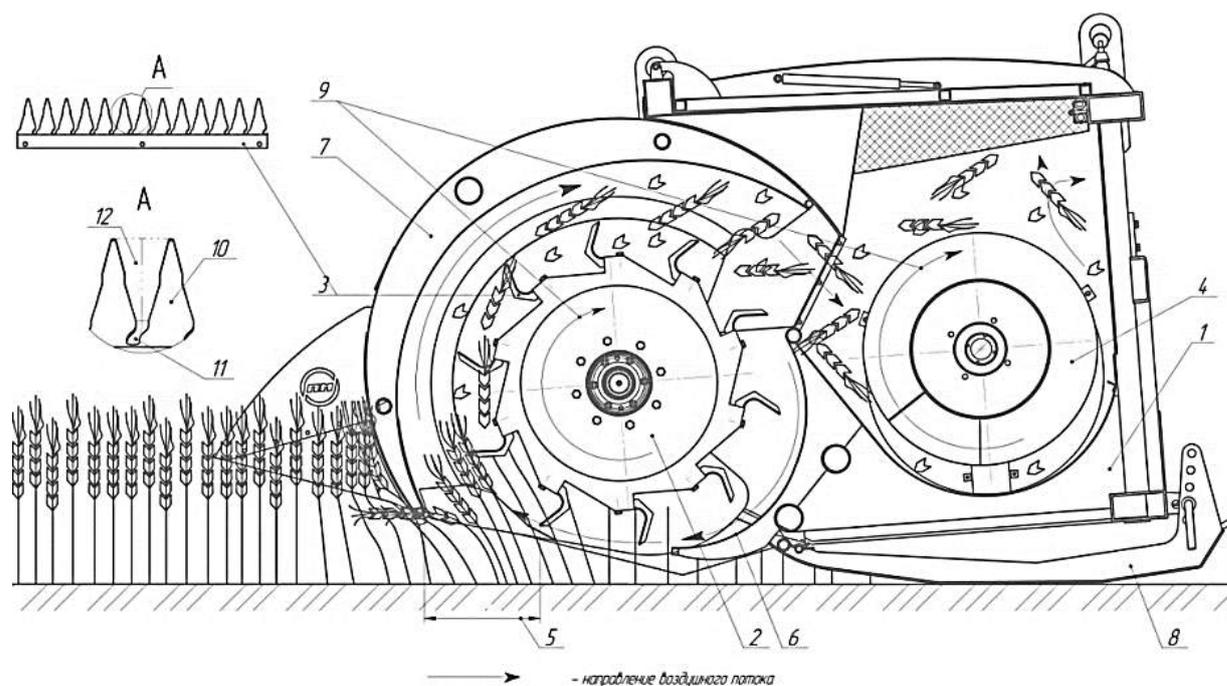


Рис. 1. Технологическая схема работы однороторной жатки с новой конструкцией очёсывающего ротора:  
 1 – каркас; 2 – очёсывающий ротор; 3 – съёмные гребёнки; 4 – шнек; 5 – зона очёса; 6 – подбарабанье; 7 – обтекатель;  
 8 – лыжа; 9 – направления вращения шнека и ротора; 10 – очёсывающий зуб; 11 – тангенциальный канал;  
 12 – зона захвата колоса

С помощью гидроцилиндров регулируется зона очёса 5 растений очёсывающим барабаном в зависимости от состояния хлебостоя на поле. Жатка, приводимая в движение комбайном, передвигается по полю на опорных лыжах 8, вращение с наклонной камеры комбайна передаётся на редуктор, далее на цапфу очёсывающего ротора 2 с изменением частоты вращения (вращение на шнек передаётся без изменений частоты). Внедряясь в хлебостой, гребёнка 3 направляет стебли растений в зону захвата колоса 12. При дальнейшем движении колоса по кромке зуба 10 он попадает в канал 11 и начинает перемещаться в нём как в поперечном, так и в продольном направлении, в этот момент начинается отрыв колоса основанием рабочей поверхности.

В дальнейшем продукты очёса за счёт полученной кинетической энергии от гребёнки 3 и воздушным потоком, создаваемый ротором, перемещаются к транспортирующему шнеку 4. Шнек 4 транспортирует продукты очёса в зерноуборочный комбайн для полного обмолота, сепарации зерна от растительных остатков и его сбора в бункер.

По сравнению с существующими аналогами предлагаемая конструкция ротора очёсывающего устройства обеспечивают качественную уборку урожая зерновых и семенников трав при минимальных материальных затратах.

**Результаты исследований.** Для обоснования оптимальных конструктивных и режимных параметров были проведены теоретические исследования предлагаемого устройства. Для того чтобы рассмотреть все силы, действующие на колос при взаимодействии с гребёнкой в горизонтальной плоскости, рассмотрим зону захвата колоса. Для этого построим схемы сил, действующих в горизонтальной плоскости на колос при взаимодействии с гребёнкой (рис. 2), разложим их по осям  $x$  и  $y$  и согласно принципу Д'Аламбера составим уравнения:

$$x: N \cos \alpha - F_{yп} \cos \alpha - F_{тр} \sin \alpha = 0; \quad (1)$$

$$y: N \sin \alpha - F_{yп} \sin \alpha + F_{тр} \cos \alpha - F_{ц} + F_y = 0, \quad (2)$$

где  $N$  – сила реакции опоры, действующая на колос со стороны зуба очёсывающей гребёнки, Н;  $F_{yп}$  – сила упругости стебля, Н;  $F_{тр}$  – сила трения колоса о зуб гребёнки, Н;  $F_{ц}$  – центробежная сила, действующая на семя со стороны диска, Н;  $F_y$  – сила удара зуба гребёнки по колосу, Н;  $R$  – расстояние от центра ротора до места контакта зуба очёсывающей гребёнки с колосом (радиус ротора), м.

Рассмотрев силы, действующие в горизонтальной плоскости на колос при взаимодействии с гребёнкой в момент захвата колоса (рис. 2), путём математических преобразований и вычислений выразили угол  $\alpha$ , вычислив который, можно определиться с углом сужения между очёсывающими гребёнками

$$\alpha = \arctg \left( \left( g + \frac{\omega^2}{R} \right) - (10^{-3} K \frac{g}{s} I) / (\mu g) \right). \quad (3)$$

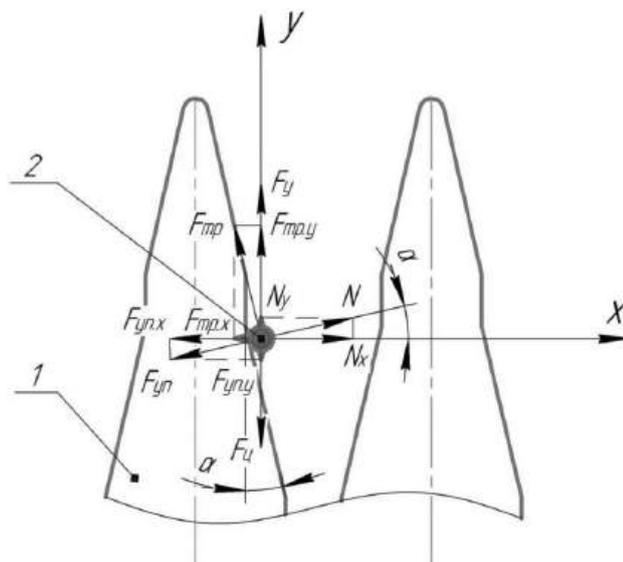


Рис. 2. Схема сил, действующих в горизонтальной плоскости на колос при взаимодействии с гребёнкой в момент захвата колоса:

1 – зуб гребёнки; 2 – колос растения;  $F_y$  – сила удара зуба по колосу;  $F_{mp}$  – сила трения колоса о зуб гребёнки;  $F_{mp.x}$  и  $F_{mp.y}$  – горизонтальные и вертикальные составляющие силы трения;  $N$  – сила реакции опоры;  $N_x$  и  $N_y$  – горизонтальные и вертикальные составляющие силы реакции опоры;  $F_{yn}$  – сила упругости стебля;  $F_{yn.x}$  и  $F_{yn.y}$  – горизонтальные и вертикальные составляющие силы упругости стебля;  $F_{ц}$  – центробежная сила

Интегрируя два полученных выражения (1) и (2), получим уравнения, позволяющие найти координаты колоса в любой момент времени при захвате колоса очёсывающей гребёнкой и при движении его до входа в тангенциальный канал

$$x = \sqrt{\left\{ \frac{R}{\cos \alpha} \cdot W \right\}} \cdot t, \quad (4)$$

$$y = \begin{cases} \frac{1}{2 \left( \frac{\sin \alpha}{R} - \frac{1}{R} \right)} \left[ \sqrt{\frac{4 \left( \frac{\sin \alpha}{R} - \frac{1}{R} \right)}{1} \cdot Q \cdot t^2 + 1 - \frac{1}{2} \log \left( \frac{\left( \frac{\sin \alpha}{R} - \frac{1}{R} \right) \cdot Q}{1} \cdot t^2 \right)} + \right. \\ \left. \log \left( \sqrt{\frac{4 \left( \frac{\sin \alpha}{R} - \frac{1}{R} \right)}{1} \cdot Q \cdot t^2 + 1 - 1} \right) \right] \\ \frac{1}{2 \left( \frac{\sin \alpha}{R} - \frac{1}{R} \right)} \left[ - \sqrt{\frac{4 \left( \frac{\sin \alpha}{R} - \frac{1}{R} \right)}{1} \cdot Q \cdot t^2 + 1 - \frac{1}{2} \log \left( \frac{\left( \frac{\sin \alpha}{R} - \frac{1}{R} \right) \cdot Q}{1} \cdot t^2 \right)} + \right. \\ \left. \log \left( \sqrt{\frac{4 \left( \frac{\sin \alpha}{R} - \frac{1}{R} \right)}{1} \cdot Q \cdot t^2 + 1 + 1} \right) \right] \end{cases} \quad (5)$$

Анализируя и решая уравнения, можно построить график движения колоса в межзубовом пространстве. Траектория движения близко похожа на график положительной ветви тангенциальной функции.

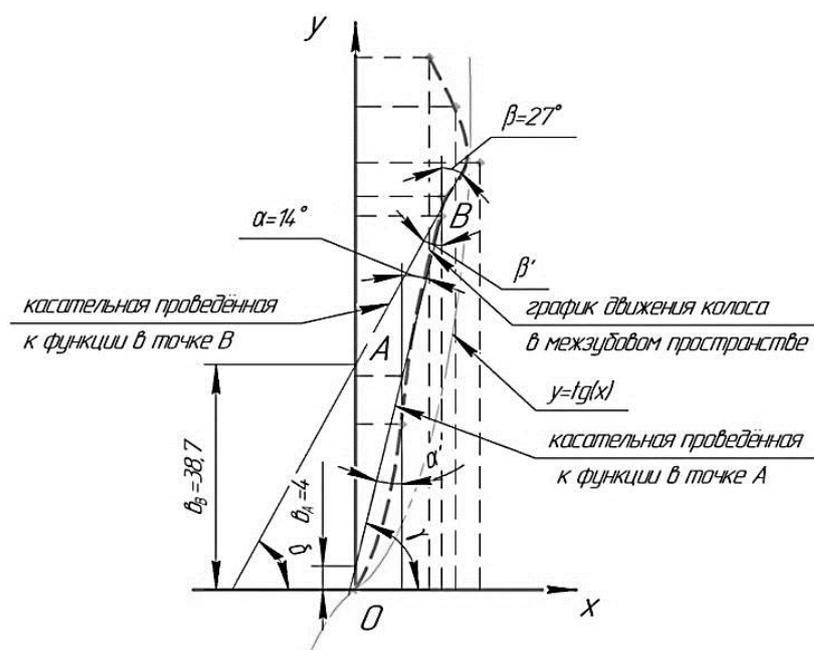


Рис. 3. График траектории движения колоса в межзубовом пространстве:

$\alpha$  – угол сужения между очёсывающими гребёнками;  $\beta$  – угол поворота асимптоты тангенциальной функции, образующей боковую стенку зуба гребёнки;  $b_A$  и  $b_B$  – коэффициенты, отвечающие за сдвиг функции по оси Y;  $\gamma$  – угол между касательной к графику движения колоса в межзубовом пространстве, проведённой в точке A и осью X;  $\delta$  – угол между касательной к графику движения колоса в межзубовом пространстве, проведённой в точке B и осью X

Так как полученная функция сложная в своём построении и восприятии, были использованы программные обеспечения GeoGebra и FBK Grapher для построения графика (рис. 3).

В результате анализа графика (рис. 3) были получены уравнения касательных в точках A и B.

$$y_A = k_A x + b_A, \quad (6)$$

$$y_B = k_B x + b_B, \quad (7)$$

где  $k_A$  – коэффициент наклона функции для касательной в точке A;  $k_B$  – коэффициент наклона функции для касательной в точке B;  $b_A$  и  $b_B$  – коэффициенты, отвечающие за сдвиг функции по оси Y,  $b_A = 4$  мм,  $b_B = 38,7$  мм.

$$k_A = \text{tg } \gamma, \quad (8)$$

$$k_B = \text{tg } \delta, \quad (9)$$

где  $\gamma$  – угол между касательной к графику движения колоса в межзубовом пространстве, проведённой в точке A, и осью X,  $\gamma = 76^\circ$ ;  $\delta$  – угол между касательной к графику движения колоса в межзубовом пространстве, проведённой в точке B, и осью X,  $\delta = 63^\circ$ ;

Подставляя полученные значения и уравнения (6) и (7) функции  $y_A$  и  $y_B$  примут вид:

$$y_A = 4,01x + 4 \quad (10)$$

$$y_B = 1,96x + 38,7, \quad (11)$$

Определим значения интересующих углов:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 90^\circ - \gamma, \quad (12)$$

$$\alpha_1 = 180^\circ - 90^\circ - 76^\circ = 14^\circ,$$

$$\alpha_1 = \alpha^\circ = 14^\circ.$$

Определили угол поворота функции  $\alpha = 14^\circ$ , который будет отражать угол сужения прорези между зубьями очёсывающих гребёнок.

$$\beta_1 = 180^\circ - 90^\circ - \delta, \quad (13)$$

$$\beta_1 = 180^\circ - 90^\circ - 63^\circ = 27^\circ,$$

$$\beta_1 = \beta^\circ = 27^\circ. \quad (14)$$

Аналогично определили угол  $\beta = 27^\circ$ , который равняется углу поворота асимптоты тангенциальной функции, образующей боковую стенку зуба гребёнки.

Полученные данные будут использованы в процессе проектирования, так как по ним можно определить наиболее изнашивающиеся части зубьев гребёнок, конструктивно усилив данные места, можно значительно повысить долговечность службы гребёнок.

**Заключение.** Представленные результаты теоретических исследований взаимодействия гребёнки с колосом при его контакте в горизонтальной плоскости позволяют рассчитать оптимальный угол сужения между очёсывающими гребёнками, который равен  $\alpha = 14^\circ$ , и угол поворота асимптоты тангенциальной функции  $\beta = 27^\circ$ , образующей боковую стенку зуба тангенциального канала гребёнки. По уравнениям координат движения колоса в любой момент времени в двух зонах гребёнки возможно определить наиболее изнашивающиеся части зубьев гребёнок, а в процессе проектирования усилить данные места конструктивно, значительно повысив долговечность службы гребёнок. Опираясь на полученные теоретические расчёты некоторых параметров ротора, в дальнейшем планируется выполнение эскизного проектирования очёсывающего ротора новой конфигурации и его изготовление.

#### Библиографический список

1. Федин, М. А. Определение потерь зерна за очёсывающей жаткой с ротором, оснащённым гребёнкой с тангенциальным каналом / М. А. Федин, О. Н. Кухарев, И. Н. Сёмов // *Нива Поволжья*. – 2017. – №4. – С. 175-181.
2. Леменкин, А. М. Технология уборки зерновых методом очесывания на корню: состояние и перспективы / А. М. Леменкин, В. И. Кравчук, А. С. Кушнарков. – Дисидницкое, 2010. – 123 с.
3. Бурьянов, А. И. Моделирование процесса очеса зерновых культур однобарабанной жаткой / А. И. Бурьянов, М. А. Бурьянов // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – 2012. – №4. – С. 2-5.
4. Бурьянов, М. А. Параметры и режимы процесса очеса зерновых культур навесной на комбайн жаткой : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Бурьянов Михаил Алексеевич. – Зеленоград : Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. – 2011. – 194 с.
5. Жалнин, Э. В. Сравнительная оценка очесывающих адаптеров различных конструкций / Э. В. Жалнин, А. Т. Табашников [и др.] // *Научно-технический бюллетень ВИМ*. – М. : ВИМ, 1992. – Вып. 83. – С. 21.
6. Жалнин, Э. В. Технология уборки зерновых комбайновым агрегатом / Э. В. Жалнин, А. И. Савченков. – М. : Россельхозиздат, 1981. – С. 144.
7. Моисеенко, О. В. Исследование параметров и режимов работы приспособления для образования стерневых кулис : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Моисеенко Олег Викторович. – Челябинск : Челябинский государственный агроинженерный университет. – 2008. – 130 с.
8. Ридный, С. Д. Эффективность работы очесывающей жатки / С. Д. Ридный, Е. В. Герасимов, А. Ю. Фусточенко // *Современные направления теоретических и прикладных исследований 2013* : Сб. научных трудов SWorld. – Одесса : КУПРИЕНКО. – 2013. – Т. 6, Вып. 6. – С. 58.
9. Шабанов, П. А. Обмолот на корню – дальнейшее развитие двухфазного способа обмолота зерновых культур / П. А. Шабанов, Н. П. Шабанов // *Достижения науки и техники АПК*. – 2006. – №8. – С. 8-10.
10. Кухарев, О. Н. Классификация очёсывающих устройств / О. Н. Кухарев, И. Н. Сёмов, М. А. Федин // *Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России* : сб. статей Международной науч.-практ. конференции молодых ученых. – Пенза : РИО ПГСХА, 2016. – Том III. – С. 72-74.
11. Кухарев, О. Н. Исследование размерных характеристик зерна пшеницы / О. Н. Кухарев, И. Н. Сёмов, М. А. Федин // *Участие молодых ученых в решении актуальных вопросов АПК России* : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза : РИО ПГСХА, 2016. – С. 20-23.
12. Кухарев, О. Н. Исследование физико-механических составляющих стебля растения / О. Н. Кухарев, И. Н. Сёмов, М. А. Федин // *Участие молодых ученых в решении актуальных вопросов АПК России* : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза : РИО ПГСХА, 2016. – С. 17-20.

#### Bibliography

1. Fedin, M. A. Determination of losses of grain with a cleaning Reaper with a rotor, equipped with a Reaper with a tangential channel / M. A. Fedin, O. N. Kukharev, I. N. Semov // *Niva Povolzhya*. – 2017. – №4. – P. 175-181.
2. Lemenkin, A. M. Technology of grain harvesting method of otesyvanija standing: status and prospects / A. M. Lemenkin, V. I. Kravchuk, A. S. Kushnarov. – Disidnitskoe, 2010. – 123 p.

3. Bur'yanov, A. I. Modeling of the process of the grain crops by a single-grain harvester / A. I. Buryanov, M. A. Buryanov / Mechanization and electrification of agriculture. – 2012. – №4. – P. 2-5.
4. Bur'yanov, M. A. Parameters and modes of process flock crops mounted on the combine header : dis. ... kand. tech. sciences : 05.20.01 / Bur'yanov Mikhail Alekseevich. – Zelenograd : North Caucasus research Institute of mechanization and electrification of agriculture. – 2011. – 194 p.
5. Zhalnin, E. V. Comparative assessment of the combing adapters of various designs / E. V. Zhalnin, A. T. Tabashnikov [et al.] // Scientific and technical Bulletin All-Russian Institute of mechanization. – M. : All-Russian Institute of mechanization, 1992. – Vol. 83. – P. 21.
6. Zhalnin, E. V. Technology of grain harvesting by combine unit / E. V. Zhalnin, A. I. Savchenkov. – Moscow : Rosselkhozisdat, 1981. – P. 144.
7. Moiseenko, O. V. Study of parameters and modes of operation of the device for the formation of stubble wings : dis. ... kand. tech. sciences : 05.20.01 / Moiseenko Oleg Viktorovich. – Chelyabinsk : Chelyabinsk state Agroengineering University. – 2008. – 130 p.
8. Ridnyi, S. D. The Efficiency of the combing harvester / S. D. Ridnyi, E. V. Gerasimov, A. Yu. Fustochenko // Modern directions of theoretical and applied researches 2013 : Sat. scientific works SWorld. – Odessa : KUPRIENKO. – 2013. – T. 6, Vol. 6. – P. 58.
9. Shabanov, P. A. The further development of the two – phase method of threshing of grain crops / P. A. Shabanov, N. P. Shabanov // Achievements of science and technology of agriculture. – 2006. – №8. – P. 8-10.
10. Kukharev, O. N. Classification of cleaning devices / O. N. Kukharev, I. N. Semov, M. A. Fedin // Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex of Russia : collection of articles of the International scientific and practical conference of young scientists. – Penza : PC Penza SAA, 2016. – Vol. III. – P. 72-74.
11. Kukharev, O. N. Study of the size characteristics of wheat grain / O. N. Kukharev, I. N. Semov, M. A. Fedin // Participation of young scientists in solving topical issues of the agro-industrial complex of Russia : collection of articles of the all-Russian scientific-practical conference. – Penza : PC Penza SAA, 2016. – P. 20-23.
12. Kukharev, O. N. Study of physical and mechanical components of the plant stem / O. N. Kukharev, I. N. Semov, M. A. Fedin // Participation of young scientists in solving topical issues of the agro-industrial complex of Russia : collection of articles of the all-Russian scientific-practical conference. – Penza : PC Penza SAA, 2016. – P. 17-20.

DOI 10.12737/23623  
УДК 637.2

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ НА ПРИВОД МАСЛОИЗГОТОВИТЕЛЯ С ГИБКИМ ВИБРОПРИВОДОМ

**Яшин Александр Владимирович**, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Механизация технологических процессов в АПК», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

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

E-mail: yashin.a.v@pgau.ru

**Польвяный Юрий Владимирович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация технологических процессов в АПК», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

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

E-mail: jupolyvyanyu@mail.ru

**Мишанин Александр Леонидович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

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

E-mail: mishanin\_al@mail.ru

**Хорев Павел Николаевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация технологических процессов в АПК», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

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

E-mail: xpn.75@mail.ru

**Ключевые слова:** мощность, вибропривод, маслоизготовитель, мембрана, сбивание, сливки, гибкий, сливочное.

*Цель исследований – совершенствование технологического процесса сбивания сливочного масла и разработка конструкции маслоизготовителя. В статье представлено обоснование конструкции маслоизготовителя с гибким виброприводом, которая является принципиально новой и способной устранить*

недостатки существующих конструкций, а именно повысить производительность, снизить затраты мощности и энергоёмкости сбивания сливочного масла в пределах, установленных требованием ГОСТ на отход жира в пахту не более 0,4%. В виду сложности технологического процесса сбивания сливочного масла, основным оценочным энергетическим показателем является потребная мощность привода маслоизготовителя. В связи с этим представлен силовой анализ, где рассмотрены силы, действующие в маслоизготовителе при его работе и получена формула для определения мощности на привод маслоизготовителя с гибким виброприводом с учетом классических принципов теории механизмов и машин по замещению масс кривошипно-шатунного механизма с трехточечной на двухточечную, т.е. с использованием деления масс на вращательные и возвратно-поступательные массы механизма сбивания маслоизготовителя с гибким виброприводом. Произведен расчет мощности на привод маслоизготовителя с гибким виброприводом с учетом изменения угла поворота кривошипа  $\varphi = 0 \dots 360$  град, полученные значения представлены в виде графика зависимости мощности на приводе от угловой скорости и радиуса кривошипа при заданных углах поворота кривошипа. Определено максимальное (пиковое) значение мощности на привод – 125 Вт. С учетом полученных результатов для привода модели маслоизготовителя с гибким виброприводом были приняты электродвигатель АИРЕ 56В4 и редуктор SG 62.

## POWER DETERMINATION TO THE DRIVE OF MILKCHURNS WITH THE FLEXIBLE VIBRODRIVE

**Yashin A. V.**, cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Mechanization of technological processes in agrarian and industrial complex», FSBEI HE Penza SAU.

440014, Penza, Botanicheskaya st., 30.

E-mail: yashin.a.v@pgau.ru

**Polyvyany Y. V.**, cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Mechanization of technological processes in agrarian and industrial complex», FSBEI HE Penza SAU.

440014, Penza, Botanicheskaya st., 30.

E-mail: jupolyvyanyy@mail.ru

**Mishanin A. L.**, cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Farm vehicles and mechanization of livestock production», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust-Kinelsky, Uchebnaya st., 2.

E-mail: mishanin\_al@mail.ru

**Horev P. N.**, cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Mechanization of technological processes in agrarian and industrial complex», FSBEI HE Penza SAU.

440014, Penza, Botanicheskaya st., 30.

E-mail: xpn.75@mail.ru

**Keywords:** power, vibrodrive, milkchurn, membrane, churning, cream, flexible, creamy.

The purpose of the research is to improve the technological process of churning butter and develop the design of the milkchurn. The article presents the rationale for the design of the milkchurn with a flexible vibrodrive that is fundamentally new and capable to eliminate shortcomings of existing structures, namely, increasing productivity, reducing the power and energy consumption of churning butter within the limits established by GOST requirement for fat in the buttermilk less than 0.4%. The technological process of churning butter being complex, the main evaluation energy indicator is the required drive power of the milkchurn. In this connection the power analysis is made where the power in the milkchurn during the operation is studied. We got the formula for determining the power to the drive of the milkchurn with a flexible vibrodrive, taking into account the classical principles of the mechanisms and machines theory of replacing the masses of a crank-connecting rod mechanism with three-point to two-point, that is, using the division of mass into rotational and reciprocating masses of the churning mechanism in the milkchurn with a flexible vibrodrive. The power to the drive of the milkchurn with a flexible vibrodrive taking into account the angle change in rotation of the crank  $\varphi = 0 \dots 360$  deg. was calculated, the obtained values are presented in the graph of power dependence to the drive on the angular velocity and the radius of the crank at a given angle of crank rotation. The maximum (peak) power value per drive is 125 W. Taking into account the results obtained, the electric motor AIRE 56V4 and redactor SG 62 were adapted to the model drive of the milkchurn with a flexible vibrodrive.

Исследованиям маслоизготовителей уделено достаточно большое внимание [2-6]. Различная трактовка механизма процесса образования масляного зерна привела к значительному количеству конструкций маслоизготовителей. Обзор маслоизготовителей периодического действия, с рабочими органами в виде вращающейся емкости, показывает, что процесс образования масляного зерна продолжителен по времени (30...120 мин). Применение быстродействующих маслбоек, с рабочими органами в виде вращающихся лопастей, снижает время сбивания, но приводит к повышенному отходу жира в пахту (1...3%) и энергозатратам. Таким образом, совершенствование технологического процесса и разработка конструкции маслоизготовителя, позволяющие снизить энергоёмкость сбивания сливочного масла и повысить степень использования молочного жира, является актуальной и практически значимой для аграрного производства задачей.

В связи этим для уменьшения потерь сливочного масла из-за его налипания на механизм сбивания и снижения энергоёмкости сбивания предлагается принципиально новая конструкция, механизм сбивания которой выполнен в виде мембраны, одновременно являющейся дном емкости, которая совершает периодические колебательные движения посредством кривошипно-шатунного механизма.

**Цель исследований** – совершенствование технологического процесса сбивания сливочного масла и разработка конструкции маслоизготовителя.

**Задача исследований** – установление зависимости по определению мощности на привод маслоизготовителя с гибким виброприводом и определение числовых значений мощности на привод для модели маслоизготовителя с гибким виброприводом.

**Материалы и методы исследований.** На кафедре «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВО Пензенского ГАУ разработан и апробирован макет конструкции маслоизготовителя с гибким виброприводом [3, 4]. Предложенная конструкция позволяет снизить энергоёмкость сбивания сливочного масла в виду интенсификации технологического процесса сбивания сливочного масла из-за возбуждения вибрационного воздействия на обрабатываемый продукт (сливки) предложенным механизмом сбивания в горизонтально установленной емкости, для чего рассмотрены силы, действующие при работе маслоизготовителя [2-6] (рис. 1). Пусть в ёмкость 5 залит некоторый объём сливок, высота которого составляет  $H_{сл}$ . Сила давления на механизм сбивания, состоящий из мембраны 4 с жестким центром 3, шатуна 2 и кривошипа 1, действует вертикально вниз, ее модуль определяется по формуле [1]:

$$F_p = p \cdot S_{эф}, \text{ Н}, \quad (1)$$

где  $p$  – давление на мембрану с жестким центром, Па;

$S_{эф}$  – эффективная площадь мембраны с жестким центром, м<sup>2</sup>.

$$S_{эф} = \frac{\pi}{12} (D^2 + D \cdot d + d^2),$$

где  $D$  – диаметр мембраны (емкости), м;

$d$  – диаметр жесткого центра, м.

Давление на мембране с жестким центром определяется, с учетом основного уравнения гидростатики, по формуле:

$$p = p_0 + \rho_{сл} \cdot g \cdot H_{сл}, \text{ Па}, \quad (2)$$

где  $p_0$  – давление на свободной поверхности сливок, Па;

$\rho_{сл}$  – плотность сливок, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$H_{сл}$  – высота сливок, м.

Давление  $p_0$  на свободной поверхности сливок, первое слагаемое в формуле (2), изменяется за один оборот кривошипа. В первоначальный момент времени, когда сливки при открытой крышке заливают в емкость, мембрана с жестким центром, шатуном и кривошипом, займут крайнее нижнее положение  $OA_1B_1$  (рис. 1, а) и после герметичного закрытия крышкой емкости избыточное



$$\rho_{cl} \cdot g \cdot H_{cl} = \rho_{nc} \cdot g \cdot H_{nc}, \text{ Па}, \quad (4)$$

где  $\rho_{nc}$  – плотность полидисперсной смеси (промежуточное состояние обрабатываемого продукта при сбивании между сливками и пахтой с масляным зерном), кг/м<sup>3</sup>;

$H_{nc}$  – высота полидисперсной смеси, м.

Тогда сила давления на механизм сбивания с учетом формул (1-4) и ряда преобразований [2, 8-10] составит:

$$F_p = \frac{\pi \cdot g}{12} \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) \times \\ \times \left( \rho_g \cdot (R \cdot ((1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda}{4} \cdot (1 - \cos 2\varphi)) - 2 \cdot R) - \rho_{cl} \cdot H_{cl} \right), \text{ Н}. \quad (5)$$

Сила внутреннего трения сливок (рис. 1, б) направлена в сторону, противоположную движению её слоёв, модуль которой определяется по формуле [6]:

$$T = \mu_{cl} \cdot S_c \cdot \frac{dv_c}{dx}, \text{ Н}, \quad (6)$$

где  $\mu_{cl}$  – динамическая вязкость сливок, Па·с;

$S_c$  – площадь поверхности трущихся слоёв, м<sup>2</sup>;

$\frac{dv_c}{dx}$  – градиент скорости, с<sup>-1</sup>;

$dv_c$  – дифференциал скорости смещения слоёв сливок относительно друг друга, м/с;

$dx$  – дифференциал расстояния между соседними слоями сливок, м.

Так как ёмкость цилиндрическая, дном которой является движущаяся мембрана с жёстким центром (образующие линии равного выхода скорости – в виде концентрично расположенных окружностей при условии, что мембрана с жестким центром движется при бесконечно большой длине шатуна  $L \rightarrow \infty$ , т.е. при  $\lambda = \frac{R}{L} \rightarrow 0$ ), то площадь поверхности трущихся слоёв определяется, как площадь боковой поверхности цилиндра:

$$S_c = 2 \cdot \pi \cdot H_{cl} \cdot x, \text{ м}^2, \quad (7)$$

где  $x$  – расстояние до поверхности трущихся слоёв, м.

Скорость слоя сливок при расстоянии до поверхности трущихся слоёв  $x = 0$  принимаем равной скорости жесткого центра  $v_c = \dot{y}$ , а при расстоянии до поверхности трущихся слоёв  $x = \frac{D}{2}$ ,

т.е. на стенке ёмкости, скорость смещения слоёв сливок относительно друг друга  $v_c = 0$ .

Представим формулу (6) с учетом (7) и сделанных замечаний, произведя разделение переменных и проинтегрировав полученное дифференциальное уравнение, для переменной при  $dx$  от 0 до  $\frac{D}{2}$ , а для  $d\dot{y}$  от  $\dot{y}$  до 0, получим:

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot \mu_{cl} \cdot H_{cl} \cdot \dot{y}}{\ln \left| \frac{D}{2} \right| - \ln |0|}, \text{ Н}. \quad (8)$$

В формуле (8)  $\ln|0| = -\infty$ , таким образом сила внутреннего трения сливок стремится к нулю  $T \approx 0$ . Следовательно, силу внутреннего трения сливок можно исключить из дальнейшего рассмотрения в виду ее малого значения.

Сила упругости мембраны направлена в противоположную сторону от направления ее движения, модуль определяется по формуле [1]:

$$F_{упр.м.} = \frac{16 \cdot w_m \cdot C_m}{A_m \cdot D^2}, \text{ Н}, \quad (9)$$

где  $w_m$  – прогиб мембраны в ее центре, м;

$C_m$  – цилиндрическая жесткость мембраны, Н·м,

$$C_m = \frac{E_m \cdot h_m}{12 \cdot (1 - \mu_m)},$$

$A_m$  – коэффициент, зависящий от размера мембраны,

$$A_m = \frac{(D^2 - d^2)}{4 \cdot \pi \cdot D^2} - \frac{\ln^2 \frac{D}{d}}{\pi \cdot \left( \frac{D^2}{d^2} - 1 \right)},$$

$E_m$  – модуль упругости материала мембраны, Па;

$h_m$  – толщина мембраны, м;

$\mu_m$  – коэффициент Пуассона для материала мембраны.

Прогиб мембраны в ее центре является величиной переменной, зависящей от угла поворота  $\varphi$  кривошипа и соответственно от перемещения  $Y$  жесткого центра, с учетом [7-9] составит:

$$w_m = R \cdot ((1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda}{4} \cdot (1 - \cos 2\varphi)) - R, \text{ м}. \quad (10)$$

Сила упругости мембраны с учетом формул (9), (10) и ряда преобразований составит:

$$F_{упр.м.} = \frac{4 \cdot E_m \cdot h_m \cdot (R \cdot ((1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda}{4} \cdot (1 - \cos 2\varphi)) - R)}{3 \cdot (1 - \mu_m) \left( \frac{(D^2 - d^2)}{4 \cdot \pi} - \frac{D^2 \cdot \ln^2 \frac{D}{d}}{\pi \cdot \left( \frac{D^2}{d^2} - 1 \right)} \right)}, \text{ Н}. \quad (11)$$

Сила инерции столба сливок направлена противоположно ускорению столба сливок или мембране с жестким центром, модуль которой определяется по формуле [6-9]:

$$F_{u.сл.} = \rho_{сл} \cdot H_{сл} \cdot S_{эф} \cdot \ddot{y}, \text{ Н}. \quad (12)$$

Тогда сила инерции столба сливок с учетом формулы (2) [6-9] определяется по формуле:

$$F_{u.сл.} = \frac{\pi}{12} \cdot \rho_{сл} \cdot H_{сл} \cdot R \cdot \omega^2 \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) \cdot (\cos \varphi + \lambda \cdot \cos 2\varphi), \text{ Н}. \quad (13)$$

При определении величин сил инерции, возникающих в результате движения частей кривошипно-шатунного механизма, необходимо предварительно найти соответствующие массы. При этом для упрощения заменим действительные массы движущихся частей системой масс, динамически эквивалентных реальной системе [7-9].

Сила инерции возвратно-поступательно движущихся масс (масса мембраны, масса жесткого центра, масса шатуна, сосредоточенная в месте его крепления к мембране с жестким центром) направлена противоположно движению перечисленных элементов, модуль которой определяется по формуле:

$$F_{u.вндм} = m_{вндм} \cdot \ddot{y}, \text{ Н}, \quad (14)$$

где  $m_{вндм} = m_m + m_{жц} + m_{1ш}$  – масса возвратно-поступательно движущихся элементов, кг;

$m_m$  – масса мембраны, кг;

$m_{жц}$  – масса жесткого центра, кг;

$m_{1ш}$  – масса шатуна, сосредоточенная в месте его крепления к мембране с жестким центром, кг.

Тогда сила инерции возвратно-поступательно движущихся масс в окончательном виде определится по формуле:

$$F_{u.впдм} = (m_m + m_{ж.ц.} + \frac{1}{3} \cdot m_{ш}) \cdot R \cdot \omega^2 \cdot (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi), \text{ Н.} \quad (15)$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс (масса оси кривошипа и масса шатуна, сосредоточенная в месте его соединения с кривошипом) направлена по радиусу кривошипа, модуль которой определяется по формуле:

$$F_{ц.и.вм} = m_{ц.и.вм} \cdot a_{ц.вм}, \text{ Н.} \quad (16)$$

где  $m_{ц.и.вм} = m_{ок} + m_{2ш}$  – масса элементов, участвующих во вращательном движении, кг;

$a_{ц.вм}$  – центробежное ускорение вращающихся элементов, м/с<sup>2</sup>.

$m_{ок}$  – масса оси кривошипа, кг;

$m_{2ш}$  – масса шатуна, сосредоточенная в месте его соединения с кривошипом, кг.

Тогда центробежная сила инерции вращающихся масс в окончательном виде определится по формуле:

$$F_{ц.и.вм} = (m_{ок} + \frac{2}{3} \cdot m_{ш}) \cdot R \cdot \omega^2, \text{ Н.} \quad (17)$$

Геометрическая сумма сил (давления на механизм сбивания  $\bar{F}_p$ , внутреннего трения сливок  $\bar{T}$ , инерции столба сливок  $F_{u.сл.}$  и инерции возвратно-поступательно движущихся масс  $\bar{F}_{u.впдм}$ ), действующих по оси  $ou$  (рис. 1, в) определится их равнодействующей – суммарной силой:

$$\bar{F}_{сум.} = \bar{F}_p + \bar{T} + \bar{F}_{упр.м.} + \bar{F}_{u.сл.} + \bar{F}_{u.впдм}, \text{ Н.} \quad (18)$$

Спроецируем величины уравнения (18) на ось  $ou$ , учитывая знакопеременное направление векторных величин:

$$F_{сум.} = \frac{\pi \cdot g}{12} \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) \cdot (\rho_e \cdot R \cdot ((1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda}{4} \cdot (1 - \cos 2\varphi)) - \rho_{сл} \cdot H_{сл}) +$$

$$+ \frac{4 \cdot E_m \cdot h_m \cdot R \cdot ((1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda}{4} \cdot (1 - \cos 2\varphi))}{3 \cdot (1 - \mu_m) \left( \frac{(D^2 - d^2)}{4 \cdot \pi} - \frac{D^2 \cdot \ln^2 \frac{D}{d}}{\pi \cdot \left( \frac{D^2}{d^2} - 1 \right)} \right)} +$$

$$+ \frac{\pi}{12} \cdot \rho_{сл} \cdot H_{сл} \cdot R \cdot \omega^2 \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) \cdot (\cos \varphi + \lambda \cdot \cos 2\varphi) +$$

$$+ (m_m + m_{ж.ц.} + \frac{1}{3} \cdot m_{ш}) \cdot R \cdot \omega^2 \cdot (\cos \varphi + \lambda \cdot \cos 2\varphi), \text{ Н.} \quad (19)$$

Данная сила может быть разложена на две составляющие:

- по направлению, перпендикулярному оси  $ou$ , действующая на мембрану

$$F_{сум.м.} = F_{сум.} \cdot \text{tg} \beta, \text{ Н;} \quad (20)$$

- по направлению продольной оси шатуна

$$F_{сум.ш.} = \frac{F_{сум.}}{\cos \beta}, \text{ Н.} \quad (21)$$

Перенесем силу  $F_{сум.ш.}$  вдоль продольной оси шатуна из точки  $B$  в точку  $A$  и разложим ее на две составляющие:

- нормальную, направленную по радиусу кривошипа

$$F_{\text{сум.ш.}}^n = F_{\text{сум.}} \cdot \frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, \text{ Н}; \quad (22)$$

- тангенциальную, направленную перпендикулярно радиусу кривошипа в сторону его вращения

$$F_{\text{сум.ш.}}^\tau = F_{\text{сум.}} \cdot \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, \text{ Н}. \quad (23)$$

Суммарная сила  $F_{\text{сум.ш.}}$ , действующая на мембрану, стремится сместить жесткий центр к стенке емкости в противоположную сторону от растягивающейся части мембраны. Нормальная сила  $F_{\text{сум.ш.}}^n$  сжимает или растягивает кривошип и передается подшипникам кривошипа в точке  $O$ . Центробежная сила инерции вращающихся масс  $F_{\text{ц.м.ем}}$  растягивает кривошип и передается подшипникам кривошипа в точке  $O$ . Тангенциальная сила  $F_{\text{сум.ш.}}^\tau$  является единственной силой с плечом, равным радиусу  $R$  вращения кривошипа, создающей вращающий момент:

$$M_{\text{вр.}} = F_{\text{сум.}} \cdot R \cdot \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (24)$$

Мощность на привод маслоизготовителя определится как произведение вращающего момента на угловую скорость кривошипа и на коэффициент запаса:

$$N_{\text{пр.}} = \kappa_3 \cdot F_{\text{сум.}} \cdot R \cdot \omega \cdot \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, \text{ Вт}, \quad (25)$$

где  $\kappa_3$  – коэффициент запаса мощности, учитывающий затраты мощности на холостой ход.

**Результаты исследований.** Окончательно мощность на привод маслоизготовителя при коэффициенте запаса мощности  $\kappa_3 = 1,2$  определится по формуле:

$$\begin{aligned} N_{\text{пр.}} = \kappa_3 \cdot & \left( \frac{\pi \cdot g}{12} \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) \cdot (\rho_g \cdot R \cdot ((1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda}{4} \cdot (1 - \cos 2\varphi)) - \rho_{\text{сл}} \cdot H_{\text{сл}}) + \right. \\ & + \frac{4 \cdot E_m \cdot h_m \cdot R \cdot ((1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda}{4} \cdot (1 - \cos 2\varphi))}{4} + \\ & + \frac{3 \cdot (1 - \mu_m) \left( \frac{(D^2 - d^2)}{4 \cdot \pi} - \frac{D^2 \cdot \ln^2 \frac{D}{d}}{\pi \cdot (D^2 - d^2)} \right)}{3 \cdot (1 - \mu_m)} \left. \right) + \\ & + \frac{\pi}{12} \cdot \rho_{\text{сл}} \cdot H_{\text{сл}} \cdot R \cdot \omega^2 \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) \cdot (\cos \varphi + \lambda \cdot \cos 2\varphi) + \\ & + (m_m + m_{\text{ж.м.}} + \frac{1}{3} \cdot m_{\text{ш}}) \cdot R \omega^2 \cdot (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi) \times \\ & \times R \cdot \omega \cdot \left( \sin \varphi + \frac{\lambda \cdot \sin \varphi}{2 \cdot \sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin^2 \varphi}} \right), \text{ Н}. \quad (26) \end{aligned}$$

Для определения максимальной мощности на привод маслоизготовителя необходимо правую часть формулы (26) приравнять к нулю, затем определить производную от этой функции по  $\varphi$ . После этого определить критические точки, где полученная функция после дифференцирования равна нулю или не существует (при этом рассматриваем область действительных значений). Затем исследовать интервалы справа и слева от полученных точек для определения знака производной функции. Так как нам необходимо определение максимального значения, то рассматривать необходимо только интервалы, где знак производной функции положителен или ее значение равно  $+\infty$ . Однако, полученная функция является сложной для ее исследования и определения экстремума. Поэтому необходимо задаться постоянными величинами и произвести расчет с учетом изменения

угла поворота кривошипа  $\varphi = 0 \dots 360$  град, полученные значения представить в виде графика  $N_{np} = f(\varphi)$  (рис. 2), после чего определить максимальное значение потребной мощности на привод маслоизготовителя для необходимости проектирования привода.

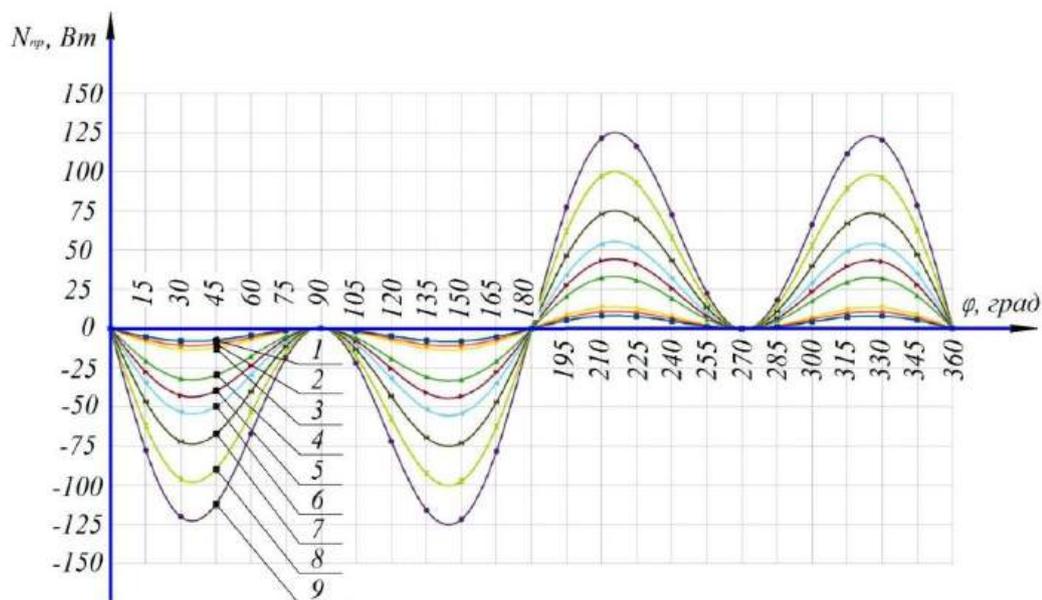


Рис. 2. График зависимости мощности на приводе  $N_{np}$  от угловой скорости  $\omega$  и радиуса кривошипа  $R$  при угле поворота кривошипа  $\varphi$  :

- 1 – при  $R = 0,003$  м и  $\omega = 30$  с<sup>-1</sup>; 2 – при  $R = 0,003$  м и  $\omega = 40$  с<sup>-1</sup>; 3 – при  $R = 0,003$  м и  $\omega = 50$  с<sup>-1</sup>;  
 4 – при  $R = 0,006$  м и  $\omega = 30$  с<sup>-1</sup>; 5 – при  $R = 0,006$  м и  $\omega = 40$  с<sup>-1</sup>; 6 – при  $R = 0,006$  м и  $\omega = 50$  с<sup>-1</sup>;  
 7 – при  $R = 0,009$  м и  $\omega = 30$  с<sup>-1</sup>; 8 – при  $R = 0,009$  м и  $\omega = 40$  с<sup>-1</sup>; 9 – при  $R = 0,009$  м и  $\omega = 50$  с<sup>-1</sup>

Исходя из полученных результатов, принимаем для модели маслоизготовителя с гибким виброприводом электродвигатель АИРЕ 56В4 (мощность 180 Вт и частота вращения 1500 мин<sup>-1</sup>) с редуктором SG 62 (передаточное число 8) [8-10], для установленной угловой скорости кривошипа  $\omega$  от 30 с<sup>-1</sup> до 50 с<sup>-1</sup> [9].

**Заключение.** Установлена зависимость по определению мощности на привод модели маслоизготовителя с гибким виброприводом (26), в результате расчета по которой определены значения в зависимости от изменения конструктивных, кинематических и технологических параметров. В рассматриваемом диапазоне варьирования значений факторов (параметров) определено максимальное (пиковое) значение мощности на привод – 125 Вт. С учетом полученных результатов для привода модели маслоизготовителя с гибким виброприводом были приняты электродвигатель АИРЕ 56В4 и редуктор SG 62.

#### Библиографический список

1. Водяник, В. И. Эластичные мембраны. – М. : Машиностроение, 1974. – 136 с.
2. Мишанин, А. Л. Способ стабилизации процесса экструзии / В. В. Новиков, И. В. Успенская, Д. В. Беляев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2007. – № 3. – С. 167-168.
3. Парфенов, В. С. Инновационное предложение производства сливочного масла для малых сельскохозяйственных товаропроизводителей / В. С. Парфенов, А. В. Яшин, В. Н. Стригин, Ю. В. Польшивный // Актуальные проблемы агроинженерии и их инновационные решения : сборник научных трудов междунар. науч.-практич. конф. – Рязань : РГАТУ, 2013. – С. 223-228.
4. Парфенов, В. С. Устройство для изготовления сливочного масла / В. С. Парфенов, А. В. Яшин, Ю. В. Польшивный // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего. – Пенза : Изд-во Пензенского ГТУ, 2014. – № 6(22). – С. 177-180.
5. Пат. 2366166 Российская Федерация, МПК А 01J 15/00. Устройство для получения сливочного масла / Яшин А. В., Парфенов В. С., Стригин В. Н. – № 2008113909/13 ; заявл. 08.04.2008 ; опубл. 10.09.2009, Бюл. № 25. – 4 с.

6. Польшвяный, Ю. В. Маслоизготовитель периодического действия / Ю. В. Польшвяный, В. С. Парфенов, А. В. Яшин // Восьмой Саратовский салон изобретений, инноваций и инвестиций : сборник инновационных проектов. – Саратов : Буква, 2013. – С. 136.
7. Стригин, В. Н. К вопросу инженерного расчета маслоизготовителя периодического действия / В. Н. Стригин, В. С. Парфенов, А. В. Яшин [и др.] // Нива Поволжья. – 2009. – № 2 (11). – С. 67-71.
8. Яшин, А. В. Некоторые результаты теоретических исследований маслоизготовителя с гибким виброприводом / А. В. Яшин, С. А. Бирюзов // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Пенза : РИО ПГАУ, 2017. – Том III. – С. 180-184.
9. Яшин, А. В. Теоретический анализ движения рабочего органа маслоизготовителя / А. В. Яшин, С. А. Бирюзов // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства : сборник статей III Международной научно-практической конференции. – Пенза : РИО ПГАУ, 2017. – С. 137-142.
10. Яшин, А. В. Теоретическое обоснование амплитуды колебаний мембраны и угловой скорости кривошипа маслоизготовителя с гибким виброприводом / А. В. Яшин, Ю. В. Польшвяный // Нива Поволжья. – 2017. – №4 (45). – С. 181-187.

#### Bibliography

1. Vodyanik, V. I. Elastic membranes. – M. : Mechanical Engineering, 1974. – 136 p.
2. Mishanin, A. L. Method of stabilizing the process of extrusion / V. V. Novikov, I. V. Uspenskaya, D. V. Belyaev // Bulletin of the Samara state agricultural Academy. – 2007. – № 3. – P. 167-168.
3. Parfenov, V. S. Innovative proposal of butter production for small agricultural producers / V. S. Parfenov, A. V. Yashin, V. N. Strigin, Yu. V. Polyvyanyy // Actual problems of Agroengineering and their innovative solutions : collection of scientific papers scientific.-practical. conf. – Ryazan : RGATU, 2013. – P. 223-228.
4. Parfenov, V. S. Device for the butter manufacture / V. S. Parfenov, A. V. Yashin, Yu. V. Polyvyanyy // XXI century: the results of the past and present problem. – Penza : Penza state technical University, 2014. – № 6 (22). – P. 177-180.
5. Pat. 2366166 Russian Federation, IPC 01J 15/00. A device for producing butter / Yashin A. V., Parfyonov V. S., Strigin V. M. – №2008113909/13 ; declared 08.04.2008 ; publ. 10.09.2009, Bull. № 25. – 4 p.
6. Polyvyanyy, Yu. V. Masloizgotovityah periodic action / U. V. Polyvyanyy, V. S. Parfenov, A. V. Yashin // Eighth Saratov salon of inventions, innovations and investments : collection of innovative projects. – Saratov : Bukva, 2013. – P. 136.
7. Strigin, V. N. To the issue of engineering calculation of milkchurn periodic activity / V. N. Strigin, S. V. Parfenov, A. V. Yashin [et al.] // Niva Povolzhya. – 2009. – № 2 (11). – P. 67-71.
8. Yashin, A. V. Some results of theoretical studies of milkchurn with the flexible vibrodrive / A. V. Yashin, S. A. Biryusov // Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex of Russia : collection of articles of Russian scientific-practical conference of young scientists. – Penza : PC Penza SAU, 2017. – Vol. III. – P. 180-184.
9. Yashin, A. V. Theoretical analysis of the movement of the milkchurn working body / V. A. Yashin, S. A. Biryusov // Resource-Saving technologies and technical means for production of crops and livestock : a collection of articles III International scientific-practical conference. – Penza : PC Penza SAU, 2017. – P. 137-142.
10. Yashin, A. V. Theoretical justification of the membrane amplitude and crank angular velocity of milkchurn with flexible shakers / A. V. Yashin, Yu. V. Polyvyanyy // Niva Povolzhya. – 2017. – №4 (45). – P. 181-187.

## ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

DOI 10.12737/23624

УДК 636.4.082

### НАСЛЕДСТВЕННАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ДОЛГОЛЕТИЯ СВИНЕЙ

**Ухтверов Андрей Михайлович**, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Зоотехния», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

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

E-mail: Andrei\_uhtverov@mail.ru

**Зайцева Екатерина Семеновна**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Зоотехния», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

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

E-mail: osa28@rambler.ru

**Заспа Любовь Федоровна**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Зоотехния», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

E-mail: lubov\_zi@mail.ru

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

**Грицай Валерия Валерьевна**, аспирант кафедры «Зоотехния», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

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

E-mail: gricay93@rambler.ru

**Ключевые слова:** ген, долголетие, хряки, свиноматки, порода, корреляция, генотип, линия.

*Цель исследований – повышение продолжительности продуктивного использования потомства свиней. Задачи исследований: определить зависимость срока использования свиней от возраста их родителей; изучить влияние возраста случки родителей на продолжительность жизни их потомства; изучить взаимосвязь между возрастом родителей и их потомками. Научно-производственные опыты и экспериментальная часть работы выполнены в течение 2011-2017 гг. в АО «Северный ключ» Самарской области. Проведены исследования, направленные на выяснение характера наследственной обусловленности долголетия, для чего выбирались в стаде все свиноматки и хряки, достигшие рекордного возраста. Одновременно с этим учитывался возраст пребывания в стаде их родителей. В процессе исследований установлено, что показатели хряков-долгожителей и маток-долгожителей превосходили средние показатели по стаду: по женским особям на 31,6 месяца, а по мужским – на 41,8 месяца. Этих животных действительно можно отнести к долгожителям. Находясь в одинаковых условиях эксплуатации, их возраст превосходит средний возраст по стаду в 2 раза. Оказалось, что потомство от молодых родителей характеризуется несколько меньшим сроком их производственного использования. Спаривание очень старых маток и хряков не ведет к снижению продолжительности жизни их потомства. Главное назначение животного давать наибольшее количество продукции в течение длительного времени. Оставлять в стаде низко продуктивных особей, допуская при этом, что данное животное будет длительное время жить в стаде, не имеет экономического смысла. Поэтому процесс совершенствования животных относительно увеличения продолжительности жизни должен идти только через долгожителей с высокими продуктивными показателями.*

## HEREDITARY CONDITIONALITY OF PIG LONGEVITY

**Uhtverov A. M.**, doctor of agricultural sciences, prof. of the department «Zootechny», FSBEI HE Samara SAA. 446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya st., 2.  
E-mail: Andrei\_uhtverov@mail.ru

**Zaitseva E. S.**, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department «Zootechny», FSBEI HE Samara SAA. 446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya st., 2.  
E-mail: osa28@rambler.ru

**Zaspa L. F.**, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department «Zootechny», FSBEI HE Samara SAA. 446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya st., 2.  
lubov\_zi@mail.ru

**Gritsai V. V.**, postgraduate student of the department «Zootechny», FSBEI HE Samara SAA. 446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya st., 2.  
E-mail: gricay93@rambler.ru

**Keywords:** gene, longevity, boars, sows, breed, correlation, genotype, line.

The aim of the research is to increase the duration of productive use of pig offspring due to the influence. Research objectives are to determine the period dependence of pig use on the age of their parents; to study the age influence of mating parents on the life expectancy of their offspring; to study the relationship between the parents' age and their offspring. Scientific and production experiments and experimental work were carried out during 2011-2017 in JSC «Severnoy Kluch» of the Samara region. Studies have been carried out to determine the nature of the hereditary conditionality of longevity, therefore all sows and boars that have reached the record age were selected in the herd. At the same time, the period of keeping their parents in herd was taken into account. During this research it was found that the indicators of long-lived boars and long-lived sows exceeded the average indicators for the herd: for females by 31.6 months, and for males by 41.8 months. These animals can really be considered as long-lived. Being in the same conditions, their age exceeds the average age of the herd 2 times. It turned out that the offspring of young parents is characterized by a shorter period of their production and use. The mating of very old sows and boars does not lead to the reduction in the life expectancy of their offspring. The main purpose of the animal is to give the most of production for a long time. To leave low productive animals in the herd supposing that the animal will be kept in the herd for a long time does not make economic sense. Therefore, the process of animal improvement concerning raising the life expectancy should only go on through long-lived animals with high productivity index.

По своей биологической и производственной ценности естественное долголетие имеет сложную наследственную природу. На формирование этой особенности животного влияет огромное количество генов и генных систем через ферменты и другие биологические свойства организма, которые сами всегда находятся под сильным влиянием паратипических факторов. Долголетие, как и все количественные и качественные признаки, развивается под влиянием полимерного, плейротропного взаимодействия генов, а также под влиянием других взаимодействий: эпистатического, доминирования, сверх доминирования и т.д. [1, 2]. Это усложняет изучение процесса наследования долголетия. До сих пор неясно, как проявится изучаемый признак у родителей в их потомстве. Кроме того, определение влияния наследственных факторов на этот признак затрудняет то обстоятельство, что сельскохозяйственных животных не держат до их биологической смерти в хозяйстве, так как к старости у них существенно падает продуктивность, снижаются воспроизводительные качества, теряется способность эффективно переваривать корма. Много животных выводят из стада в молодом и зрелом возрасте из-за выбраковки по различным признакам. Следует отметить, что животных в товарных хозяйствах содержат более короткое время, чем в племенных. Это зависит от интенсивности эксплуатации, соответствия технологических процессов производства продуктов животноводства физиологическим особенностям животных и от многих других причин [2].

В связи с переводом животноводства на промышленную технологию сроки использования животных значительно сократились. Они в основном определяются уровнем ежегодной браковки основного стада. Если в свиноводческих хозяйствах промышленного типа проектными нормами

определено ежегодное обновление основного маточного стада на 35-40%, то средняя продолжительность использования маток составит 3,5 года. Практика работы крупных комплексов показывает, что в них не всегда выдерживаются принятые нормы выбраковки. В действительности ежегодная браковка доходит до 50% и более, что еще больше сокращает срок производственного использования свиней [4, 5, 6]. Более продолжительным долголетием характеризуются животные тех видов, у которых время естественного роста в постэмбриональной стадии более продолжительно. Сторонники другой теории утверждают, что чем крупнее животное, тем более оно отличается продолжительным долголетием [1]. Третья группа авторов пытается связать продолжительность жизни животных с их воспроизводительными качествами, а именно плодовитостью. Чем выше плодовитость особей конкретного вида, тем короче их естественная жизнь. Авторы четвертой гипотезы продолжительность жизни животных связывают с характером их питания. Травоядные живут дольше, чем плотоядные [7, 8]. И, наконец, есть ученые, которые продолжительность жизни связывают с физиологическими особенностями работы различных органов и систем животных. По их мнению, виды животных с частым ритмом сердечных сокращений и дыхания имеют короткую жизнь [2].

Генетическая обусловленность долголетия сельскохозяйственных животных подтверждается многими исследованиями. Так установлено, что от коров бурой латвийской породы, имевших 10-12 лактаций, рождались дочери с продолжительностью продуктивной жизни на 14,8% больше, чем дочери рано выбракованных коров.

Аналогичные исследования проведены и в свиноводстве. В продолжительности использования свиней отмечаются также породные и межлинейные различия. Однако исследований, подтверждающих генетическую природу долголетия свиней, проведено недостаточно. Необходимость проведения подобных работ вытекает из того, что при промышленном характере производства свинины требуется иметь на комплексах такие генотипы, которые выдержали бы более длительный срок продуктивного использования. Все выше изложенное позволяет констатировать, что изучение продолжительности хозяйственного использования свиней является актуальным вопросом [9, 10].

**Цель исследований** – повышение продолжительности продуктивного использования потомства свиней.

**Задачи исследований** – определить зависимость срока использования свиней от возраста их родителей; изучить влияние возраста случки родителей на продолжительность жизни их потомства; изучить взаимосвязь между возрастом родителей и их потомками.

**Материалы и методы исследований.** Научно-производственные опыты и экспериментальная часть работы были выполнены в течение 2011-2017 гг. в АО «Северный ключ» Самарской области. Все поголовье свиней крупной белой породы в момент проведения опытов содержалось в типовых помещениях, с высокой механизацией производственных процессов, получая корма по рационам, отвечающим зоотехническим нормам.

На материале АО «Северный ключ» (племенные записи) проведены исследования, направленные на выяснение характера наследственной обусловленности долголетия, для чего в стаде выбирались все свиноматки и хряки, достигшие рекордного возраста. Одновременно с этим учитывался и возраст пребывания в стаде их родителей. Сопоставляя данные о возрасте родителей и их детей, выносилось суждение о характере передачи этого признака по наследству.

Наследственная обусловленность долголетия выяснялась и в зависимости от принадлежности животных к различным заводским линиям (Кнарк, Фельдмаршал, Лакк, Палл, Роял Глен, Сват, Драчун), для чего были взяты на учет все ремонтные хряки – сверстники из различных линий – и прослеживалось время их пребывания в стаде при одинаковых условиях кормления, содержания и режима эксплуатации. Картина выраженности долголетия анализировалась при различных способах разведения заводских линий: закрытом, полузакрытом, открытом, инбредном, «освежении крови».

Для более обоснованного подтверждения генетической обусловленности долголетия были вычислены коэффициенты корреляции между следующими сочетаниями пар: мать-дочь (50 пар), отец-дочь (50 пар), мать-сын (25 пар), отец-сын (25 пар).

Влияние возраста обоих родителей на продуктивность потомства изучали при их спаривании по следующим сочетаниям: молодые матери × молодые отцы; старые матери × старые отцы; взрослые матери × взрослые отцы; взрослые матери × молодые отцы; молодые матери × взрослые

отцы; взрослые матери × старые отцы; старые матери × взрослые отцы; молодые матери × старые отцы; старые матери × молодые отцы. В группу молодых родителей были отнесены матки в возрасте 8 мес. и хряки в возрасте 8-9 мес.; в группу взрослых родителей – матки и хряки в возрасте 3-4 года; в группу старых – в возрасте старше 5 лет.

**Результаты исследований.** Характер наследственной обусловленности долголетия свиней можно проследить на примере данных таблицы 1. Исследования проведены в АО «Северный ключ» Самарской области на свиноматках и хряках крупной белой породы, доживших до рекордного возраста. По данным племенных записей учитывали возраст пребывания в стаде их родителей и фиксировали дату случки отцов и матерей, от которых получены анализируемые долгожители.

Таблица 1

Зависимость срока использования свиней от возраста их родителей

Группа	Количество свиней, гол.	Средний возраст свиней всего стада, мес.	Животные долгожители		Продолжительность жизни их родителей, мес.		Средний возраст случки родителей, мес.	
			количество, гол.	возраст, мес.	отец	мать	отец	мать
Хряки	150	31,1	24	72,9	46,6	59,2	26,5	30,3
Матки	1002	39,9	30	71,5	45,5	56,2	27,8	29,2

Показатели хряков-долгожителей и маток-долгожителей превосходили средние показатели по стаду: по женским особям на 31,6 месяца, а по мужским – на 41,8 месяца. Этим животным действительно можно отнести к долгожителям. Находясь в одинаковых условиях эксплуатации, они превосходили средний возраст по стаду в 2 раза.

Интересным является тот факт, что родители долгожителей также характеризовались более продолжительным сроком продуктивной жизни. Учитывая, что средней возраст стада в АО «Северный ключ» за последние 10-15 лет практически не меняется, родители долгожителей превосходили этот показатель на 15-20 месяцев. Родители превосходили по продолжительности жизни средние показатели по стаду, однако уступали по долголетию своим детям.

Продолжительность жизни, как и все количественные признаки, относится к сложным полигенно наследуемым признакам, и обуславливается не часто встречающимся сочетанием генной системы в организме. Кроме того, родители долгожителей возможно и дожили бы до возраста своих детей, если бы они не подвергались действию отбора и других неучтенных факторов.

Для того чтобы выяснить влияние родителей, находящихся в других возрастных стадиях, на продолжительность жизни потомства, был проведен следующий анализ возрастного подбора свиней (табл. 2)

Таблица 2

Влияние возраста случки родителей на продолжительность жизни их потомства

Группа	Возраст родителей при случке, мес.		Количество дочерей, гол.	Возраст пребывания дочерей в стаде, мес.
	отец	мать		
1	18,0	15,5	15	34,5
2	12,0	53,0	12	42,0
3	61,4	10,0	12	39,0
4	70,3	65,0	3	85,0
5	30,2	14,2	25	37,4
6	17,1	29,4	9	48,2
7	30,4	30,2	16	45,1

Группировка родителей по возрасту их случки была выполнена по следующему принципу. К молодым животным были отнесены: матки в возрасте 15 месяцев и менее, хряки – 18 месяцев и менее; к старым – матки в 50 месяцев и более, хряки – 60 месяцев и более; к взрослым животным (стадия расцвета функциональной деятельности) отнесены матки и хряки в возрасте 24-40 месяцев. Согласно такой системе распределения животных были сформированы группы подбора с различным сочетанием возраста родителей (табл. 2). Хотя в некоторых группах и было недостаточное количество спариваемых пар, но представленные данные имеют определенный интерес для познания наследственной природы долголетия и процесса передачи этого признака родителями, имеющим

различный возраст при спаривании. Оказалось, что потомство от молодых родителей характеризуется несколько меньшим сроком их производственного использования. Спаривание очень старых маток и хряков не ведет к снижению продолжительности жизни их потомства. Видимо, способность организма передавать признаки долголетия сохраняется до глубокой старости. Несколько смущает обоснованность данного вывода из-за малого количества животных в этой группе. Дело в том, что в стаде племенного завода очень редко практикуется отбор ремонтного молодняка от престарелых родителей. Вероятно, потомство хотя и наследует склонность к долголетию, но по ряду других признаков является далеко не лучшим.

Возможные факты передачи старыми родителями признаков долголетия будет подтверждена при дальнейшем изложении материала.

Дальнейший анализ данных таблицы 2 свидетельствует, что наилучшие результаты получаются при подборе взрослых маток и хряков. Такое потомство живет почти на один год дольше, чем особи, полученные от молодых родителей, но уступают по долголетию животным от старых родителей.

В группах гетерогенного подбора (2, 3, 5, 6) потомки по продолжительности жизни занимают промежуточное положение среди потомков 1, 4 и 7 групп. Однако почти во всех случаях продолжительность жизни потомков приближается (в иных случаях даже превосходят) к возрасту матерей. Здесь можно говорить о преимущественном влиянии материнского организма на долголетие.

Как было подчеркнуто выше, молодые родители не способствуют формированию у потомства признака высокой продолжительности жизни. Для того чтобы проследить, как меняется с возрастом у одних и тех животных сила наследственной передачи долголетия, был проведен следующий анализ по данным племенных документов. Из животных 1 группы (табл. 2), где использовались для спаривания молодые родители, были выбраны те сочетания одних и тех же маток и хряков, от которых получено в дальнейшем 2 и более опоросов и оставлены потомки в группе ремонта для дальнейшего разведения (табл. 3).

Таблица 3

Влияние возраста родителей на продолжительность жизни потомства

Возраст родителей, мес.		Количество пар	Количество дочерей, гол.	Возраст пребывания дочерей в стаде, мес.
отец	мать			
18	15	13	15	34,5±2,3
25	22	7	8	49,4±4,1
37	34	3	5	47,1±4,3

Данные таблицы 3 свидетельствуют, что по мере увеличения возраста от них рождаются потомки, которые способны выдержать условия эксплуатации более продолжительное время, чем дети от тех же родителей, но слученных в молодом возрасте. Надо полагать, что до полуторалетнего возраста родители не могут в полной мере передавать свои наследственные задатки долголетия потомству. Поэтому в практической селекционной работе следует учитывать данное обстоятельство и не увлекаться отбором ремонтного поголовья от проверяемых маток и хряков. Идея ускорения селекционного процесса при ремонтировании основного стада за счет первоопоросок заманчива, но при этом возникает опасность появления животных с недостаточной жизнеспособностью со всеми вытекающими отсюда отрицательными последствиями, особенно при поступлении таких животных в комплексы промышленного типа с жесткими условиями эксплуатации.

Для дополнительного подтверждения генетической обусловленности долголетия вычислили коэффициенты корреляции между следующими сочетаниями пар: мать-дочь; отец-дочь; отец-сын; мать-сын (табл. 4).

Таблица 4

Корреляция между возрастом родителей и их потомком

Сочетание пар	Количество пар	Уровень взаимосвязи (r)
мать-дочь	75	+0,33
отец-дочь	75	+0,16
мать-сын	24	+0,20
отец-сын	24	+0,29

Во всех вариантах между долголетием родителей и их потомков получены положительные взаимосвязи, которые свидетельствуют о наследственном влиянии родителей. Все это, в конечном счете позволяет использовать эту закономерность в селекционной работе при создании животных, характеризующихся длительным периодом эксплуатации. Недостаточно высокие коэффициенты корреляции еще раз подтверждают значительное влияние на этот признак негенетических факторов, многие из которых трудно поддаются учету. В сильной степени снижает изучение этого показателя искусственный отбор.

**Заключение.** По результатам проведенных исследований о наследственной обусловленности долголетия потомков, полученных от родителей разного возраста в АО «Северный ключ» Самарской области, можно сделать заключение, что показатели хряков-долгожителей и маток-долгожителей превосходили средние показатели по стаду: по женским особям на 31,6 месяца, а по мужским – на 41,8 месяца. В исследованиях отмечена способность организма свиней передавать признаки долголетия до глубокой старости. Для дополнительного подтверждения генетической обусловленности долголетия была определена положительная взаимосвязь между продолжительностью жизни родителей и их детей, которая свидетельствует о наследственном влиянии родителей на продолжительность продуктивного использования потомков.

#### Библиографический список

1. Ухтверов, А. М. Влияние различных селекционных групп свиней на их продуктивное долголетие / А. М. Ухтверов, Н. М. Шарымова, Л. Ф. Заспа // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2006. – № 2. – С. 112-113.
2. Ухтверов, А. М. Влияние селекционных факторов на продуктивное долголетие свиней : монография / А. М. Ухтверов, Л. Ф. Заспа. – Самара, 2008. – 127 с.
3. Ducrocq, V. Current status and prospects of survival analysis in animal breeding / V. Ducrocq // Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. –2006. – P. 505-529.
4. Damgaard, L. H. The use of survival models to infer phenotypic and genetic aspects of longevity of sows / L. H. Damgaard // Plant and Animal Genomes XIV Conference. – San Diego. – 2006. – P. 305-309.
5. Engblom, L. Factors affecting length of productive life in Swedish commercial sows / L. Engblom, N. Lundeheim, E. Strandberg [et al.] // J. Anim Sci. – 2008. – P. 432-441.
6. Engblom, L. Genetics of crossbred sow longevity / L. Engblom, N. Lundeheim, M. D. Schneider [et al.] // Animal. – 2009. – P. 783-790.
7. Engblom, L. Genetic analysis of sow longevity and sow lifetime reproductive traits using censored data / L. Engblom, Calderón Díaz, M. Nikkilä [et al.] // Journal of Animal Breeding and Genetics. – 2015. –P. 138-144.
8. Hoge, R. Developmental factors that influence sow longevity / R. Hoge, M. D. Bates // Journal of Animal Science. – 2011. – P. 1238-1245.
9. Yazdi, M. H. Genetic study of longevity in Swedish Landrace sows / M. H. Yazdi, L. Rydhmer, E. Ringmar-Cederberg [et al.] // Livest Prod Sci. – 2000. – P. 255-264.
10. Rydhmer, L. Genetic correlations between gestation length, piglet survival and early growth Lundeheim / L. Rydhmer, N. Canario // Livest Sci. – 2008. – P. 287-293.

#### Bibliography

1. Uhtverov, A. M. Effect of different breeding pig groups on their productive longevity / A. M. Uhtverov, N. M. Sharymova, L. F. Zaspа // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. – 2006. – С. 112-113.
2. Uhtverov, A. M. Effect of breeding factors on productive longevity of sows : monograph / A. M. Uhtverov, L. F. Zaspа. – Samara, 2008. – 127 p.
3. Ducrocq, V. Current status and prospects of survival analysis in animal breeding / V. Du-crocq // Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. –2006. – P. 505-529.
4. Damgaard, L. H. The use of survival models to infer phenotypic and genetic aspects of longevity of sows / L. H. Damgaard // Plant and Animal Genomes XIV Conference. – San Diego. – 2006. – P. 305-309.
5. Engblom, L. Factors affecting length of productive life in Swedish commercial sows / L. Engblom, N. Lundeheim, E. Strandberg [et al.] // J. Anim Sci. – 2008. – P. 432-441.
6. Engblom, L. Genetics of crossbred sow longevity / L. Engblom, N. Lundeheim, M. D. Schneider [et al.] // Animal. – 2009. – P. 783-790.

7. Engblom, L. Genetic analysis of sow longevity and sow lifetime reproductive traits using censored data / L. Engblom, Calderón Díaz, M. Nikkilä [et al.] // Journal of Animal Breeding and Genetics. – 2015. – P. 138-144.
8. Hoge, R. Developmental factors that influence sow longevity / R. Hoge, M. D. Bates // Journal of Animal Science. – 2011. – P. 1238-1245.
9. Yazdi, M. H. Genetic study of longevity in Swedish Landrace sows / M. H. Yazdi, L. Rydhmer, E. Ringmar-Cederberg [et al.] // Livest Prod Sci. – 2000. – P. 255-264.
10. Rydhmer, L. Genetic correlations between gestation length, piglet survival and early growth Lundeheim / L. Rydhmer, N. Canario // Livest Sci. – 2008. – P. 287-293.

## Содержание

### СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л., Царевская В. М.</i> Динамика азота и формирование белковой продуктивности пшеницы при различных технологиях возделывания.....	3
<i>Нижарадзе Т. С.</i> Видовой состав, распространённость и вредоносность опасных болезней зерновых культур в Самарской области и прогноз их развития.....	9
<i>Бакаева Н. П.</i> Эффективность применения гербицидов в агротехнологии яровой пшеницы.....	16
<i>Марковская Г. К., Чугунова О. А.</i> Влияние способа обработки почвы на биологическую активность при возделывании ярового ячменя в севообороте с чистым и сидеральным паром.....	22
<i>Беляева М. В. (ФГБНУ «Самарский НИИСХ»), Мальчиков П. Н. (ФГБНУ «Самарский НИИСХ»), Мясникова М. Г. (ФГБНУ «Самарский НИИСХ»), Шаболкина Е. Н. (ФГБНУ «Самарский НИИСХ»)</i> Иммуниет, адаптивность и качество сортов яровой твёрдой пшеницы в Среднем Поволжье.....	27

### ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

<i>Володько О. С. (ФГБОУ ВО Самарская ГСХА), Быченин А. П. (ФГБОУ ВО Самарская ГСХА), Ерзамаев М. П. (ФГБОУ ВО Самарская ГСХА), Уханова Ю. В. (ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ)</i> Адаптация автотракторного дизеля к работе на соево-минеральном топливе.....	36
<i>Черников О. Н. Быченин А. П.</i> Влияние режимов буксования колесного двигателя энергетического средства МТА на физические свойства почвы.....	44
<i>Уханов А. П. (ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ), Ротанов Е. Г. (Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО Ульяновского ГАУ), Хохлов А. А. (ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ)</i> Теоретический расчет изменения кольцевого зазора плунжерных пар ТНВД в зависимости от содержания рыжикового масла в смесевом рыжико-минеральном топливе.....	49
<i>Иншаков А. П. (ФГБОУ ВО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва), Курбаков И. И. (ФГБОУ ВО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва), Курбакова М. С. (ФГБОУ ВО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва), Гаранин С. А. (ФГБОУ ВО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва)</i> Определение загрузки автотракторного дизеля с газотурбинным наддувом по температуре отработавших газов и частоте вращения вала турбокомпрессора.....	57
<i>Иншаков А. П. (ФГБОУ ВО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва), Курбаков И. И. (ФГБОУ ВО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва), Курбакова М. С. (ФГБОУ ВО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва), Ладиков С. А. (ФГБОУ ВО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва)</i> Испытательный стенд для проверки работоспособности турбокомпрессоров автотракторных двигателей.....	63
<i>Петров А. М., Сыркин В. А.</i> Теоретическое обоснование движения семян по приемному лотку экспериментальной селекционной пневматической сеялки.....	70
<i>Зайцев В. Ю. (ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ), Коновалов В. В. (ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ), Петрова С. С. (ФГБОУ ВО Самарская ГСХА)</i> Особенности расчета нагрузок силового элемента мобильного прицепа при поперечном уклоне.....	76
<i>Федин М. А. (ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ), Кухарев О. Н. (ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ), Сёмов И. Н. (ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ)</i> Теоретические исследования ротора очёсывающей жатки.....	86
<i>Яшин А. В. (ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ), Польшваный Ю. В. (ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ), Мишанин А. Л. (ФГБОУ ВО Самарская ГСХА), Хорев П. Н. (ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ)</i> Определение мощности на привод маслоизготовителя с гибким виброприводом.....	92

### ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

<i>Ухтвиров А. М., Зайцева Е. С., Засна Л. Ф., Грицай В. В.</i> Наследственная обусловленность долголетия свиней.....	102
---	-----

## Contents

### AGRICULTURE

<i>Bakaeva N. P., Saltykova O. L., Tsarevskaya V. M.</i> Nitrogen dynamics and wheat protein productivity formation with various agro-technologies.....	3
<i>Nizharadze T. S.</i> Species composition, prevalence and dangerous diseases harmfulness of cereal crops in Samara region and their development forecast.....	9
<i>Bakaeva N. P.</i> Herbicides application efficiency in the agrotechnology of spring wheat.....	16
<i>Markovskaya G. K., Chugunova O. A.</i> The influence of a soil tillage method on the biological activity during the spring barley cultivation in the rotation with clean or green fallow.....	22
<i>Belyaeva M. V. (Samara Research Scientific Institute of Agriculture), Malchikov P. N. (Samara Research Scientific Institute of Agriculture), Myasnikova M. G. (Samara Research Scientific Institute of Agriculture), Shabolkina E. N. (Samara Research Scientific Institute of Agriculture)</i> Immunity, adaptability and quality of durum spring wheat varieties in the Middle Povolzhje.....	27

### TECHNOLOGY, MEANS OF MECHANIZATION AND POWER EQUIPMENT IN AGRICULTURE

<i>Volod'ko O. S. (FSBEI HE Samara SAA), Bychenin A. P. (FSBEI HE Samara SAA), Erzamaev M. P. (FSBEI HE Samara SAA), Ukhanova Yu. V. (FSBEI HE Penza SAU)</i> Adaptation of the automotive diesel engine to operate on soy and mineral fuel.....	36
<i>Chernikov O. N., Bychenin A. P.</i> Influence of slipping modes of the wheeled running gear of MTU power means onto physical properties of the soil.....	44
<i>Ukhanov A. P. (FSBEI HE Penza SAU), Rotanov E. G. (Institute of Technology – branch of FSBEI HE Ulyanovsk SAU), Khokhlov A. A. (FSBEI HE Ulyanovsk SAU)</i> Teoretical evaluation of annular clearance change in plunger pairs of HPFP (high pressure fuel pumps) depending on the amount of camelina oil in composite camelina-mineral fuel.....	49
<i>Inshakov A. P. (FSBEI HE Ogarev Mordovia State University), Kurbakov I. I. (FSBEI HE Ogarev Mordovia State University), Kurbakova M. S. (FSBEI HE Ogarev Mordovia State University), Garanin S. A. (FSBEI HE Ogarev Mordovia State University)</i> Determination of downloading of autotractor diesel with gas-turbine background on the temperature of worked gases and the frequency of rotation of the turbocharger shaft.....	57
<i>Inshakov A. P. (FSBEI HE Ogarev Mordovia State University), Kurbakov I. I. (FSBEI HE Ogarev Mordovia State University), Kurbakova M. S. (FSBEI HE Ogarev Mordovia State University), Ladikov S. A. (FSBEI HE Ogarev Mordovia State University)</i> Test bed for checking work capacity of turbochargers of autotractor engines.....	63
<i>Petrov A. M., Sirkin V. A.</i> Theoretical justification of the seeds movement along the reception tray of the experimental selective pneumatic seeding machine.....	70
<i>Zaitsev V. Yu. (FSBEI HE Penza STU), Konovalov V. V. (FSBEI HE Penza STU), Petrova S. S. (FSBEI HE Samara SAA)</i> The characteristics of the load bearing component mobile trailer at cross slope.....	76
<i>Fedin M. A. (FSBEI HE Penza SAU), Kukharev O. N. (FSBEI HE Penza SAU), Semov I. N. (FSBEI HE Penza SAU)</i> Theoretical research of the rotor wheel of the reaping machine.....	86
<i>Yashin A. V. (FSBEI HE Penza SAU), Polyvyany Y. V. (FSBEI HE Penza SAU), Mishanin A. L. (FSBEI HE Samara SAA), Horev P. N. (FSBEI HE Penza SAU)</i> Power determination to the drive of milkchurns with the flexible vibrodrive.....	92

### VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNICS

<i>Uhtverov A. M., Zaitseva E. S., Zaspal L. F., Gritsai V. V.</i> Hereditary conditionality of pig longevity.....	102
--	-----

# 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 рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

**К публикации в журнале принимаются собственные новые, не опубликованные ранее основные научные результаты** по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям наук, по которым присуждаются ученые степени:

- 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки),
- 05.20.03 – технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки),
- 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство (сельскохозяйственные науки),
- 06.01.04 – агрохимия (сельскохозяйственные науки),
- 06.01.05 – селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные, биологические науки),
- 06.01.07 – защита растений (сельскохозяйственные, биологические науки),
- 06.02.01 – диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных (ветеринарные, биологические науки),
- 06.02.06 – ветеринарное акушерство и биотехника репродукции животных (ветеринарные, биологические, сельскохозяйственные науки),
- 06.02.07 – разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные, биологические науки),
- 06.02.08 – кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов (сельскохозяйственные, биологические науки),
- 06.02.10 – частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные, биологические науки).

Индекс по каталогу «Почта России» – 72654.

Подписку можно оформить онлайн, воспользовавшись услугами ресурса [www.vipishi.ru](http://www.vipishi.ru).

Периодичность выхода – 4 раза в год.

Адрес редакции: 446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

Тел.: 8 939 754 04 86 (доб. 608), E-mail: [ssaariz@mail.ru](mailto:ssaariz@mail.ru)

## Требования к оформлению статей

Статьи представляются в редакционно-издательский отдел на русском языке в электронном виде (E-mail: [ssaariz@mail.ru](mailto:ssaariz@mail.ru)). Статья набирается в редакторе Microsoft WORD со следующими параметрами страницы. Поля: верхнее – 2 см, левое – 3 см, нижнее – 2,22 см, правое – 1,5 см. Размер бумаги А4. 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, чётко 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), таблицы должны иметь тематический заголовок, рисунки должны быть сгруппированы. 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 необходимо указать, какой научной специальности и отрасли науки соответствуют представленные в ней научные результаты.**

Статья подписывается автором и научным руководителем (для аспирантов), прикладываются две внешние рецензии специалистов по данной тематике (доктора наук или профессора), гарантийное письмо и ксерокопия абонемента на полугодовую подписку журнала в соответствии с количеством заявленных авторов. Представляется в РИО 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 дублирование, заимствование, уникальность должна быть не ниже 90%.*

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 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 ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия».

603107 г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97.

E-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru

**Терехов Михаил Борисович**, д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой «Технология хранения и переработка сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия».

603107 г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97.

E-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru

**Ключевые слова:** тритикале, натура, стекловидность, белок, гербициды.

*Цель исследований – 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 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 [2].

**Цель исследований** – улучшить качество зерна ярового тритикале.

**Задача исследований** – 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, 2010. – С. 45-47.
- ...
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, 2010. – 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

**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

**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.
- ...
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 проверять текст на наличие орфографических и синтаксических ошибок.