«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» «SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA» 12+

Научно-производственный периодический журнал The research-production periodic magazine

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, в международную базу данных Agris

№ 4 (52), 2021 г.

Основанв 2012 г. **It is based in 2012.**

Выходит 6 раз в год **There are 6 times a year**

Учредитель и издатель журнала:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (**ФГБНУ ВНИИТИН**)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА

«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ»

ГОЛУБЕВ Иван Григорьевич – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Московской области, зав. Отделом ФГБНУ «Росинформагротех»

ЖАЛНИН Эдуард Викторович – заведующий отделом технологий и оборудования для зерновых, зернобобовых и масличных культур ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», доктор технических наук, профессор

ЗАВРАЖНОВ Анатолий Иванович – главный научный сотрудник ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», академик РАН, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ

ЗАЗУЛЯ Александр Николаевич – главный редактор, директор ФГБНУ ВНИИТиН, доктор технических наук, профессор

КАЗАКЕВИЧ Пётр Петрович – заместитель председателя президиума Национальной академии наук Республики Беларусь, член-корреспондент национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, иностранный член РАН

КНЯЗЕВА Лариса Геннадьевна – доктор химических наук, доцент, главный научный сотрудник с возложением обязанностей Ученого секретаря ФГБНУ ВНИИТиН

КОВАЛЕВ Михаил Михайлович – доктор технических наук, заслуженный изобретатель РСФСР, академик российской академии естественных наук, Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, научный руководитель ФГБНУ ВНИИМЛ

ЛАРЮШИН Николай Петрович – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, за-служенный работник сельского хозяйства, профессор кафедры ФГБОУ ВО «Пензенский ГАУ»

ЛАЧУГА Юрий Федорович – академик-секретарь Отделения сельскохозяйственных наук РАН, академик РАН, доктор технических наук, профессор

МАШКОВ Алексей Николаевич – зам. главного редактора, кандидат технических наук, зам. директора по научной работе ФГБНУ ВНИИТиН

МИЩЕНКО Сергей Владимирович – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат премии Правительства РФ в области образования, член Национального комитета по теплофизическим свойствам веществ РАН, ФГБОУ ВО ТГТУ

НАГОРНОВ Станислав Александрович – зам. главного редактора, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ ВНИИТиН

СТРЕБКОВ Дмитрий Семенович – академик РАН, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заместитель председателя Российского комитета по использованию возобновляемых источников энергии, председатель рабочей группы Европейского бюро ЮНЕСКО по образованию в области солнечной энергии, главный научный сотрудник ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

ФЕДОРЕНКО Вячеслав Филиппович – академик РАН, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заместитель директора ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

BIANCO Vincenzo – Department of mechanical, energy, management end transportation engineering, Univercity of Genoa, Italy, Ph.D., Associate Professor

VIGDOROVITSCH Michael – Geschäftsführer ANGARA GmbH, Düsseldorf, Deutschland, doktor fiziko-matematicheskih nauk (Doktor der physikalischen und mathematischen Wissenschaften) Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry Russian Academy of Sciences

Редакция

Журнал «Наука в Центральной России Science in the central Russia»

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Главный редактор: Зазуля А.Н.; заместители главного редактора: Нагорнов С.А., Машков А.Н.

№ 4 (52). Дата выхода в свет 31.08.2021. Тираж - 100 экз. Свободная цена. Подписной индекс 25196.

Адрес редакции и издателя: 392022, Тамбовская область, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, д. 28, тел. 8(4752) 44-64-14; e-mail: viitin@mail.ru

Отпечатано в типографии «Студия печати Галины Золотовой». Адрес типографии: 392032, Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Кленовая, д. 24. e-mail: studiapechati@bk.ru.

Печатное издание журнал «Наука в Центральной России» зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 77 - 66036 от 10.06.2016 г.

© «Наука в центральной России», 2021

«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» «SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»

Научно-производственный периодический журнал **The research-production periodic magazine**
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, в международную базу данных Agris
№ 4 (52), 2021 г.

Основанв 2012 г. **It is based in 2012.**
Выходит 6 раз в год **There are 6 times a year**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА
«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ»

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

АНАШКИН Александр Витальевич – ведущий научный сотрудник лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве ФГБНУ ВНИИТиН, доктор технических наук

ВЕДИЩЕВ Сергей Михайлович – заведующий кафедрой «Агроинженерия» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», доктор технических наук, доцент

ДОРОВСКИХ Владимир Иванович – заведующий лабораторией управления качеством технологических процессов в животноводстве ФГБНУ ВНИИТиН, кандидат технических наук, доцент

ЕРОХИН Геннадий Николаевич – заведующий лабораторией эксплуатационных требований к сельскохозяйственной технике ФГБНУ ВНИИТиН, кандидат технических наук

РЫКОВ Виктор Борисович – главный научный сотрудник отдела механизации растениеводства структурного подразделения «СКНИИМЭСХ» ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», доктор технических наук

ТИШАНИНОВ Николай Петрович – заведующий лабораторией управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве ФГБНУ ВНИИТиН, доктор технических наук, профессор

05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

МАНАЕНКОВ Константин Алексеевич – директор Инженерного института ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», доктор технических наук, профессор

ПЕТРАШЕВ Александр Иванович – заведующий лабораторией организации хранения и защиты техники от коррозии ФГБНУ ВНИИТиН, доктор технических наук

УЛЮКИНА Елена Анатольевна профессор кафедры материаловедения и технологии машиностроения ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктор технических наук, доцент

ХАКИМОВ Рамиль Тагирович – заведующий кафедрой «Автомобили, тракторы и технический сервис» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», доктор технических наук, доцент

ХОХЛОВ Алексей Леонидович – заведующий кафедрой «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина», доктор технических наук, профессор

ШУВАЛОВ Анатолий Михайлович – главный научный сотрудник лаборатории использования альтернативных источников энергии ФГБНУ ВНИИТиН, доктор технических наук, профессор

ЩЕРБАКОВ Сергей Юрьевич – заведующий кафедрой «Технологические процессы и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», кандидат технических наук, доцент

© «Наука в центральной России», 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Зазуля А.Н., Латышенок М.Б., Макаров В.А., Латышенок Н.М., Гаспарян С.В.
ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ХРАНЕНИЯ СЕМЕННОГО ЗЕРНА НА СТРУКТУРУ ЕГО ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОТЕРЬ……...5

Тишанинов К.Н.
ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ РЕШЕТНОГО СТАНА……13

Капустин В.П., Родионов Ю.В., Скоморохова А.И.
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ – ОСНОВА УРОЖАЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР 17

Зубарев А.Г., Ларюшин Н.П., Шуков А.В.
ОБОСНОВАНИЕ РАССТОЯНИЯ ОТ ПЛОСКОСТИ ОТВЕРСТИЯ НАПРАВИТЕЛЯ СЕМЯН ДО ВЕРТИКАЛНОЙ ОСИ СИММЕТРИИ КАТКА..... 25

Завражнов А.А., Завражнов А.И., Ланцев В.Ю.
ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО САДОВОДСТВА – СОВРЕМЕННЫЙ ФОРМАТ..... 31

Зинцов А.Н., Ковалев М.М., Соколов В.Н., Перов Г.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЦЕССА КОМЛЕПОДБИВАНИЯ СТЕБЛЕЙ В СЛОЕ ПРИ ОБОРАЧИВАНИИ ЛЕНТ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА 40

ЗазуляА.Н., Макарова О.В., Гаспарян С.В., Борычев С.Н., Макаров В.А.
МЕТОДИКА РАСЧЁТА ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА САЖАЛКИ ДЛЯ ПРОРОЩЕННОГО КАРТОФЕЛЯ..... 50

Насонов С.Ю.
ЛАБОРАТОРНАЯ ОЦЕНКА ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПАССИВНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА КАМНЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ..... 56

Романцова С.В., Гладышева И.В., Вервекина Н.В., Нагорнов С.А., Ликсутина А.П., Корнев А.Ю.
ХИМИЧЕСКИЙ СТРЕСС СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ И СПОСОБ ЕГО СНИЖЕНИЯ..... 64

Никифоров В.Е., Теребова С.В., Симонов Г.А., Филиппова О.Б.
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА DELAVAL, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ОБОРУДОВАНИЕ 73

Доровских Д.В., Глазков Ю.Е.
ОЦЕНКА РАСХОДА РЕСУРСОВ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ КЛИЕНТСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ..... 81

Михальченков А.М., Дьяченко А.В., Михальченкова М.А., Гуцан А.А.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ РЕМОНТНЫХ ВСТАВОК ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ИМПОРТНЫХ ЛЕМЕХОВ КОМПАНИИ «КУН»..... 90

Иванов Н.М., Криков А.М., Немцев А.Е., Федоров А.Г.
ИНТЕГРИРОВАННАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ОСНАЩЕННОСТИ ПУНКТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ АПК..... 96

Ли Р.И., Псарев Д.Н., Киба М.Р., Мельников А.Ю.
ПАРАМЕТРЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ РАСТВОРОВ ЭЛАСТОМЕРНОГО НАНОКОМПОЗИТА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ..... 106

ВоронинН.В., Филатов И.С., Родионов Ю.В., Никитин Д.В., Махмуд М.
ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС ВНЕДРЕНИЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПОВЕРХНОСТЬ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ И ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ ПОЛИМЕРОВ 115

Романцова С.В., Гладышева И.В., Вервекина Н.В., Нагорнов С.А., Ликсутина А.П., Романцов С.Н.
ВЛИЯНИЕ РАЦИОНА, СОДЕРЖАВШЕГО КОНЦЕНТРАТ ИЗ СЕМЯН ЛЬНА, НА ПОКАЗАТЕЛИ АЗОТИСТОГО ОБМЕНА В КРОВИ КОРОВ……...124

CONTENTS

Zazulya A., Latyshenok M., Makarov V., Latyshenok N., Gasparyan S.
THE INFLUENCE OF THE METHOD OF STORAGE OF SEED GRAIN ON THE STRUCTURE OF ITS NATURAL LOSSES 5
Tishaninov K.
JUSTIFICATION OF THE DESIGN AND TECHNOLOGICAL SCHEME GRATING MILL 13
Kapustin V., Rodionov Yu., Polushin I., Skomorokhova A.
IMPROVING THE QUALITY OF ORGANIC FERTILIZERS - THE BASIS OF HARVETS AGRICULTURAL CROPS 17
Zubarev A., Laryushin N., Shukov A.
JUSTIFICATION OF THE DISTANCE FROM THE PLANE OF THE HOLE SEED GUIDE TO VERTICAL AXIS OF THE ROLLER SYMMETRY ……25
Zavrazhnov A., Zavrazhnov A., Lantsev V.
INDUSTRIAL GARDENING ENGINEERING - MODERN FORMAT 31
Zintsov A., Kovalev M., Sokolov V., Perov G.
INVESTIGATION OF THE INNOVATIVE PROCESS OF COMBING STEMS IN A LAYER WHEN WRAPPING FLAX RIBBONS 40
Zazulya A., Makarova O., Gasparyan S., Borychev S., Makarov V.
METHOD OF CALCULATION OF THE SEEDING APPARATUS OF THE SEEDER FOR SPROUTED POTATOES 50
Nasonov S.
LABORATORY ASSESSMENT OF TRACTION RESISTANCE PASSIVE WORKING BODY OF STONE CUTTING MACHINE 56
Romantsova S., Gladysheva I., Vervekina N., Nagornov S., Lixutina A., Kornev A.
CHEMICAL STRESS OF AGRICULTURAL PLANTS AND METHOD OF ITS REDUCTION ... 64
Nikivorov V., Terebova S., Simonov G., Filippova O.
DELAVAL AUTOMATED MILK PRODUCTION TECHNOLOGIES, ENERGY EFFICIENCY AND EQUIPMENT 73
Dorovskikh D., Glazkov Yu.
ESTIMATION OF RESOURCE CONSUMPTION FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF CUSTOMER VEHICLES 81
Mikhalchenkov A., Dyachenko A., Mikhalchenkova M., Gutsan A.
DETERMINING THE SIZE OF REPAIR INSERTS WHEN RESTORING IMPORTED SHEARS OF «KUHN» 90
Ivanov N., Krikov A., Nemtsev A., Fedorov A.
INTEGRATED ELECTRONIC DOCUMENTATION OF EQUIPMENT FOR MAINTENANCE AND TECHNICAL DIAGNOSTICS OF TRUCKS 96
Li R., Psarev D., Kiba M., Melnikov A.
ULTRASONIC DISPERSION PARAMETERS OF ELASTOMERIC NANOCOMPOSITE SOLUTIONS FOR RESTORATION WORN BODY PARTS OF VEHICLES 106
Voronin N., Filatov I., Rodionov Yu., Nikitin D., Mahmood M.
THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE PROCESS OF INTRODUCING FERROMAGNETIC MATERIALS INTO THE SURFACE OF THERMOPLASTIC AND THERMOSETTING POLYMERS FOR AGRICULTURAL MACHINERY PARTS 115
Romantsova S., Gladysheva I., Vervekina N., Nagornov S., Lixutina A., Romantsov S.
CALCULATION OF PHYSICO-CHEMICAL AND OPERATIONAL CHARACTERISTICSBIODIESEL FUELS SYNTHESIZED FROM LIQUID AND SOLID FATS 124

УДК 664.72
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-5-12

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ХРАНЕНИЯ СЕМЕННОГО ЗЕРНА НА СТРУКТУРУ ЕГО ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОТЕРЬ

[1]Зазуля Александр Николаевич
[2]Латышенок Михаил Борисович
[2]Макаров Валентин Алексеевич
[2]Латышенок Надежда Михайловна
[3]Гаспарян Светлана Валентиновна

[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
[2]Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева.
[3]Академия права и управления ФСИН России

Реферат. *Рассмотрены вопросы выбора и обоснования рационального способа хранения семенного зерна в различных условиях для малых и средних фермерских хозяйств. Для исследования выбраны репродуктивные семена яровой пшеницы сорта «КВС Аквилон». Изучали следующие способы хранения: зерносклад, элеватор, контейнер с регулируемой средой (под навесом, в зерноскладе). Из анализа полученных данных следует, что естественная убыль семенного зерна, с определённой долей вероятности, равна нормативному значению, что свидетельствует об отсутствии нарушений технологии хранения семенного зерна во всех исследуемых случаях. При исследованиях в контейнерах наблюдали возникновение в процессе хранения условий, при которых зерно из-за недостатка кислорода в газовой смеси в межзерновом пространстве было вынуждено перейти на анаэробное дыхание. Потери за счет расходования твердого вещества (невосполнимые) составили 25-34% от общих естественных потерь. Восполняемые потери за счет снижения влажности зерна при хранении насыпью на складе были 10 - 20%. При хранении в таре убыль семенного зерна за счет уменьшения частоты была незначительной (17%) из-за увеличения сорных примесей при механическом воздействии на мешок с зерном при его перекладке. Основную долю естественной убыли зерна при хранении в затаренном виде составляли выполнимые потери за счёт снижения влажности зерна (74 - 76%). Потери от понижения частоты семян имели показатель весомости 12-15% и были связаны с развитием насекомых вредителей в зерновой насыпи. Восполняемые потери от снижения влажности зерна составили 10% от общих естественных потерь зерна при хранении. В целом, применение оценочных показателей на основе проведенных исследований позволили дать объективную оценку качественных показателей семенного зерна в процессе сезонного хранения.*

Ключевые слова: *хранение, семенное зерно, качественные показатели, весомость, естественная убыль.*

THE INFLUENCE OF THE METHOD OF STORAGE OF SEED GRAIN ON THE STRUCTURE OF ITS NATURAL LOSSES

[1]Zazulya Alexander
[2]Latyshenok Mikhail
[2]Makarov Valentin
[2]Latyshenok Nadezhda
[3]Gasparyan Svetlana

[1]All-Russian Scientific and Research Institute of Use of Techniques and Oil Products in Agriculture
[2]Ryazan state agrotechnological university named after P. A. Kostychev
[3]Academy of law and management of the federal penitentiary service of Russia

Abstract. *The questions of the choice and substantiation of a rational method of storing seed grain in various conditions for small and medium-sized farms are considered. Reproductive seeds of spring wheat*

variety "KVS Akvilon" were selected for research. The following storage methods: grain storage, elevator, container with a controlled environment (under a canopy, in a grain storage) were studied. From the analysis of the data obtained, it follows that the natural loss of seed grain, with a certain degree of probability, is equal to the standard value, which indicates the absence of violations of the storage technology of seed grain in all cases studied. The appearance during storage of conditions under which the grain, due to the lack of oxygen in the gas mixture in the intergranular space, was forced to switch to anaerobic respiration, was observed during studies in containers. Losses due to the consumption of solids (irreplaceable) amounted to 25-34% of the total natural losses. The recoverable losses due to the decrease in grain moisture during storage in bulk in the warehouse were 10 - 20%. The decrease in seed grain during storage in a container due to a decrease in frequency was insignificant (17%) due to an increase in trash impurities during mechanical action on a bag with grain during its transfer. The main share of the natural loss of grain during storage in bagged form was made up of feasible losses due to a decrease in grain moisture (74 - 76%). Losses from a decrease in the frequency of seeds had a weight index of 12-15% and were associated with the development of insect pests in the grain mound. Recoverable losses from a decrease in grain moisture amounted to 10% of the total natural losses of grain during storage. In general, the use of estimated indicators based on the studies carried out made it possible to give an objective assessment of the quality indicators of seed grain in the process of seasonal storage.

Key words: *storage, seed grain, quality indicators, weight, natural loss.*

Введение. В современных условия развития агропромышленного комплекса, из-за отсутствия надлежащей материально-технической базы и научно обоснованных способов хранения семян, средние и малые крестьянско-фермерские хозяйства столкнулись с проблемой сезонного хранения семенного фонда, что представляет сложный физиологический и динамический процесс, во время которого зерно и особенно семенное может изменять свои свойства и обычно в худшую сторону. Многие сельские товаропроизводители видят решение этой проблемы в передаче своих семенных фондов на ответственное хранение на элеваторы, где в процессе хранения зерно обычно теряет свою физическую массу и качество. Это приводит к разногласиям между владельцами элеваторов и зерно сдатчиками.

Существует взаимосвязь между двумя основными видами потерь зерна (потери в массе и в качестве) в период хранения. О потерях в массе судят по уменьшению количества хранящегося семенного зерна из-за просыпки и травмирования при выполнении работ во время транспортировки и подработки зерновой массы в период хранения. Потери в качестве определяются по уменьшению содержания в продуктах полезных веществ, и снижению их потребительной стоимости. При хранении семенного зерна к этим потерям относятся уничтожение зерна в процессе его хранения птицами, грызунами и насекомыми, развитие микроорганизмов в зерновой массе, анаэробное дыхание зерна, а также потеря репродуктивных свойств зерна.

Из всех перечисленных потерь зерна при хранении лишь некоторые являются неизбежными. Их нельзя полностью устранить, сохраняя семенное зерно в живом виде, это потери представляют естественную убыль зерна. Естественная убыль по природе складывается из механических и биологических потерь. Неизбежную механическую потерю вызывает распыл минеральной и зерновой пыли при перемещении и вентиляции зерна. Биологические потери связаны со снижением массы зерна в процессе его дыхания, которое может потребовать расходования сухих веществ при изменении состава межзерновой воздушной смеси и переходе зерна на анаэробное дыхание, а также потери, возникшие в результате усушки зерна.

В свою очередь все потери зерна можно разделить на две категории: не восполняемые и восполняемые. К восполняемым потерям семенного зерна в процессе его хранения относятся только потери, связанные со снижением влажности семенного зерна. Все остальные потери являются не восстанавливаемыми.

Цель исследований – выбор и обоснование рационального способа хранения семенного зерна в различных условиях для малых и средних фермерских хозяйств.

Материалы и методы. Фактическая убыль зерна устанавливалась путем взвешивания контрольной пробы зерна и рассчитывается по формуле

$$Z_{фак} = M_1 - M_2 , \quad (1)$$

где $Z_{фак}$ – фактическая убыль зерна за время хранения, кг; M_1 – масса зерна по приходу на хранение, кг; M_2 – масса зерна по расходу после хранения, кг.

Соблюдение нормы естественной убыли свидетельствует о соблюдении требований технологии хранения зерна на элеваторах, но при возникновении спорных ситуаций рекомендуется использовать дополнительный ряд оценочных показателей.

Весомость потерь зерна из-за снижения его влажности определялась из выражения

$$\Delta\varphi = \frac{(\varphi 1 - \varphi 2)}{\varphi 1} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $\Delta\varphi$ – весомость потерь зерна из-за снижения его влажности, %; φ_1 – влажность зерна по приходу, %; φ_2 – влажность зерна по расходу, %.

Весомость потерь зерна из-за повышения количества сорной примеси (ΔC) определяют по формуле:

$$\Delta C = \frac{(\chi 1 - \chi 2)}{\chi 1} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где χ_1 – чистота семенного зерна по приходу, %; χ_2 – чистота семенного зерна по расходу, %.

Весомость потерь зерна за счет расходования сухих веществ зерна на его дыхание *(ΔД)* определялась из выражения

$$\Delta Д = \frac{(m1 - m2)}{m1} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где m_1 – масса 1000 семян по приходу на хранение, кг; m_2 - масса 1000 семян по расходу после хранения, кг.

Показатель весомости и причины возникновения естественной убыли зерна определялись, как отношение весомости *i*–ой причины к сумме весомостей всех причин естественной убыли при*j*-ой способе хранения семенного зерна

$$U_{ij} = \frac{Yij}{\Sigma Yij} \cdot 100\% \quad (5)$$

где U_{ij} - показатель весомости *i* –ой причины естественной убыли зерна при j-ой способе хранения семенного зерна, %;

В качестве исследуемого материала были взяты репродуктивные семена яровой пшеницы сорта «КВС Аквилон», полученные от последующего пересева элитных семян третьего поколения для семенных целей. Репродуктивные семена категории РС-3 перед закладкой зерна на хранение имели следующие сортовые и посевные качества: сортовая частота - ≥ 98%; чистота семян - ≥ 98%; содержание семян других растений -≥ 40 шт./кг; лабораторная всхожесть не менее 92 %; влажность семян до 15%, а для закладываемых на хранение сроком более 12 месяцев в металлических силосах не более 12%.

Определение частоты, влажности, массы 1000 семян, зараженности болезнями, зараженность вредителями, жизнестойкости и лабораторной всхожести проводилась по методикам государственных стандартов [1-3].

Для наблюдений за состоянием зерна в силосах и контейнерах делались специальные отверстия с плотно завинчивающимися крышками. Периодичность наблюдения за температурой семян устанавливалась в зависимости от наивысшей температуры, обнаруженной в отдельных слоях зерновой насыпи. При температуре насыпи была менее 10 ^{0}С, то наблюдение проводилось 1 раз в 15 дней, если 10 – 20 ^{0}С, то 1 раз в 10 дней, если более 20 ^{0}С 1 раз в 7 дней. По повышению температуры семенного зерна, не связанному с изменением температуры окружающей среды судят о начале активной вентиляции зерновой массы с целью её охлаждения. Температуру зерновой насыпи в этом случае контролируют ежедневно.

Влажность семенного зерна, хранящегося в зерноскладе или силосе, контролировалась через каждые 10 дней с помощью влагомера ИВДМ-2-01.

Для определения постороннего запаха зерна отобранную из средней пробы навеску зерна с массой около 100 г помещали на сито и пропаривали в течение 2-3 минут над сосудом с кипящей

водой. Затем пропаренное зерно помещали на чистый лист бумаги и определяли наличие постороннего запаха по ГОСТ 10967-90.

Для определения степени обесцвечивания зерна отбиралась навеска массой около 20 г, очищенную от сорных и зерновых примесей. Сравнения проводилось визуально при рассеянном дневном свете.

Определения зараженности болезнями и вредителями проводилась на станции защиты растений в соответствии с методиками, указанными в государственных стандартах по ГОСТ 120044, 120045, 13586.6.

Содержание зерен каждой стадии обесцвечивания вычисляли в по формуле (%):

$$X = (m \cdot 100)/M, \quad (6)$$

где m – масса с полной потерей блеска и обесцвечиваемости в области спинки и бочков зерна, г; M – масса навески, г.

При определении степени обесцвечивания зерна опирались на требования ГОСТ10967-90.

Посевные качества зерна устанавливались в соответствии с требованиями государственным стандартом ГОСТ 52325-2005.

Для определения массы контрольной пробы зерна было проведено пятикратное взвешивание точечных проб зерна, взятых на глубине 30…50 см от поверхности зерновой насыпи.

Результаты и их обсуждение. За время хранения наблюдалась естественная убыль массы семенного зерна, нормы которой были определены в соответствии с приказом Минсельхоза РФ №3 от14 января 2009 года применительно к условиям второй климатической зоны, и представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Естественная убыль семенного зерна в зависимости от способа его хранения

Показатель, %.	Способ и продолжительность хранения семенного зерна									
	Зерносклад				Элеватор		Контейнер с регулируемой воздушной средой			
	Насыпью		В таре				Под навесом		В зерноскладе	
	8 мес	20 мес.	8 мес.	20 мес.	8 мес.	20 мес.	8 мес	20 мес.	8 мес	20 мес.
Нормативная естественная убыль, $Z_{нор}$	0,1	0,15	0,07	0,12	0,07	0.13	-	-	-	-
Фактическая естественная убыль, $Z_{фак}$	0,103	0,157	0,068	0,112	0.071	0,136	0,061	0,122	0,064	0,117
Весомость потерь из-за снижения влажности, $\Delta\varphi$	0,030	0,051	0.044	0.09	0.011	0.04	0.056	0,111	0.057	0,107
Весомость потерь за счет сорных примесей, ΔC	0,041	0.043	0.005	0.01	0.012	0.01	0,002	0,006	0,003	0,005
Весомость потерь за счет расходования сухих веществ на дыхание зерна, $\Delta Д$	0,029	0,053	0.019	0.012	0,048	0,086	0,003	0.005	0,004	0.005

Анализ представленных в таблице 1. результатов показал, что естественная убыль семенного зерна, с определённой долей вероятности, была равна нормативному значению. Это свидетельствовало о том, что в процессе проведения экспериментов по каждому исследуемому способу хранения не была нарушена технология хранения семенного зерна.

Для изучения структуры естественной убыли зерна было проведены замеры и сделаны расчеты потерь массы зерна во время хранения и показателей весомости факторов, определяющих эти потери (таблица 2).

Таблица 2 – Показателей качества семенного зерна яровой пшеницы сорта «КВС Аквилон» после хранения.

Наименование показателя качества семенного зерна	Способ хранения семенного зерна, месяцы									
	Склад				Элеватор			Контейнер с регулируемой воздушной средой		
	Насыпью		В таре					Под навесом	В складе	
	8	20.	8	20	8	20	8	20	8	20
Частота семян, %	93,6	90,4	97,1	96,3	97,4	93.9	98,0	97,6	97,9	97,7
Влажность, %	14.1	13,8	13,5	13,0	14,4	14,7	13.8	13,2	13,8	13,5
Лабораторная всхожесть, %	90.9	87.6	95.4	92.1	82,5	69.3	96.8	94.7	96.9	95.2
Живучесть, %	91.5	89.5	96.4	94.3	87.5	83.6	96.5	94.1	96.3	94.9
Масса 1000 семян, грамм	35,6	34,7	36,1	35,9	34,2	32,4	35,9	35,8	36,1	36,0
Зараженность болезнями, %	0.2	0.5	0.2	0.3	3.9	6.8	0.1	-	0.2	0.1
Зараженность насекомыми вредителями, шт./кг	19,2	36,6	4,4	8,0	24,8	39,9	2,1	2,2	2,4	2,8
Цвет семян *X*, %	12.8	20.2	7.1	8.4	22.8	32.4	4.2	5.2	4.8	5.0
Запах семян	Слабый амбарный	амбарный	нет	нет	амбарный	Сильный амбарный	нет	нет	нет	нет

Для исследований использовали статистический критерий Пирсона. Так как расчётное значение критерия Пирсона оказалось больше табличного с уровнем надёжности $P = 0,95$, то был сделан вывод о неслучайном совпадении результатов исследования естественной убыли зерна в период его хранения. Результаты расчетов представлены в виде круговых диаграмм на рисунке 1 обслуживающего персонала по зерновой массе при установке и перемещению оборудования для активного вентилирования зерна на дыхание семян.

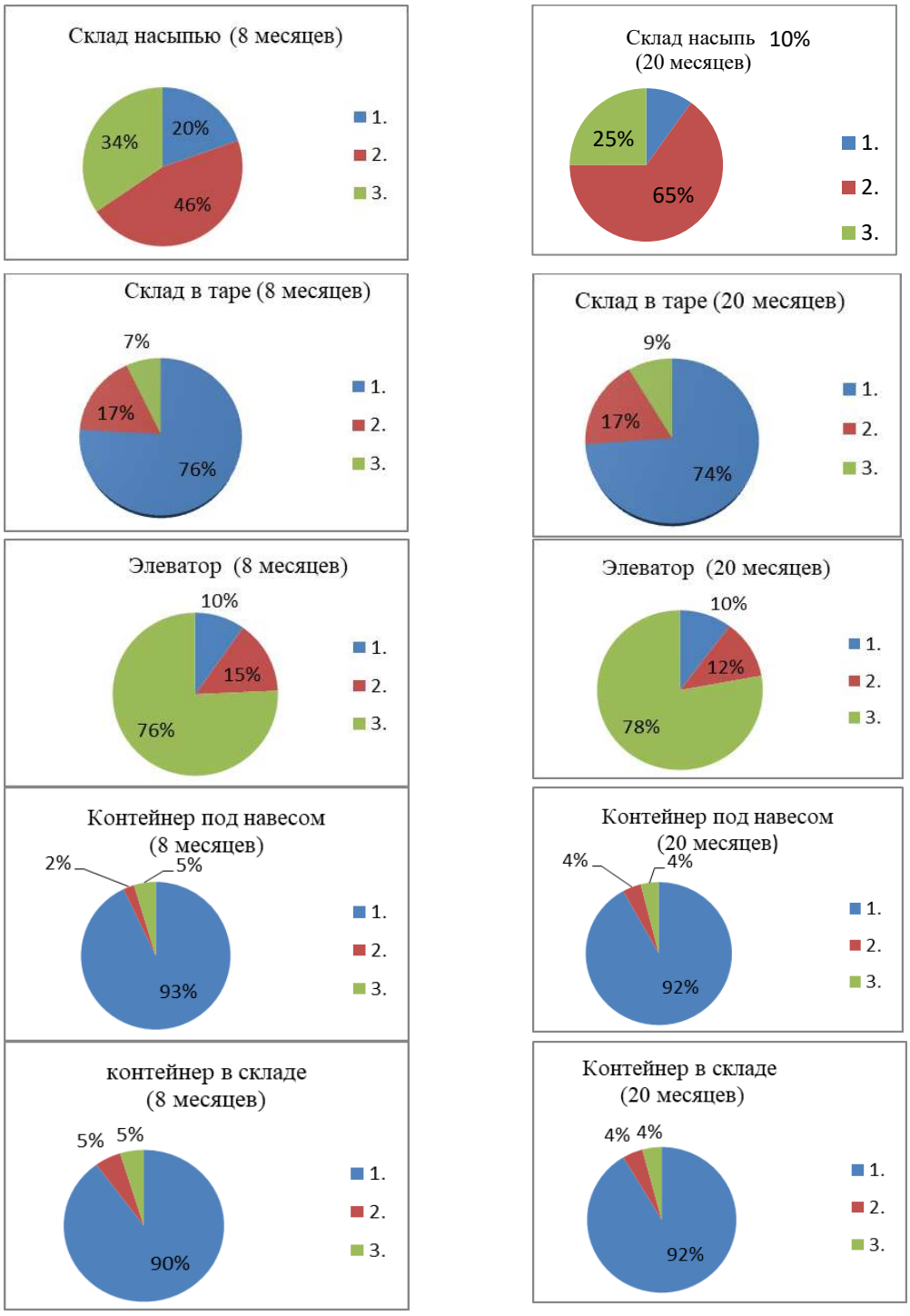
Это свидетельствует о возникновении в процессе хранения условий, при которых зерно из-за недостатка кислорода в газовой смеси в межзерновом пространстве было вынуждено перейти на анаэробное дыхание. Потери за счет расходования твердого вещества составили 25…34% от общих естественных потерь. Потери от снижения частоты зерна и расходования твердого вещества на его дыхания являются невосполнимыми.

Восполняемые потери за счет снижения влажности зерна при хранении зерна насыпью в складе составляли 10 - 20%.

При хранении семенного зерна в таре (мешки из полипропиленовой ткани) убыль зерна за счет уменьшения частоты зерна были незначительной, и составляла в структуре потерь примерно 17% и было связана с увеличением сорных примесей при механическом воздействии на мешок с зерном при его перекладке.

Расход сухих веществ на дыхание зерна наблюдался, но его величина была не критична и составляла 7 % через 8 месяцев хранения и 9 % через 20 месяцев хранения, так как полипропиленовая ткань не герметична и позволяла хоть и ограничено осуществлять естественную вентиляцию межзернового пространства.

Основную долю естественной убыли зерна при хранении зерна в затаренном виде составляли выполнимые потери за счёт снижения влажности зерна (74 - 76%), которые могли быть устранены в ходе подготовки семян к посеву.



Показатель потерь зерна за счет: 1- изменения его влажности; 2 - изменения чистоты; 3 – расхода твердого вещества на дыхание

Рисунок 1 – Диаграммы изменения показателей весомости естественных потерь зерна, при различных способах и сроках его хранения

После хранения семенного зерна в металлическом элеваторе оно имело щуплый вид и самые значительные изменения органолептических свойств по сравнению с другими способами хранения. Сравнительный анализ показателей весомости естественных потерь показал, что наибольшие потери были связаны с расходованием твердого вещества на дыхание семян (показатель весомости составил 76…78%).

Эти потери были вызваны накоплением углекислого газа в придонном слое внутри элеватора и переходом зерна находящегося в этом слое на анаэробное дыхание.

Потери от понижения частоты семян имели показатель весомости 12-15% и были связаны с развитием насекомых вредителей в зерновой насыпи. Восполняемые потери от снижения влажности зерна составили 10% от общих естественных потерь зерна при хранении.

Потери массы семенного зерна при его хранении в герметичном металлическом контейнере с регулируемой воздушной средой из всех исследуемых способах хранения имели минимальное значение сопоставимого только со способом хранения зерна в затаренном виде. Основную долю в структуре этих потерь составили потери от изменения влажности семян, она была равна 90…92% и не зависима от срока хранения.

Потери от изменения частоты семян и расходования твердого вещества зерна на его дыхание были приблизительно равны. В сумме они составляли 8…10%.

Вывод. Применение дополнительных оценочных показателей количества и качества семенного зерна позволит дать более объективную оценку причин потерь зерна во время его хранения и обосновать наиболее рациональный способ и технологию хранения и снизит количество трудовых споров между владельцами элеваторов и хлеборобом.

Список литературы

1. Лабораторные исследования сохранности семенного зерна в контейнере с разряженной атмосферой [Текст] М.Б. Латышенок, М.Ю. Костенко, Н.М. Латышенок, А.В. Ивашкин //Вестник РГАТУ. – 2018. №3 - С 98-102

2. Результаты исследований жизнедеятельности насекомых-вредителей в период хранения зерна в контейнере с разряженной атмосферой [Текст] М.Б. Латышенок., М.Ю. Костенко, Н.М., Латышенок, А.В. Ивашкин //Вестник РГАТУ. – 2019. №1 – С 119-124

3. Особенности вентиляции зерновой насыпи находящейся на хранении в герметичном силосе с регулируемой воздушной средой [Текст] М.Б. Латышенок., В.А. Макаров, Н.М., Латышенок, А.А. Слободскова, А.В. Ивашкин // Наука в центральной России. Тамбов. 2020 №3 С40-46

4. Пат.2713802. Устройство хранения зерна в регулируемой воздушной среде и способ его осуществления/ Латышенок М.Б., Ивашкин А.В., Латышенок Н.М., Биленко В.А., Голубенко М.И.;заявители и патентообладатели Латышенок М.Б., Ивашкин А.В., Латышенок Н.М., Биленко В.А., Голубенко М.И. - № 2019112936; заяв. 26.04.19; опубл.07.02.2020 Бюл. №4.

5. Мачихина, Л.И. Научные основы продовольственной безопасности зерна (хранение и переработка) /Л.И. Мачихина, Л.В. Алексеева, Л.С. Львова. М.: ДеЛипринт, 2007. – 382 с.

6. Amcost, 2006. Technologies to reduce post-harvest food loss. The African Ministerial Council on Science and Technology (AMCOST) of the African Union (AU), Pretoria, South Africa http://www.nepadst.org//platforms/ foodloss.shtml [5] C. O, .Anyim, (1991).

7. Benavides, C. Design of grain handling and storage facilities for tropical counters / C. Benavides, Don Sup Chung // Food and feed Grain Institute. – Manhattan, 1989.

8. Prospects and method of seed grain storage in a container with gasregulating medium To cite this article: N V Byshov M B Latyshenok, V A Makarov , N M Latyshenok et al 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 624 012118

References

1. Laboratornye issledovaniya sohrannosti semennogo zerna v kontejnere s razryazhennoj atmosferoj [Tekst] M.B. Latyshenok, M.YU. Kostenko, N.M. Latyshenok, A.V. Ivashkin //Vestnik RGATU. – 2018. №3 - S 98-102

2. Rezul'taty issledovanij zhiznedeyatel'nosti nasekomyh-vreditelej v period hraneniya zerna v kontejnere s razryazhennoj atmosferoj [Tekst] M.B. Latyshenok., M.YU. Kostenko, N.M., Latyshenok, A.V. Ivashkin //Vestnik RGATU. – 2019. №1 – S 119-124

3. Osobennosti ventilyacii zernovoj nasypi nahodyashchejsya na hranenii v germetichnom silose s reguliruemoj vozdushnoj sredoj [Tekst] M.B. Latyshenok., V.A. Makarov, N.M., Latyshenok, A.A. Slobodskova, A.V. Ivashkin // Nauka v central'noj Rossii. Tambov. 2020 №3 S40-46

4. Pat.2713802. Ustrojstvo hraneniya zerna v reguliruemoj vozdushnoj srede i sposob ego osushchestvleniya/ Latyshenok M.B., Ivashkin A.V., Latyshenok N.M., Bilenko V.A., Golubenko M.I.; zayaviteli i patentoobladateli Latyshenok M.B., Ivashkin A.V., Latyshenok N.M., Bilenko V.A., Golubenko M.I. - № 2019112936; zayav. 26.04.19; opubl.07.02.2020 Byul. №4.

5. Machihina, L.I. Nauchnye osnovy prodovol'stvennoj bezopasnosti zerna (hranenie i pererabotka) /L.I. Machihina, L.V. Alekseeva, L.S. L'vova. M.: DeLiprint, 2007. – 382 s.

6. Amcost, 2006. Technologies to reduce post-harvest food loss. The African Ministerial Council on Science and Technology (AMCOST) of the African Union (AU), Pretoria, South Africa http://www.nepadst.org//platforms/ foodloss.shtml [5] C. O, .Anyim, (1991).

7. Benavides, C. Design of grain handling and storage facilities for tropical counters / C. Benavides, Don Sup Chung // Food and feed Grain Institute. – Manhattan, 1989.

8. Prospects and method of seed grain storage in a container with gasregulating medium To cite this article: N V Byshov M B Latyshenok, V A Makarov , N M Latyshenok et al 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 624 012118

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Зазуля Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор, директор Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: zazulja_an@rambler.ru.

Латышенок Михаил Борисович – доктор технических наук, профессор Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, Россия, г. Рязань, e-mail: l907073@yandex.ru.

Макаров Валентин Алексеевич – доктор технических наук, профессор Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, Россия, г. Рязань, e-mail: va_makarov@rambler.ru.

Латышенок Надежда Михайловна – кандидат технических наук, доцент Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, Россия, г. Рязань, e-mail: t921621@mail.ru.

Гаспарян Светлана Валентиновна – кандидат экономических наук, доцент Академии права и управления ФСИН России, Россия, г. Рязань, e-mail: gasparyan.svetlana@yandex.ru.

Author credentials

Affiliations

Zazulya Alexander – Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of All-Russian Scientific and Research Institute of Use of Techniques and Oil Products in Agriculture, Russia, Tambov, e-mail: zazulja_an@rambler.ru.

Latyshenok Mikhail – Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostycheva, Russia, Ryazan, e-mail: l907073@yandex.ru.

Makarov Valentin – Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostycheva, Russia, Ryazan, e-mail: va_makarov@rambler.ru.

Latyshenok Nadezhda – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostycheva, Russia, Ryazan, e-mail: t921621@mail.ru.

Gasparyan Svetlana – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Academy of law and management of the federal penitentiary service of Russia, Russia, Ryazan, e-mail: gasparyan.svetlana@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 23.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 16.08.2021

УДК 631.303
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-13-17

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ РЕШЕТНОГО СТАНА

[1]Тишанинов Константин Николаевич
[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. *На предыдущих этапах исследований воздушно-решетной очистки зерна в составе послеуборочной доочистки установлены основные факторы, влияющие на эффективность сепарации зерна. Установлено, что эффективность решетной очистки увеличивается вместе с длиной решета и скоростью грохота и падает с увеличением загрузки. Эффективность воздушной очистки зависит от ширины пневмоканала, квадрата скорости воздушного потока и удельной загрузки. Найдены основные резервы для повышения качества сепарации зерна, связанные с возможностью увеличения длины решет при тех же габаритных размерах решетного стана. Не смотря на то, что большинство зерноочистительных машин используют многоярусное расположение решет, была доказана перспективность последовательной очистки зерна от мелкой и крупной примеси. Установлено, согласно методике теории решения инженерных задач, что дальнейшим развитием послеуборочной очистки зерна является переход в надсистему комбайна, то есть перенос технологий воздушно-решетной очистки в зерноуборочный комбайн. Согласно законам развития технических систем послеуборочная очистка зерна должна отсутствовать, а ее функцию выполнять зерноуборочный комбайн. Разработан решетный стан, содержащий основные предложенные инновации (переложение функции фракционирования на первое колосовое решето, увеличение длины сепарирующих решет, использование круглых отверстий увеличенного диаметра для сортировальных решет). Данный решетный стан рекомендован для использования в технологии комбайновой очистки зерна.*

Ключевые слова: *воздушно-решетная очистка зерна, решетный стан.*

JUSTIFICATION OF THE DESIGN AND TECHNOLOGICAL SCHEME GRATING MILL

[1]Tishaninov Konstantin
[1]All-Russian Scientific and Research Institute of Use of Techniques and Oil Products in Agriculture

Abstract. *The main factors affecting the efficiency of grain separation were established at the previous stages of studies of air-sieve cleaning of grain as part of post-harvest post-cleaning. It was found that the efficiency of the screen cleaning increases with the length of the screen and the speed of the screen and decreases with the increase in the load. The efficiency of air cleaning depends on the width of the pneumatic channel, the square of the air flow rate and the specific load. The main reserves for improving the quality of grain separation associated with the possibility of increasing the length of the sieves with the same overall dimensions of the sieve mill have been found. The prospect of sequential cleaning of grain from small and large impurities has been proven, despite the fact that most grain cleaning machines use a multi-tier arrangement of sieves. According to the methodology of the theory of solving engineering problems, it has been established that the further development of post-harvest grain cleaning is the transition to the super-system of the combine, that is, the transfer of air-screen cleaning technologies to the combine harvester. According to the laws of development of technical systems, post-harvest grain cleaning should be absent, and its function should be performed by a combine harvester. A sieve mill containing the main proposed innovations (shifting the fractionation function to the first spike sieve, increasing the length of the separating sieves, using round holes with an increased diameter for sorting sieves has been developed. This sieve mill is recommended for use in combine grain cleaning technology.*

Keywords: *air-sieve cleaning of grain, sieve mill.*

Введение. В производстве зерна важное значение имеет технология его послеуборочной очистки зерна [1-4]. Перспектива развития технологии заключается в создании эффективного зерноочистительного оборудования для первичной и вторичной очисток зерна от примесей. Альтернативным направлением решения проблемы является улучшение технологии комбайновой очистки. Поэтому развитие технологии послеуборочной очистки зерна неизбежно влияет на развитие комбайновой очистки, так как в обоих случаях применяются сходные методы и средства.

В работе [5] нами был предложен ряд технических решений, которые можно применять и в технологии комбайновой очистки зерна. Предложенная нами зерноочистительная машина состояла из устройства ввода, канала аспирации, диаметрального вентилятора, двух параллельных решетных станов, осадочной камеры, каналов вывода. Причем, как фракционный пневмоканал с расширительным участком был выполнен канал аспирации. Вибролоток служит устройством ввода, а в осадочной камере имеется два отсека, которые служат для фуража и отходов. Из двух одинаковых модулей решет состоят решетные станы. Они включают два сортировальных решета с круглыми отверстиями увеличенного диаметра и одно колосовое решето с продольными отверстиями. В данной работе разрабатывали новый решетный стан, улучшающий комбайновую очистку зерна.

Результаты и обсуждение. В предложенной нами машине (рисунок 1) функция фракционирования была переложена на аспирационную систему, а решетный стан состоял из двух модулей (для очистки мелкого и крупного зерна), содержащих два сортировальных и одно колосовое решето, расположенные последовательно.

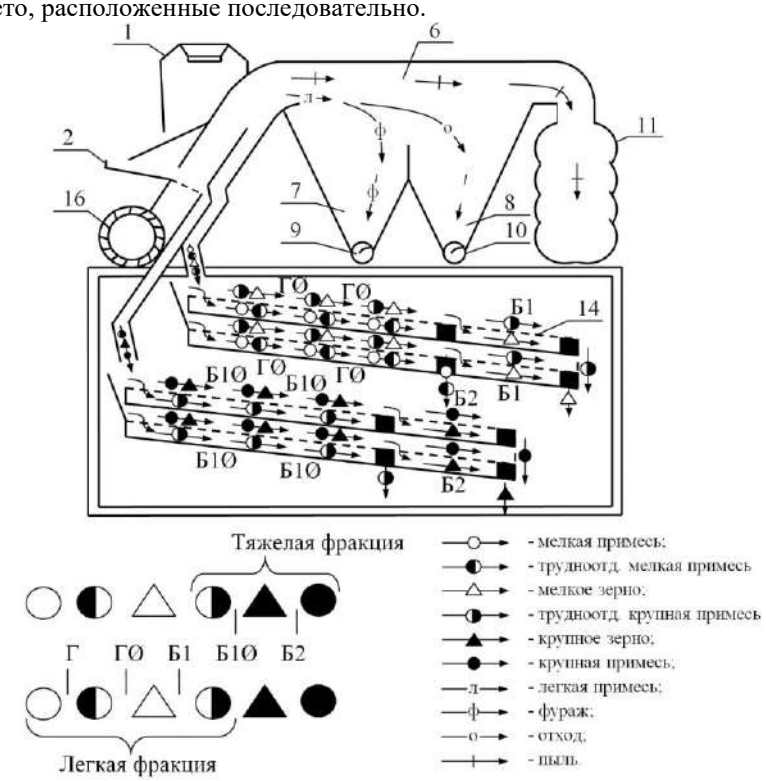


Рисунок 1 – Конструктивная схема фракционной воздушно-решетной машины

Основные инновации предложенной технологии в: переложении функции фракционирования на аспирационную систему, увеличении длины сепарирующих решет, использовании круглых отверстий увеличенного диаметра для сортировальных решет.

Если рассмотреть другие зерноочистительные машины, то большинство из них (МС-4,5, ЗВС-20А, ОВС-25, СВУ-5А, К-527А, К-547А, К-548, МЗП-50, К-218, МПО-50, ЗД-10.000, ЗСМ-50, К-531) имеют решетный стан с двух-трех ярусным расположением решет (рисунок 2).

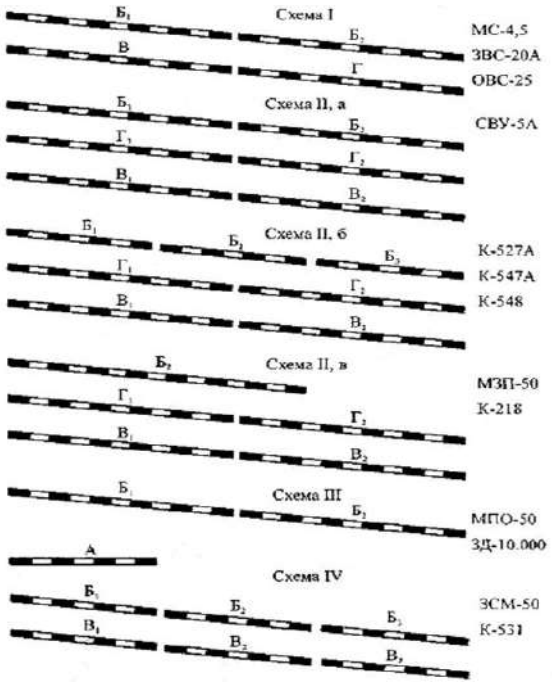


Рисунок 2 – Схемы расположения решет в современных зерноочистительных машинах

Такое расположение решет менее эффективно, чем одноярусное, так как проход с верхнего яруса попадает на верхний слой очищаемого зерна и не попадает в активный слой, в котором происходит выделение примеси. Таким образом снижается эффективность решетной очистки. Более предпочтительным расположением решет является одноярусное, когда зерно последовательно очищается от крупной и мелкой примеси. В зерноочистительной машине, разработанной авторами ранее (рисунок 1) решетные станы выполнены с двумя одинаковыми модулями одноярусных решет. Данный принцип предлагается нами для создания новой конструкции решетного стана.

Но повышение эффективности решетной очистки не должно сопровождаться увеличением габаритов зерноочистительной машины. Для этого необходимо изыскать резервы повышения качества решетной очистки. Эту задачу необходимо решать, понимая от чего зависит эффективность решетной очистки. В работах [6, 7] нами были установлены функциональные зависимости и определены наиболее значимые факторы, влияющие на эффективность воздушной и решетной очисток зерна.

Функциональная зависимость для решетной очистки выглядит следующим образом:

$$E = 1 + K_{11} \cdot V - K_{12} \cdot K_{13}{}^{L} - (K_{14} \cdot q - K_{15}), \quad (1)$$

где Е- эффективность решетной очистки, %; V – амплитудное значение скорости решетного стана, м/с; L – длина сепарирующих решет, м; q - удельная нагрузка на решето, кг/м^2·с; K_{11}, K_{12}, K_{13}, K_{14}, K_{15} - коэффициенты соответствия.

С увеличением скорости грохота (V) до некоторого предельного значения эффективность (Е) линейно растет. Дальнейшее увеличение скорости решетного стана приводит к падению значения эффективности решетной очистки. Увеличение удельной нагрузки сопровождается линейным падением эффективности, а увеличение длины решет увеличивает ее.

Функциональная зависимость для воздушной очистки следующая [3]:

$$E = 1 - K_{21} \cdot K_{22}{}^{B \cdot V_в{}^2} - (K_{23} \cdot q - K_{24}), \quad (2)$$

где Е- эффективность воздушной очистки, %; K_{21}, K_{22}, K_{23}, K_{24} – коэффициенты соответствия; В – ширина пневмоканала, м; $V_в$ – скорость воздушного потока в пнемоканале, м/с; q - удельная загрузка пнемоканала, кг/м^2·с.

Из формулы (1) видно, что для повышения эффективности процесса необходимо увеличить длину сортировальных решет, не увеличивая габариты решетного стана. Такой решетный стан показан на рисунке 3.

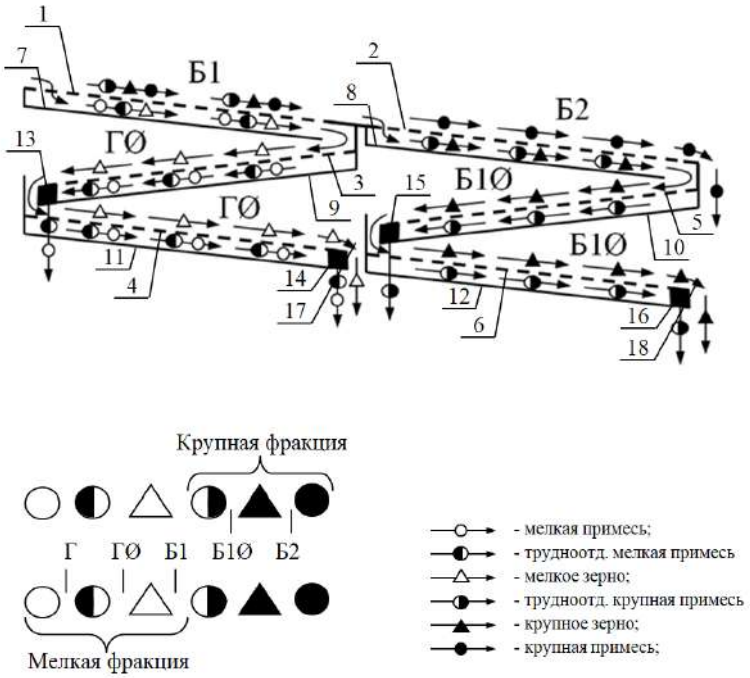


Рисунок 3 – Конструктивно-технологическая схема нового решетного стана

Решетный стан содержит: колосовые решета 1, 2; сортировальные решета 3, 4, 5, 6; поддоны 7, 8, 9, 10, 11, 12; выгрузки зерновой массы 13, 14, 15, 16, 17, 18.

Функция фракционирования выполняется первым решетом Б1, которое делит поток зерна на мелкое и крупное зерно. Колосовое решето и два сортировальных с круглыми отверстиями Б1Ø последовательно очищают крупное зерно, которое сходом поступает на колосовое решето Б2. Мелкое зерно идет проходом через Б1 и очищается последовательно колосовым Б1 и двумя сортировальными решетами ГØ.

Формулу (2) использовали для поиска резервов для повышения качества очистки зерна.

Выводы. Предложенный решетный стан содержит в два раза больше сортировальных решет, причем сортировальные и колосовые решета расположены последовательно. Данный решетный стан повышает качество решетной очистки при тех же габаритных размерах, что и решетный стан ЗВС-20А и может быть использован в технологии комбайновой очистки зерна.

Список литературы

1. Ф.Д. Братерский, С.А. Карабанов. Послеуборочная обработка зерна – М.:Агропромиздат, 1986.

2. Тарасенко А. П. Совершенствование послеуборочной обработки семян зерновых культур / А. П. Тарасенко, В. И. Оробинский, М. Э. Мерчалова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1999. - № 12. - С. 27-28.

3. Косилов Н.И., Пивень В.В. Технологические возможности модернизации и создания перспективных поточных линий для послеуборочной обработки зерна // Вестник Челябинского ГАУ.- 2000. - Т.31. - С. 28 - 31.

4. Рябухина Н.В., Нуждина М.В. Значение послеуборочной обработки зерна// Азимут научных исследований: экономика и управление.-2015. №1(10).- С.112-113.

5. Тишанинов К.Н. Обоснование конструктивно-технологической схемы фракционной воздушно-решетной машины // Наука в центральной России. – 2018. №1(31). - С. 5-14.

6. Тишанинов К.Н. Исследование предельной скорости решета с помощью компьютерной модели грохота // Наука в центральной России. – 2017. №5(29). - С. 12 - 21.

7. Тишанинов К.Н. Теоретическое обоснование эффективности процесса пневмосепарирования зерна // Наука в центральной России. – 2020. №2(44).- С. 52 - 58.

References

1. F.D. Braterskij, S.A. Karabanov. Posleuborochnaya obrabotka zerna – M.:Agropromizdat, 1986.

2. Tarasenko A. P. Sovershenstvovanie posleuborochnoj obrabotki semyan zernovyh kul'tur / A. P. Tarasenko, V. I. Orobinskij, M. E. Merchalova // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. - 1999. - № 12. - S. 27-28.

3. Kosilov N.I., Piven' V.V. Tekhnologicheskie vozmozhnosti modernizacii i sozdaniya perspektivnyh potochnyh linij dlya posleuborochnoj obrabotki zerna // Vestnik CHelyabinskogo GAU.- 2000. - T.31. - S. 28 - 31.

4. Ryabuhina N.V., Nuzhdina M.V. Znachenie posleuborochnoj obrabotki zerna// Azimut nauchnyh issledovanij: ekonomika i upravlenie.-2015. №1(10).- S.112-113.

5. Tishaninov K.N. Obosnovanie konstruktivno-tekhnologicheskoj skhemy frakcionnoj vozdushno-reshetnoj mashiny // Nauka v central'noj Rossii. – 2018. №1(31). - S. 5-14.

6. Tishaninov K.N. Issledovanie predel'noj skorosti resheta s pomoshch'yu komp'yuternoj modeli grohota // Nauka v central'noj Rossii. – 2017. №5(29). - S. 12 - 21.

7. Tishaninov K.N. Teoreticheskoe obosnovanie effektivnosti processa pnevmoseparirovaniya zerna // Nauka v central'noj Rossii. – 2020. №2(44).- S. 52 - 58.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Тишанинов Константин Николаевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: TishaninovKN@rambler.ru.

Author credentials

Affiliations

Tishaninov Konstantin – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: TishaninovKN@rambler.ru.

Поступила в редакцию (Received): 16.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 12.08.2021

УДК 636.087
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-17-25

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ – ОСНОВА УРОЖАЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

[1]Капустин Василий Петрович
[1]Родионов Юрий Викторович
[1]Скоморохова Анастасия Игоревна
[1]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Реферат. *В статье дана современная характеристика почвы. Описано влияние, которое оказывает содержание гумуса, на ее плодородие. Приведен состав чернозема, благодаря которому данный вид почвы обладает высоким плодородием, имеет хорошие водно-воздушные качества и нейтральную кислотность, реже – слабощелочную. Для улучшения качества почвы и повышения плодородия, а значит обеспечения высоких урожаев, необходимо регулярно вносить удобрения. Практически все питательные вещества, необходимые выращиваемым культурам, присутствуют в органических удобрениях. Их применение наиболее предпочтительно, так как такие удобрения поддерживают и накапливают гумус в почве, активизируют микрофлору и создают благоприятные условия для выращивания растений. Одним из предлагаемых средств обогащения почвы является создание органических удобрений на базе коровьего навоза или птичьего помета. В работе представлен примерный химический состав навоза и помета.*

Описаны наиболее распространенные методы их переработки. Отмечено, что наиболее перспективным среди новых способов получения органических удобрений является термическая обработка навоза и помета с последующим гранулированием. Предложено создание пеллет и пудрет из куриного помета при помощи двухступенчатой конвективно-вакуумной сушки с применением озонирования, разработанной в ФГБОУ ВО «ТГТУ». Первая ступень сушильной установки осуществляется конвективной сушкой во взвешенном слое; на второй материал высушивается конвективным вакуумно-импульсным способом. Уменьшение температуры сушки, а также сокращение времени, затрачиваемого на процесс, достигается путем внедрения жидкостнокольцевого вакуум-насоса с возможностью изменения размеров нагнетательного окна. Разработанная технологическая схема переработки также включает накопитель, предусмотренный с целью предварительного уменьшения влагосодержания сырья. Это достигается за счет добавления сухой пыли, полученной как отходы переработки. Предлагаемое оборудование отвечает требованием повышения энергоэффективности процесса переработки, а предлагаемая технология обеспечивает безотходность производства.

Ключевые слова: *почва, гумус, навоз, птичий помет, компостирование, озонирование, двухступенчатая конвективно-вакуумная сушка.*

IMPROVING THE QUALITY OF ORGANIC FERTILIZERS - THE BASIS OF HARVETS AGRICULTURAL CROPS

[1]Kapustin Vasily
[1]Rodionov Yuri
[1]Polushin Ivan
[1]Skomorokhova Anastasia
[1] FSBEI HE «Tambov State Technical University»

Abstract. *The article presents the modern characteristics of the soil. The influence of the humus content on its fertility is described. The composition of humus is given, due to which this type of soil has high fertility, has good water-air qualities and neutral acidity, less often slightly alkaline. To improve the quality of the soil and increase fertility, which means ensuring high yields, it is necessary to regularly apply fertilizers. Almost all of the nutrients needed by the crops grown are present in organic fertilizers. Their use is most preferable, since such fertilizers maintain and accumulate humus in the soil, activate the microflora and create favorable conditions for growing plants. One of the proposed means of soil enrichment is the creation of organic fertilizers based on cow manure or poultry manure. The paper presents the approximate chemical composition of manure and droppings. The most common methods of their processing are described. It is noted that the most promising among the new methods of obtaining organic fertilizers is heat treatment of manure and dung followed by granulation. It is proposed to create pellets and powder from chicken droppings using a two-stage convective-vacuum drying with ozonation, developed at FSBEI HE "TSTU". The first stage of the drying unit is carried out by convective drying in a suspended bed; the second material is dried by convective vacuum-pulse method. Reducing the drying temperature, as well as reducing the time spent on the process, is achieved by introducing a liquid ring vacuum pump with the ability to change the dimensions of the discharge port. The developed technological scheme of processing also includes a storage device provided for the purpose of preliminary reduction of the moisture content of raw materials. This is achieved by adding dry dust from recycling waste. The proposed equipment meets the requirement to increase the energy efficiency of the processing process, and the proposed technology ensures waste-free production.*

Keywords: *soil, humus, manure, bird droppings, composting, ozonation, two-stage convective-vacuum drying.*

Введение. Почвой называется верхний слой земной коры, образующийся и развивающийся при совместном воздействии факторов почвообразования (климат, рельеф, горные породы, организмы и время). Основное органическое вещество почвы – гумус, представляющий собой состав различных химических соединений, получающийся в результате разложения и гумификации органических веществ. Совокупность методов, направленных на увеличение плодородия почвы, определяется применением органических удобрений. Так как именно они позволяют максимально обогатить пахотный слой всеми питательными веществами, улучшить

качество почвы и условия минерального питания растений. Разные виды почв включают в себя определенное количество гумуса, который распределен по профилю и содержит гулиновые кислоты и фульвокислоты. В среднем содержание гумуса в пахотных дерново-подзолистых супесчаных почвах составляет 1,0-1,3%, в суглинистых – 1,5-2,5 %, серых лесных – 2,5-5,0 %,черноземе – 6-8%, торфяных почвах – 40-60% [1]. Входящий в состав чернозема гумус дает высокое плодородие, что делает данный вид почвы уникальным и наиболее благоприятным для выращивания сельскохозяйственной продукции.

Помимо гумуса, чернозем содержит около 70% кальция и до 20% магния от всех минеральных веществ, в меньшем количестве присутствуют такие вещества как азот, железо, фосфор, сера и другие. Все это придает черноземy хорошие водно-воздушные качества и нейтральную кислотность, реже – слабощелочную.

Для улучшения качества почвы, повышения ее плодородия, обеспечения высоких и устойчивых урожаев применяются различные удобрения. Наибольшее предпочтение необходимо отдавать органическим удобрениям, в которых содержатся практически все виды минеральных веществ, необходимых для полноценного питания растений. Они поддерживают и накапливают гумус в почве, активизируют микрофлору и создают благоприятные условия для произрастания сельскохозяйственных культур.

В настоящее время с целью увеличения прибыли выращивают монокультуры, применяя минеральные удобрения и пестициды, которые впоследствии делают почву непригодной. Получаемый в итоге урожай содержит огромное количество нитритов, нитратов и других вредных веществ. Также нарушается закон сохранения веществ в природе, который утверждает «сколько питательных веществ изъято из почвы с урожаем, столько должно быть возвращено». Для сохранения плодородия земли необходимо вносить питательных веществ на 15%-20% больше, чем забрали.

Материалы и методы. Применяемые органические удобрения положительно влияют на сохранение плодородия почвы. В то время как использование минеральных удобрений для повышения урожайности и поддержания почвенного плодородия не является эффективным. Они содержат элементы, вынесенные из почвы урожаем, но их действие краткосрочно и эти удобрения не способствуют образованию гумуса, что делает их применение невыгодным по сравнению с навозом крупнорогатого скота и птичьим пометом. Навоз и помет обеспечивают почву важными биологически активными веществами (БАВ) для развития растений. По определению навоз является сплошной полидисперсной многофазовой системой, состоящей из твердых, жидких и газообразных веществ, количество и состав которых определяется видом животных, их возрастной характеристикой, интенсивностью кормления, используемыми кормами и др. Влага составляет основную часть навоза, существенно влияет на его физико-механические и химические свойства. Влажность консистенции зависит зависимость от способа содержания животных, количества и вида применяемой подстилки, а также от вида уборки (гидравлический или механический).

Навоз в процессе перегнивания образует различные питательные вещества во время периода вегетации. Он также не способствует увеличению концентрации солей в почве. Компоненты, входящие в химический состав свежего подстилочного (солома) навоза представлены в таблице 1[2].

Таблица 1 – Содержание различных компонентов в свежем навозе

Компоненты	Процентное содержание компонента в навозе			
	крупного рогатого скота	конском	овечьем	свином
Азот общий	0,45	0,58	0,83	0,45
Вода	77,3	71,3	64,6	72,4
Известь	0,40	0,21	0,33	0,18
Калий	0,50	0,63	0,67	0,60
Магний	0,11	0,14	0,18	0,09
Органическое вещество	20,3	25,4	31,8	25,0
Серная кислота	0,06	0,07	0,15	0,08
Фосфор	0,28	0,28	0,23	0,19
Хлор	0,10	0,04	0,17	0,17

Химический состав навоза, приведенный в таблице 1, показывает, что содержание воды составляет от 64,6 до 77,3%; органических веществ от 20,3 до 31,8%; азота – от 0,45 до 0,83%; извести – от 0,18 до 0,40%; магния – от 0,09 до 0,18%; фосфора от 0,19 до 0,28%; серной кислоты – от 0,06 до 0,15%; хлора – от 0,04 до 0,17%; калия – от 0,50 до 0,67%.

Помет – продукт жизнедеятельности птиц. Наиболее часто как удобрение применяют помет уток, гусей, кур и голубей, причем голубиный – является максимально эффективным. По своим качествам, влияющим на удобрительные свойства, птичий помет превосходит навоз [3], а по быстроте действия сопоставим с минеральными удобрениями, таблица 2 [4].

Таблица 2 – Содержание различных компонентов в птичьем помете (в % на сырое вещество)

Вид птиц	Вода	Азот, N	Фосфор, P_2O_5	Калий, K_2O	Кальций,CaO	Магний, MgO	Сера, SO_3
Куры	56	0,7–1,9	1,5–2,0	0,8–1	2,4	0,7	0,4
Утки	57	0,8	1,5	0,4	1,7	0,3	0,3
Гуси	82	0,6	0,5	1,1	0,6	0,3	1,1
Голуби	52	1,2–2,4	1,7–2,2	1,0–2,2	–	–	–

Использовать навоз животных и помет птиц можно после их переработки. Существуют следующие основные способы.

Одним из наиболее распространенных и перспективных способов является компостирование. Его преимущества состоят в малых затратах, простоте проведения работ и универсальности. Компостирование можно применять ко всем видам отходов: птичьим, коровьим, свиным, овечьим и др. [5]. Процесс разложения органических веществ происходит с разогревом при определенных условиях до 60°С. Примерно через год образовывается перегной хорошего качества.

Свойства разных видов отходов значительно отличаются друг от друга. Так, коровий навоз по своей структуре обладает достаточно высокой плотностью, имеет в своем составе большое количество полезных веществ. При компостировании такой навоз следует смешивать со стружкой и опилками, которые выполняют функцию разрыхлителей. У свежих свиных отходов достаточно жидкая консистенция поэтому в них также добавляются опилки но уже для того чтобы повысить плотность.

Другим названием компостирования является рыхло-плотный способ хранения перегноя. Он осуществляется в несколько этапов. Вначале отходы животных и птиц размещаются свободно, и происходит естественное разложение массы с постепенным повышением температуры. На втором этапе перепревший компост складируют плотнее для сохранения азота. Здесь используется торф или опилки, посредством которых перекрывается доступ кислорода к компостной массе. В таких условиях начинается процесс брожения. При данном виде переработки навоз становится перегноем в течение двух-трех месяцев.

Более быстрое разложение навоза обеспечивает метод вермикомпостирования. Он заключается в использовании дождевых червей для получения биогумуса. Такое удобрение содержит множество полезных микроорганизмов, способствующих повышению плодородия почвы.

Компостирование считается наиболее распространенным традиционным методом получения органических удобрений. Значительное развитие отраслей сельского хозяйства послужило возникновению новых, более эффективных технологий получения удобрений из отходов животных и птиц. К ним относятся сушка навозной массы, гранулирование и брикетирование навоза, переработка в биореакторной установке.

В больших сельскохозяйственных предприятиях продуктивнее использовать новый метод, заключающийся в сушке и гранулировании, ввиду потерь полезных площадей из-за постоянного увеличения компостных ям, занимающих много места. Для реализации данного метода необходимо применение специального оборудования – сушильных камер, в которых производится сушка под воздействием высокой температуры. Получаемые в результате сухие гранулы обладают длительным сроком хранения и при правильной обработке не имеют неприятного запаха. Их можно использовать непосредственно в качестве органических удобрений или применять как

кормовую добавку сельскохозяйственным животным и птицам. Из подстилочного навоза таким способом изготовляют брикеты для отопления помещений.

Сушка осуществляется до 12% влажности, а затем продукт подвергается измельчению и гранулированию.

Преимущества таких удобрений:

• отсутствие вредных микроорганизмов;

• сбалансированность содержания минеральных веществ;

• длительный срок хранения;

• удобство внесения удобрений в почву механизированным способом.

Биологическое удобрение, в составе которого присутствует необходимое количество полезных веществ, получают с помощью специальных бактерий для переработки навоза и помета. Технология данного вида переработки предполагает ее использование непосредственно на животноводческих комплексах, оснащенных системами смыва отходов водой. В зависимости от вида отходов применяют различные бактерии. Например, желательно использовать бактерии, сохраняющие азот. При размещении отходов свиней в достаточно больших (2-4 метровых) буртах следует для переработки выбирать бактерии, приводящие к разложению целлюлозы и лигнина.

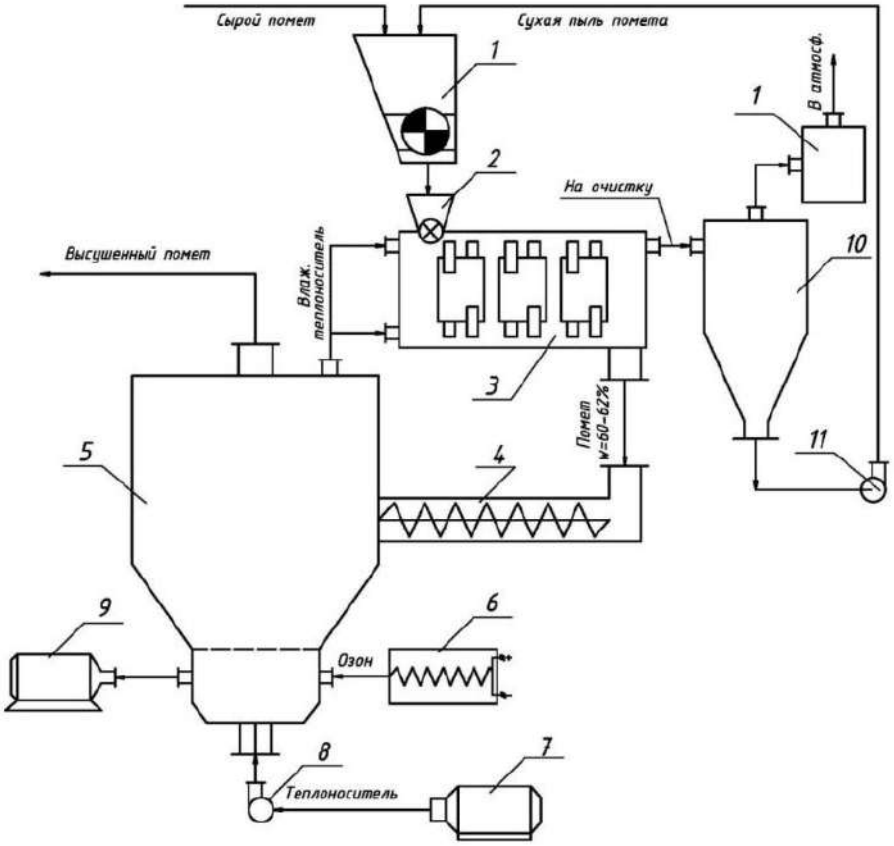
Переработка навоза и помета с использованием биореактора дает на выходе биогаз и концентрат удобрения. Полученный биогаз применяется как сырье для отопления жилых помещений и хозяйственных построек или для работы газового оборудования.

Обеззараживание отходов сельскохозяйственных животных и птиц реализуется посредством биологических способы, использования химических реагентов, термической обработки. Каждый из них имеет свои особенности и недостатки. С точки зрения борьбы с гельминтами биологическая очистка в аэротеннах является одним из самых дорогих и менее эффективных способов. Применение формалина не обеспечивается уничтожение всех яиц и личинок гельминтов, находящихся в навозе. Наиболее эффективна термическая обработка навоза, так как при температуре 50°С происходит сворачивание белка.

Использование жидкого навоза в качестве органического удобрения должно сопровождаться обеззараживанием с максимальным сохранением N, P, K и созданием условий, исключающих сброс навозных стоков в водоемы. В осенне-зимний период в отстойниках выживают свыше 80% яиц гельминтов в течение 6 месяцев. При поливе яйца сохраняются на глубине пахотного слоя до 1 года. Биотермическое обеззараживание обеспечивает уничтожение яиц и личинок гельминтов в летне-осенний период через 10-15 дней, зимой – через месяц. После разделения в жидкой фракции в течение 4-х суток происходит осаждение яиц и личинок гельминтов, причем 96% осаждаются за первые часы, а отдельные экземпляры удерживаются на взвешенных частичках.

Результаты и их обсуждение. На предприятии Госплемптица «Арженка» Рассказовского района Тамбовской области» была разработана технологическая линия для производства минерального органического удобрения и органического продукта – «пудрета» для добавки в корма животным из куриного помета с использованием технологии ускоренной сушки [6]. Было определено, что переработка куриного помета при высоких температурах позволяет использовать получаемый продукт, как добавку в корм животных и не становится причиной загрязнения окружающей среды. При этом необходимо учитывать, что при превышении определенного значения температуры начинается разрушение ряда важных органических веществ, что особенно нежелательно при производстве пудрета. Это обусловлено тем, что многие вещества, входящие в состав помета термолабильны.

Разработанная технологическая линия переработки куриного помета (рис. 1) позволяет производить обработку при различных режимных параметрах, которые выбираются в зависимости от требуемых характеристик конечного продукта. Так производство пеллет, предназначенных для сжигания в качестве топлива, сопровождается более высокими температурами по сравнению с созданием пудрета, которое необходимо осуществлять при щадящих режимах с максимальным сохранением присутствующих питательных веществ.



1 – накопитель; 2 – питатель; 3 – измельчитель; 4 – конвейер; 5 – двухступенчатая конвективная вакуумно-импульсная сушилка с закрученным слоем; 6 – озонатор; 7 – источник тепла; 8 – нагнетатель; 9 – жидкостнокольцевой вакуум-насос; 10 – циклон; 11 – дезодоратор

Рисунок 1 – Технологическая схема переработки куриного помета

При организации переработки по предлагаемой технологической схеме исключается неприятный запах в производственном помещении и достигается высокая автоматизация процесса. Технология осуществляется следующим образом. Сырье подается в накопитель 1, где происходит предварительное уменьшение влажности посредством добавления сухой пыли, полученной как отходы от переработки, вследствие чего достигается снижение адгезионных свойств помета. В днище накопителя располагается шнек. Из накопителя перерабатываемое сырье поступает в питатель 2, после чего попадает в измельчитель 3. Измельченный помет конвейером 4 транспортируется в двухступенчатую конвективную вакуумно-импульсную сушильную установку 5 [7-10].

Процесс высушивания сырья, согласно разработанной технологии, состоит из конвективной сушки во взвешенном слое и последующей конвективной вакуумно-импульсной сушкой. Параллельно с процессом сушки осуществляется подача озона озонатором 6 [11] для обеззараживания органического материала. Озонирование производится на этапе прогрева проточным способом. Она необходима для получения пудрета, пригодного в качестве добавки к корму сельскохозяйственных животных и птиц. Теплоносителем при сушке выступает нагретый теплогенератором 7 воздух. Его возможная температура может достигать 150°С. Нагнетатель 8 необходим для обеспечения лучшего взвешенного слоя. Отработанный теплоноситель подается в измельчитель 3 и направляется в дезодоратор 11 через циклон 10. Из дезодоратора он выбрасывается в атмосферу.

К сушильной установке подключен одноступенчатый жидкостнокольцевой вакуумный насос с возможностью изменения размеров нагнетательного окнна 9 (ЖВН РНО) [12, 13]. Он необходим

для создания вакуума на этапе досушки, чтобы производить процесс при пониженных температурах и минимальном времени высушивания. Высушенный материал со второй ступени сушилки перемещается пневмотранспортом.

Куриный помет перед сушкой в сушильной установке имел влагосодержание 60…75%. Его высушивали до конечного влагосодержания 8…12%. На выходе фракции сухого помета составляли от 0,1 до 30 мм. Частицы, размер которых превышал 15 мм, отправляли на дополнительное измельчение.

Предлагаемая технология позволяет добиться снижения энергозатрат на процесс высушивания благодаря подаче нагретого воздуха из сушильной установки 5 в измельчитель 3, что обеспечивает предварительный нагрев перемешиваемого куриного помета. Для снижения потерь тепла и дальнейшего увеличения энергоэффективности в сушильную установку внедряется тепловой аккумулятор [14, 15].

Вывод. Обосновано применение органического удобрения в виде навоза и помета для повышения плодородия почвы и, как следствие, увеличения урожаев и качества возделываемых сельскохозяйственных культур. Рассмотрены различные способы и средства переработки навоза и помета с их последующим обеззараживанием. Установлено, что наиболее перспективным способом переработки навоза и помета, хорошо уничтожающим яйца и личинки гельминтов, является термическая обработка. Предложена технологическая линия переработки куриного помета с применением разработанной двухступенчатой конвективной вакуумно-импульсной сушильной установки. Посредством данной технологии можно производить органические удобрения высокого качества, пеллеты и пудреты, пригодные для использования в качестве добавки в корм сельскохозяйственным животным и птицам.

Список литературы

1. Васильев В.А., Филиппова Н.В. Справочник по органическим удобрениям. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 255 с.

2. Губейдуллин Х.Х., Шигапов И.И., Кафиятуллова А.А. Химический состав свежего навоза // Научный вестник технологического института – филиала ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина, 2014. – № 13. – С. 152-159.

3. Биология термофильных микроорганизмов / АН СССР. Ин-т микробиологии; Отв. Ред. А. А. Имшенецкий. – М.: Наука, 1986. – 271 с.: ил

4. Артюшин А.М., Державин Л.М. Краткий справочник по удобрениям – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. – 208 с.

5. Лысенко В.П. Перспективные технологии и оборудование для реконструкции и технического перевооружения в птицеводстве. – М.: ФГНУ «Росинфор-магротех», 2002. – 540 с.

6. Капустин В.П., Гриднев П.И. Технология приготовления корма для животных из птичьего помета // Информационный листок № 250-85. ЦНТИ. – Тамбов, 1985. – 4 с.

7. Патент РФ № 2560116 МПК F26B 17/10, F26B 5/04. Конвективно-вакуумная сушилка / Щегольков А.В., Родионов Ю.В.,Гришин С.О., Калинин В.Ф. – опубл. 20.08.2015.

8. Патент РФ № 2492359 МПК F04C 7/00, F04C 14/10, F04C 19/00, F04C 28/10. Жидкостно-кольцевая машина / Горбачёв Р.Ю., Гутенёв М.Д., Никитин Д.В., Преображенский В.А., Родионов Ю.В. – опубл. 10.09.2013.

9. Родионов Ю.В., Капустин В.П., Протасов Д.Н. и др. Исследование и выбор режимных параметров процесса сушки хмеле-тыквенной закваски // Наука в центральной России, 2016. – № 3 (21). – С. 15-24.

10. Родионов Ю.В., Однолько В.Г., Попова И.В. Обоснование выбора вакуумных насосов для конвективной вакуумной ступени сушки растительных материалов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского, 2009. – № 6 (20). – С. 106-110.

11. Мыскин В.А., В.П. Капустин, Ю.В. Родионов и др. Универсальная безотходная технология и средства переработки птичьего помета в органическое удобрение и добавки в корм животным // Наука в центральной России, 2018. – № 3 (33). – С. 57-64.

12. Патент РФ № 2303166 МПК F04C 15/00. Жидкостно-кольцевая машина с автоматическим регулированием проходного сечения нагнетательного окна / Волков А.В., Воробьев Ю.В., Никитин Д.В. – опубл. 20.07.2007.

13. Родионов Ю.В., Гутенев М.Д., Максимов В.А. и др. Жидкостнокольцевой вакуум-насос с изменяющимися размерами нагнетательного окна // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета, , 2008. – №1. – С.65-72.

14. Щегольков А.В., Зорин А.С., Родионов Ю.В. и др. Повышение энергоэффективности двухступенчатой КВИС растительного сырья // Сборник научных трудов Международного научно-технического семинара, посвященного 75-летию со дня рождения К.А. Тимирязева. – М.: Перо, 2018. – С. 181-185.

15. Щегольков А.В., Дьяконов А.А., Родионов Ю.В. и др. Применение тепловых аккумуляторов для создания энергоэффективных систем переработки АПК // Импортозамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья: материалы I Всероссийской конференции с международным участием, Тамбов 24-25 мая 2019. ТГТУ. – Тамбов, 2019. – С. 103-110.

References

1. Vasil'ev V.A., Filippova N.V. Spravochnik po organicheskim udobreniyam. – M.: Rosagropromizdat, 1988. – 255 s.

2. Gubeidullin Kh.Kh., Shigapov I.I., Kafiyatullova A.A. Khimicheskii sostav svezhego navoza // Nauchnyi vestnik tekhnologicheskogo instituta – filiala FGBOU VPO Ul'yanovskaya GSKhA im. P.A. Stolypina, 2014. – № 13. – S. 152-159.

3. Biologiya termofil'nykh mikroorganizmov / AN SSSR. In-t mikrobiologii; Otv. Red. A. A. Imshenetskii. – M.: Nauka, 1986. – 271 s.: il

4. Artyushin A.M., Derzhavin L.M. Kratkii spravochnik po udobreniyam – 2-e izd. pererab. i dop. – M.: Kolos, 1984. – 208 s.

5. Lysenko V.P. Perspektivnye tekhnologii i oborudovanie dlya rekonstruktsii i tekhnicheskogo perevooruzheniya v ptitsevodstve. – M.: FGNU «Rosinfor-magrotekh», 2002. – 540 s.

6. Kapustin V.P., Gridnev P.I. Tekhnologiya prigotovleniya korma dlya zhivotnykh iz ptich'ego pometa // Informatsionnyi listok № 250-85. TsNTI. – Tambov, 1985. – 4 s.

7. Patent RF. № 2560116 MPK F26B 17/10, F26B 5/04. Konvektivno-vakuumnaya sushilka / Shchegol'kov A.V., Rodionov Yu.V.,Grishin S.O., Kalinin V.F. – opubl. 20.08.2015.

8. Patent RF № 2492359 MPK F04C 7/00, F04C 14/10, F04C 19/00, F04C 28/10. Zhidkostno-kol'tsevaya mashina / Gorbachev R.Yu., Gutenev M.D., Nikitin D.V., Preobrazhenskii V.A., Rodionov Yu.V. – opubl. 10.09.2013.

9. Rodionov Yu.V., Kapustin V.P., Protasov D.N. i dr. Issledovanie i vybor rezhimnykh parametrov protsessa sushki khmele-tykvennoi zakvaski // Nauka v tsentral'noi Rossii, 2016. – № 3 (21). – S. 15-24.

10. Rodionov Yu.V., Odnol'ko V.G., Popova I.V. Obosnovanie vybora vakuumnykh nasosov dlya konvektivnoi vakuumnoi stupeni sushki rastitel'nykh materialov // Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo, 2009. – № 6 (20). – S. 106-110.

11. Myskin V.A., V.P. Kapustin, Yu.V. Rodionov i dr. Universal'naya bezotkhodnaya tekhnologiya i sredstva pererabotki ptich'ego pometa v organicheskoe udobrenie i dobavki v korm zhivotnym // Nauka v tsentral'noi Rossii, 2018. – № 3 (33). – S. 57-64.

12. Patent RF № 2303166 MPK F04C 15/00. Zhidkostno-kol'tsevaya mashina s avtomaticheskim regulirovaniem prokhodnogo secheniya nagnetatel'nogo okna / Volkov A.V., Vorob'ev Yu.V., Nikitin D.V. – opubl. 20.07.2007.

13. Rodionov Yu.V., Gutenev M.D., Maksimov V.A. i dr. Zhidkostnokol'tsevoi vakuum-nasos s izmenyayushchimisya razmerami nagnetatel'nogo okna // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2008. – №1. – S.65-72.

14. Shchegol'kov A.V., Zorin A.S., Rodionov Yu.V. i dr. Povyshenie energoeffektivnosti dvukhstupenchatoi KVIS rastitel'nogo syr'ya // Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo seminara, posvyashchennogo 75-letiyu so dnya rozhdeniya K.A. Timiryazeva. – M.: Pero, 2018. – S. 181-185.

15. Shchegol'kov A.V., D'yakonov A.A., Rodionov Yu.V. i dr. Primenenie teplovykh akkumulyatorov dlya sozdaniya energoeffektivnykh sistem pererabotki APK // Importozameshchayushchie tekhnologii i oborudovanie dlya glubokoi kompleksnoi pererabotki sel'skokhozyaistvennogo syr'ya: materialy I Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Tambov 24-25 maya 2019. TGTU. – Tambov, 2019. – S. 103-110.

Сведения об авторах
Принадлежность к организации

Капустин Василий Петрович – доктор технических наук, профессор Федерального государственно бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовского государственного технического университета», Россия, г. Тамбов, e-mail: vp.kapustin@mail.ru.

Родионов Юрий Викторович – доктор технических наук, профессор Федерального государственно бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовского государственного технического университета», Россия, г. Тамбов, e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru.

Скоморохова Анастасия Игоревна – магистрант Федерального государственно бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовского государственного технического университета», Россия, г. Тамбов, e-mail: nasta373@mail.ru.

Author credentials
Affiliations

Vasily Petrovich Kapustin – Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: vp.kapustin@mail.ru.

Rodionov Yuri Viktorovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru.

Skomorokhova Anastasia Igorevna – Undergraduate of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: nasta373@mail.ru

Поступила в редакцию (Received): 02.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 03.08.2021

УДК 631.331
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-25-31

ОБОСНОВАНИЕ РАССТОЯНИЯ ОТ ПЛОСКОСТИ ОТВЕРСТИЯ НАПРАВИТЕЛЯ СЕМЯН ДО ВЕРТИКАЛНОЙ ОСИ СИММЕТРИИ КАТКА

[1]Зубарев Андрей Геннадиевич
[1]Ларюшин Николай Петрович
[1]Шуков Александр Васильевич
[1]ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»

Реферат. *В работе проанализированы основные недостатки двухдисковых сошников. У них при выбросе семян в след за сошником в образованную бороздку, семена раскладываются хаотично по борозде, при этом нарушается послойное распределение семян в борозде по глубине и по длине их раскладки, что негативно сказывается на урожайности возделываемой культуры и увеличении общих затрат на её производство. В Пензенским ГАУ для решение этой проблемы разработано устройство для сошника в виде криволинейной трубы прямоугольного сечения, котороя направляет семена в борозду и при этом рыхлит почву, а так же устройства для снижения скорости семян, выполненного в форме колеса. В результате применения для сошника данных устройств в виде криволинейной трубы прямоугольного сечения, которое направляет семена в борозду и рыхлит почву, а так же устройства для снижения скорости семян, выполненного в форме колеса получен следующий результат: плавный, без разрывный, сплошной поток семян, без отсутствия скопления семян в трубе; плотное ровное дно борозды, без засыпания семян во время их раскладки по дну борозды; семена раскладываются по дну борозды без их раскатывания. Всё это обеспечивает появление равномерных дружных всходов. В результате проведенных исследовании было определено расстояние вылета семян от плоскости отверстия направителя семян до вертикальной оси симметрии катка (0,050 м). Отмечено, что угол вылета семян из отверстия семянаправителя необходимо принять минимальным в пределах*

10…15°. Эти показатели оказывает существенное влияние на качественные показатели посева семян.

Ключевые слова: *сошник, направитель семян, рыхлитель почвы, отверстие направитель семян, каток.*

JUSTIFICATION OF THE DISTANCE FROM THE PLANE OF THE HOLE SEED GUIDE TO VERTICAL AXIS OF THE ROLLER SYMMETRY

[1]Zubarev Andrey
[1]Laryushin Nikolay
[1]Shukov Alexander

[1]FSBEI HE "Penza State Agrarian University"

Abstract. *The paper analyzes the main disadvantages of two-disc coulters. In their case, when the seeds are released after the coulter into the formed furrow, the seeds are laid out randomly along the furrow, while the layer-by-layer distribution of seeds in the furrow along the depth and length of their layout is disrupted, which negatively affects the yield of the cultivated crop and increases the total cost of its production. To solve this problem, the Penza State Agrarian University has developed a device for a coulter in the form of a curved pipe of rectangular cross-section, which directs seeds into a furrow and at the same time loosens the soil, as well as a device for reducing the speed of seeds, made in the form of a wheel. As a result of the use of these devices for the coulter in the form of a curved pipe of rectangular cross-section, which directs the seeds into the furrow and loosens the soil, as well as a device for reducing the speed of seeds made in the form of a wheel, the following result was obtained: a smooth, non-discontinuous, continuous flow of seeds, without the absence of accumulation of seeds in the pipe; a dense, flat bottom of the furrow, without falling asleep seeds during their placement along the bottom of the furrow; seeds are laid out along the bottom of the furrow without rolling them out. All this ensures the appearance of uniform friendly shoots. As a result of the conducted research, the distance of seed departure from the plane of the seed guide hole to the vertical axis of symmetry of the roller (0.050 m) was determined. It is noted that the angle of departure of seeds from the hole of the seed guide should be taken as a minimum within 10 ... 15°. These indicators have a significant impact on the quality indicators of seed sowing.*

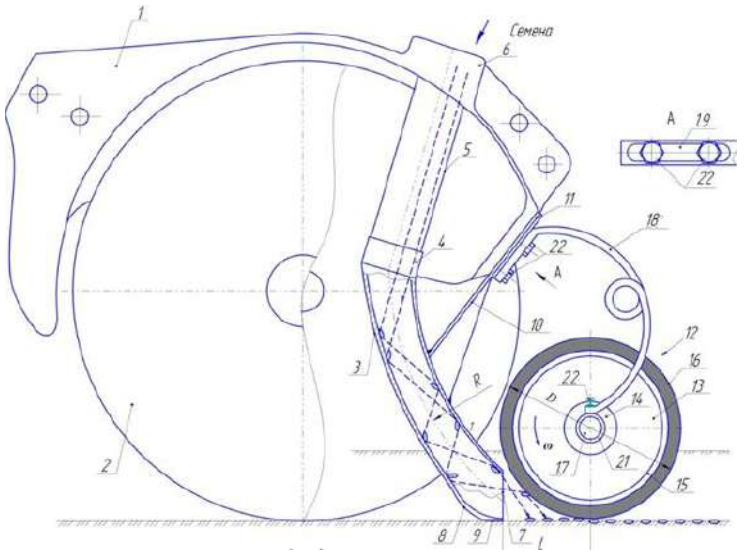
Keywords: *coulter, seed guide, soil ripper, hole seed guide, roller.*

Введение. Как для любого производства важнейшей задачей для АПК является увеличение высоких урожаев сельскохозяйственных культур с одновременном снижением себестоимости полученной продукции. Чтобы решать подобные задачи требуется эффективная посевная техника, как например, сеялки для зерновых культур, которые, в свою очередь невозможны без сошников, обеспечивающих прокладку бороздок в почве и укладку в них семян и удобрений. Для повышения эффективности сеялки

Разработка устройств для сошника в виде криволинейной трубы прямоугольного сечения, которая направляет семена в борозду и при этом рыхлит почву, а также устройства для снижения скорости семян, выполненного в форме колеса, позволит улучшить послойное распределение семян в борозде по глубине и по длине их раскладки.

Цель исследования – теоретическая оценка расстояния от плоскости отверстия направителя семян до вертикальной оси симметрии катка в двухдисковом сошнике.

Материалы и методы. Изготовленные в Пензенском ГАУ экспериментальные сошники с устройствами в виде криволинейных труб прямоугольного сечения, которые направляют семена в борозду и при этом рыхлят почву, а также устройств для снижения скорости семян, выполненных в форме колес, были исследованы на базе экспериментальной сеялки СЗ-5,4.



1 – корпус; 2 – диски; 3 –труба с направителем и рыхлителем; 4 – раструб; 5 – воронка; 6 – горловина; 7 – выходное отверстие; 8, 9 – клин с пяткой; 10 – кронштейн; 11 – чистики; 12 – колесо; 13 – диск; 14 – ступица; 15 – обод; 16 – шина; 17 – ось; 18 – стойка; 19 – паз; 20 – винт; 21 – втулка; 22 – стопор; l – расстояние от выходного отверстия трубы до центра катка

Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая схема экспериментального сошника выполненного в виде криволинейной трубы прямоугольного сечения, и устройства для снижения скорости семян, выполненного в форме колеса

Рисунок 1 демонстрирует конструкцию сошника выполненного в виде криволинейной трубы прямоугольного сечения, которая направляет семена в борозду и при этом рыхлит почву, а так же устройства для снижения скорости семян, выполненного в форме колеса.

Конструкция сошника включает: устройство выполненное в виде криволинейной трубы 3 прямоугольного сечения, которая направляет семена в борозду и рыхлит почву; устройство для снижения скорости семян, выполненного в форме колеса 12; диски установленные на корпусе 1; труба 3 раструбом 4 соединена с воронкой 5 горловины 6; к трубе 3 в нижней части прикреплен клин 8 и пятка 9; труба 3 прямоугольного сечения закреплена по месту крепления чистиков 11 к корпусу 1 кронштейном 10; колесо 12, установленно напротив выходного отверстия 7 трубы 3. Колесо 12 включает: диск 13; ступицу 14; обод 15; шину 16; подшипник скольжения 17, ось 18 с головкой 19. Колесо 12 крепятся к корпусу 1 с помощью подпружиненной стойки 20. Для регулировки давления на колесо 12 стойка имеет продольный паз 21 с винтовым соединением 22, при этом стойка крепится стопорным винтом 24 на оси 18. Осевой зазор между ступицей 14 и головкой 19 оси 18 и торцом втулки 23, колеса 12, регулируется шайбами 25 и 26.

Сошник, имеет устройство, выполненное в виде криволинейной трубы прямоугольного сечения, которая направляет семена в борозду и при этом рыхлит почву, а также устройства для снижения скорости семян, выполненного в форме колеса. При работе диски 2 сошника, образуют борозду для посевного материала. Семена и удобрения попадают в трубу 3 через горловину 6, воронку 5 корпуса 1 сошника и раструб 4 и далее трубой 3 распределяются по дну борозды.

В результате применения для сошника данных устройств в виде криволинейной трубы 3 прямоугольного сечения, которое направляет семена в борозду и рыхлит почву, а так же устройства для снижения скорости семян, выполненного в форме колеса 12 получен следующий результат: плавный, безразрывный, сплошной поток семян, без отсутствия скопления семян в трубе; плотное ровное дно борозды, без засыпания семян во время их раскладки по дну борозды; семена раскладываются по дну борозды без их раскатывания. Всё это обеспечивает появление равномерных дружных всходов, что скажется на повышение урожайности возделываемой культуры.

Для формирования плотного ложа для семян на дне борозды ниже выходного отверстия 7 трубы 3 установлен криволинейный клин 8 с пяткой 9.

Чтобы исключить загрязнение семян почвенной осыпью, обеспечить снижение скорости семян при вылете их из отверстия 7 трубы 3 и получить плавный, без разрывный, сплошной поток семян, без отсутствия скопления семян в трубе; плотное ровное дно борозды, без засыпания семян во время их раскладки по дну борозды, труба 3 выполнена криволинейной формы в нижней части которой установлен клин 8 с пяткой 9, при этом сзади отверстия трубы установлено колесо 12 которое гасит скорость семян. Всё это обеспечивает появление равномерных дружных всходов.

Для регулирования давления колеса 12 на дно борозды он имеет пружинную регулируемую стойку 20. Что бы исключить прилипание почвы к катку 12 он имеет шину из каучука 16.

Проведенные исследования показывают, что использование разработанной конструкции сошника позволяет получить равномерный, устойчивый поток семян, без пульсаций и образования заторов, уплотненное дно борозды без попадания осыпи почвы на семенной материал.

Результаты и их обсуждение. Примем семя за материальную точку *а* массой m_a (рисунок 2). При движении семени по рабочей поверхности семянаправителя 2 происходит отскок его от рабочей поверхности со скоростью v_0 под некоторым углом α к горизонтальной плоскости в направлении катка 1 до отскока от него. Уравнение движения материальной точки *а* при сопротивлении воздуха *Rв*, можно записать в следующем виде:

$$Rв = k_в m_a v_0, \quad (1)$$

где $k_в$ —коэффициент пропорциональности; *Rв* — сопротивление воздуха.

Для решения задачи воспользуемся декартовой системой координат *Oxy*.

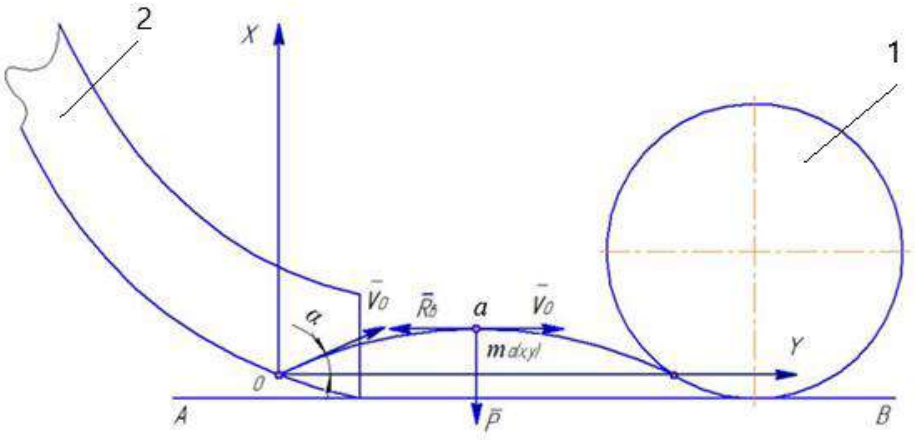
Согласно схемы (рисунок 2) траектории движения семени массой m_a при отскоке его от поверхности семянаправителя, на семя действуют силы: сила тяжести семени *P*; сила сопротивления воздуха *Rв*, при этом равнодействующая сила $\vec{F}$ будет равна:

$$\vec{F} = \vec{P} + \overrightarrow{Rв} \text{ причём } \overrightarrow{Rв} = -k_в m_a v_0 \quad (2)$$

Проекции равнодействующей силы $\vec{F}$ на оси координат равны:

$$\overrightarrow{F_x} = -m_a g - k_в m_a v_x = -m_a g - k_в m_a \dot{x}; \quad (3)$$

$$\overrightarrow{F_y} = -k_в m_a v_y = -k_в m_a \dot{y}; \quad (4)$$



1- каток; 2- семянаправитель; АВ- дно борозды

Рисунок 2 – Схема траектории движения семени массой m_a при отскоке его от поверхности семянаправителя

Уравнения движения точки *а* в дифференциальном виде можно записать следующим образом:

$$m_a \frac{d^2x}{dt^2} = -m_a g - k k_в m_a \dot{x}; \quad (5)$$

$$m_{\text{a}}\frac{\text{d}^2\text{y}}{\text{dt}^2} = -k_{\text{в}}m_{\text{a}}\dot{\text{y}} \quad (6)$$

Данный выбор осей координат соответствует следующим начальным условиям: t=0; $x = 0$; $y = 0$; $\text{v}_\text{x} = \text{v}_0 \sin\alpha$; $\text{v}_\text{y} = \text{v}_0 \cos\alpha$.

После некоторых преобразований уравнений (5),(6) можно записать:

$$\frac{\text{dv}_\text{x}}{\text{dt}^2} = -\text{g} - k_{\text{в}}\text{v}_\text{x}; \quad (7)$$

$$\frac{\text{dv}_\text{y}}{\text{dt}^2} = -\text{k}k_{\text{в}}\text{v}_\text{y}. \quad (8)$$

После интегрирования уравнений (7),(8) и разделяя переменные, получим:

$$\ln(\text{v}_\text{x} + \frac{\text{g}}{k_{\text{в}}}) = -k_{\text{в}}\text{t} + \ln \text{C}_1; \quad (9)$$

$$\ln \text{v}_\text{y} = -k_{\text{в}}\text{t} + \ln \text{C}_2 \quad (10)$$

Или

$$\text{v}_\text{x} = -\frac{\text{g}}{\text{k}} + \text{C}_1\, \text{e}^{-k_{\text{в}}\text{t}}; \quad (11)$$

$$\text{v}_\text{y} = \text{C}_2\, \text{e}^{-k_{\text{в}}\text{t}} \quad (12)$$

После преобразования уравнения 12 определим произвольные постоянные C_1 , C_2 :

$$\text{C}_1 = \text{v}_0 \sin\alpha - \frac{\text{g}}{k_{\text{в}}},\ \text{C}_2 = \text{v}_0 \cos\alpha. \quad (13)$$

Которые имеют следующие значения:

$$\text{C}_1 = \text{v}_0 \sin\alpha + \frac{\text{g}}{k_{\text{в}}},\ \text{C}_2 = \text{v}_0 \cos\alpha. \quad (14)$$

Решая уравнение (11) с постоянными интегрирования и замены проекций скорости на оси координат, получаем:

$$\frac{\text{dx}}{\text{dt}} = -\frac{\text{g}}{k_{\text{в}}} + (\text{v}_0 \sin\alpha + \frac{\text{g}}{k_{\text{в}}})\text{e}^{-k_{\text{в}}\text{t}}; \quad (15)$$

$$\frac{\text{dy}}{\text{dt}} = \text{v}_0 \cos\alpha\, \text{e}^{-k_{\text{в}}\text{t}}\text{-g}/k_{\text{в}} \quad (16)$$

После интегрирования дифференциальных уравнений (15),(16), получим:

$$\text{x} = -\frac{1}{k_{\text{в}}}(\frac{\text{g}}{k_{\text{в}}} + \text{v}_0 \sin\alpha)\text{e}^{-k_{\text{в}}\text{t}} - \frac{\text{g}}{\text{k}}\text{t} + \text{C}_3; \quad (17)$$

$$\text{y} = \frac{-\text{v}_0 \cos\alpha \text{e}^{-k_{\text{в}}\text{t}}}{k_{\text{в}}} + \text{C}_4 \quad (18)$$

Из уравнений (17), (18) определим постоянные интегрирования C_3 C_4:

$$\text{C}_3 = \frac{1}{k_{\text{в}}}(\frac{\text{g}}{k_{\text{в}}} + \text{v}_0 \sin\alpha), \quad (19)$$

$$\text{C}_4 = \frac{\text{v}_0 \cos\alpha}{k_{\text{в}}} \quad (20)$$

После некоторых преобразований уравнений (19), (20), получаем:

$$\text{x} = \frac{1}{k_{\text{в}}}(\frac{\text{g}}{k_{\text{в}}} + \text{v}_0 \sin\alpha)(1 - \text{e}^{-k_{\text{в}}\text{t}}) - \frac{\text{g}}{k_{\text{в}}}\text{t}; \quad (21)$$

$$\text{y} = \frac{\text{v}_0 \cos\alpha \text{e}^{-k_{\text{в}}\text{t}}}{k_{\text{в}}}(1 - \text{e}^{-k_{\text{в}}}). \quad (22)$$

Решая уравнения движения (21), (22) можно получить уравнения движения точки. По правилу Лопиталя получаем y_1, x_1:

$$\text{y}_1 = \text{v}_0 \cos\alpha \lim_{k_{\text{в}}\to 0} \frac{(1-\text{e}^{-k_{\text{в}}\text{t}})}{k_{\text{в}}} = \text{v}_0\, \text{t} \cos\alpha. \quad (23)$$

После некоторых преобразований уравнений (23) получаем:

$$\text{x} = \frac{\text{g}(1-\text{e}^{-k_{\text{в}}\text{t}}-k_{\text{в}}\text{t})}{{k_{\text{в}}}^2} + \frac{\text{v}_0 \sin\alpha(1-\text{e}^{-k_{\text{в}}\text{t}})}{k_{\text{в}}}; \quad (24)$$

Откуда найдем x_1:

$$\text{x}_1 = \text{g}\lim_{\text{k}\to 0} \frac{\left(\frac{\text{d}^2}{\text{d}{k_{\text{в}}}^2}\right)(1 - \text{e}^{-k_{\text{в}}\text{t}} - k_{\text{в}}\text{t})}{\left(\frac{\text{d}^2}{\text{d}{k_{\text{в}}}^2}\right){k_{\text{в}}}^2} + \text{v}_0 \sin\alpha \lim_{k_{\text{в}}\to 0} \frac{\left(\frac{\text{d}}{\text{d}k_{\text{в}}}\right)(1 - \text{e}^{-k_{\text{в}}\text{t}})}{\left(\frac{\text{d}k_{\text{в}}}{\text{d}k_{\text{в}}}\right)} =$$

$$= -\frac{\text{gt}^2}{2} + \text{v}_0\, \text{t} \sin\alpha; \quad (25)$$

Решая уравнения (23), (25) получим:

$$\text{x}_1 = \text{v}_0\, \text{t} \sin\alpha - \frac{\text{gt}^2}{2} \quad (26)$$

$$\text{y}_1 = \text{v}_0\, \text{t} \cos\alpha. \quad (27)$$

Уравнение траектории точки в координатной форме (рис. 2) определим при исключении времени *t* из уравнений (26),(27):

$$x_1 = y_1 \operatorname{tgn} \alpha - \frac{g y_1^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \quad (28)$$

Из уравнения (28) при $x_1 = 0$, найдем y_1, величина которой будет горизонтальной дальностью паллета семени *l*:

$$l = \frac{2 v_0^2 \cos\alpha \sin\alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad (29)$$

Вывод. Если рассматривать выражение (29) относительно схемы технологического процесса работы экспериментального сошника (рис. 2), то следует, что выполнение заданного технологического процесса высева семян на дно борозды возможно при минимальном отклонении траектории вылета семян из отверстия семянаправителя от прямолинейного движения семени в сторону шины катка. Из этого следует, что и угол α вылета семян из отверстия семянаправителя необходимо принять минимальным в пределах 10…15°. Решая уравнение (29) с заданными параметрами угла α получим расстояние от плоскости сечения отверстия семянаправителя до центра колеса равное 0,050 м.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федерального государственного бюджетного учреждения «Российский фонд фундаментальных исследований» (договор №19 – 38 – 90158/19)

Список литературы

1. Посевные машины. Теория, конструкция, расчет / Н. П. Ларюшин, А.В. Мачнев, В. В. Шумаев и др. – М.: Росинформагротех, 2010.- 292 с., ил.

2. Ларюшин, Н.П. Современные посевные машины: учебное пособие / Н.П. Ларюшин. – Пенза РИО ПГСХА, 2007. – 100 с.

3. Ларюшин, Н.П. Технологии и комплексы машин в растениеводстве / Н.П. Лрюшин. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – 167 с.

4. Зубарев, А.Г. Результаты исследований сошника с направителем семян, рыхлителем почвы и бороздным прикатывающим катком А.Г. Зубарев, Н.П. Ларюшин, А.В. Шуков и др. Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. Материалы Международной научно-практической конференции. Редколлегия: П.В. Сенин [и др.], сост. С.Е. Федоров, отв. за выпуск В.Ф. Купряшкин. 2020. С. 467-470.

5. Зубарев, А.Г. Некоторые результаты лабораторных исследований сошника с бороздным прикатывающим катком Зубарев А.Г., Ларюшин Н.П. Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства. Сборник статей V Международной научно-практической конференции. 2020. С. 53-56.

6. Зубарев, А.Г. Результаты исследований сошника зерновой сеялки с гасителем скорости семян А.Г. Зубарев, Н.П. Ларюшин Современные наукоемкие технологии. 2020. № 8. С. 38-43.

References

1. Posevnye mashiny. Teorija, konstrukcija, raschet / N. P. Larjushin, A.V. Machnev, V. V. Shumaev i dr. – M.: Rosinformagroteh, 2010.- 292 s., il.

2. Larjushin, N.P. Sovremennye posevnye mashiny: uchebnoe posobie / N.P. Larjushin. – Penza RIO PGSHA, 2007. – 100 s.

3. Larjushin, N.P. Tehnologii i kompleksy mashin v rastenievodstve / N.P. Lrjushin. – Penza: RIO PGSHA, 2016. – 167 s.

4. Zubarev, A.G. Rezul'taty issledovanij soshnika s napravitelem semjan, ryhlitelem pochvy i borozdnym prikatyvajushhim katkom A.G. Zubarev, N.P. Larjushin, A.V. Shukov i dr. Jenergojeffektivnye i resursosberegajushhie tehnologii i sistemy. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Redkollegija: P.V. Senin [i dr.], sost. S.E. Fedorov, otv. za vypusk V.F. Kuprjashkin. 2020. S. 467-470.

5. Zubarev, A.G. Nekotorye rezul'taty laboratornyh issledovanij soshnika s borozdnym prikatyvajushhim katkom Zubarev A.G., Larjushin N.P. Resursosberegajushhie tehnologii i tehnicheskie sredstva dlja proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. Sbornik statej V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 2020. S. 53-56.

6. Zubarev, A.G. Rezul'taty issledovanij soshnika zernovoj sejalki s gasitelem skorosti semjan A.G. Zubarev, N.P. Larjushin Sovremennye naukoemkie tehnologii. 2020. № 8. S. 38-43.

Сведения об авторах
Принадлежность к организации

Зубарев Андрей Геннадьевич – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», Россия, г. Пенза, e-mail: andr.zubarew1800@yandex.ru

Ларюшин Николай Петрович – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», Россия, г. Пенза, e-mail: larushinnp@mail.ru.

Шуков Александр Васильевич – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», Россия, г. Пенза, e-mail: Sashka-shukov@yandex.ru.

Author credentials
Affiliations

Zubarev Andrey – – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University”, Russia, Penza, e-mail: andr.zubarew1800@yandex.ru

Laryushin Nikolay – Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University”, Russia, Penza, e-mail: larushinnp@mail.ru.

Shukov Alexander – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University”, Russia, Penza, e-mail: Sashka-shukov@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 12.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 05.08.2021

УДК 65.014.1
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-31-40

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО САДОВОДСТВА – СОВРЕМЕННЫЙ ФОРМАТ

[1]Завражнов Андрей Анатольевич
[1]Завражнов Анатолий Иванович
[1]Ланцев Владимир Юрьевич
[1]ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»

Реферат. *Реализация компетенций, определяющих обеспечение внедрения передовых производственных технологий (ППТ) и цифровой трансформации с использованием компьютерных, интеллектуальных, высокоточных и информационных компонентов, которые интегрированы с системой «умного» управления продукционными, технологическими и производственными процессами определяет современное развитие промышленного садоводства. Показано, что при данном подходе создается производственно-технологическая система, обладающая как преимуществами массового производства, так и достоинствами гибкой настроенностью на необходимый объем выпуска продукции с высокой степенью кастомизации (персонализации) для быстрого реагирования на потребности рынка. Ученые ИнТех впервые уточнили и сформулировали понятия и определения для технико-технологического обеспечения производства посадочного материала и плодово-ягодной продукции. Определены структурно-функциональные связи метамодели, которая позволяет конструировать модель в виде многомерной информационной матрицы, объединяющей в своем формате максимальное число входящих и выходных параметров, которые могут изменяться. Это позволяет адаптировать модель к самым различным производственно-технологическим условиям. В итоге создана законченная и дееспособная система инженерного обеспечения отечественного садоводства и питомниководства в виде технико-технологических принципов и машинных технологий, оформленная типовыми технологическими картами и представленная широким ассортиментом техники и оборудования. Разработаны и внедрены в производство более 10 конкурентоспособных*

машинных технологий, имеющих российский приоритет и объединяющих собой более 30 типов машин для работы в промышленном садоводстве.

Ключевые слова: *садоводство, производственные технологии, принципы, цифровая трансформация, средства механизации.*

INDUSTRIAL GARDENING ENGINEERING - MODERN FORMAT

[1]Zavrazhnov Andrey
[1]Zavrazhnov Anatoly
[1]Lantsev Vladimir

[1]FSBEI HE "Michurinsk State Agrarian University"

Abstract. *The implementation of competencies that determine the implementation of advanced production technologies (APT) and digital transformation using computer, intelligent, high-precision and information components that are integrated with the system of "smart" management of production, technological and production processes determines the modern development of industrial horticulture. It is shown that for a givenapproach, a production and technological system is created that has both the advantages of mass production, and the advantages of a flexible attitude to the required volume of output products with a high degree of customization (personalization) for a quick response to market needs. Scientists of InTech for the first time clarified and formulated concepts and definitions for technical and technological support for the production of planting material and fruit and berry products. The structural and functional relationships of the metamodel are determined, which allows constructing a model in the form of a multidimensional information matrix that combines in its format the maximum number of input and output parameters that can be changed. This allows the model to be adapted to a wide variety of production and technological conditions. A complete and capable system of engineering support for domestic horticulture and nursery in the form of technical and technological principles and machine technologies, drawn up with standard flow charts and represented by a wide range of machinery and equipment was created as a result. More than 10 competitive machine technologies have been developed and introduced into production, which have a Russian priority and combine more than 30 types of machines for working in industrial horticulture.*

Keywords: *gardening, production technologies, principles, digital transformation, means of mechanization.*

Введение. Доктрина продовольственной безопасности России определяет стратегические приоритеты в части промышленного садоводства, ключевым моментом которых являются обеспечение конкурентоспособности и импортонезависимости отрасли [1].

Причем, как отмечают отечественные ученые, использование импортной техники имеет достаточно низкую эффективность вследствие высокой стоимости и невозможности полной адаптации к почвенно-климатическим условиям России и отечественным агротехнологиям [2, 3]. Данные факторы, а именно: самые многообразные технологические схемы ведения садоводства; широкий диапазон почвенно-климатических условий; потребность в большом ассортименте машин и оборудования, различные организационные и финансовые возможности хозяйств определяют основную проблематику вопроса, а именно: техническое оснащение и инженерное обеспечение отечественного промышленного садоводства на современном этапе должно иметь высочайшую степень кастомизации (персонализации) и адаптированности.

Долгое время полагали, что эффективность и продуктивность промышленного садоводства напрямую связана с внедрением преимущественно узкоспециализированных агротехнологий, специальной сельскохозяйственной техники (разработанной и изготовленной по традиционным (классическим) технологиям), удобрений и гербицидов направленного действия и т.п. В настоящее время прорывы в промышленном садоводстве, как и во всем сельскохозяйственном производстве объясняют реализацией компетенций, обеспечивающих внедрение передовых производственных технологий (ППТ) и цифровой трансформации, широко использующих компьютерные, интеллектуальные, высокоточные и информационные компоненты, интегрированные с системой «умного» управления продукционными, технологическими и производственными процессами. При таком подходе, на передний план выходит производственно-технологическая система,

сочетающаяй в себе преимущества массового производства, одновременно, гибко настроенная на необходимый в данный момент объем выпуска продукции, и обладающая высокой степенью кастомизации (персонализации) для быстрого реагирования на потребности рынка.

В настоящее время мы наблюдаем переход (рисунок 1) от традиционного (классического) садоводства, в котором инженерное обеспечение сформировано на основе использования машин и оборудования, к интенсивному садоводству на основе машинных технологий и далее к садоводству будущего, облик которого определяется передовыми производственными технологиями и цифровой трансформацией [4, 5, 6, 7].

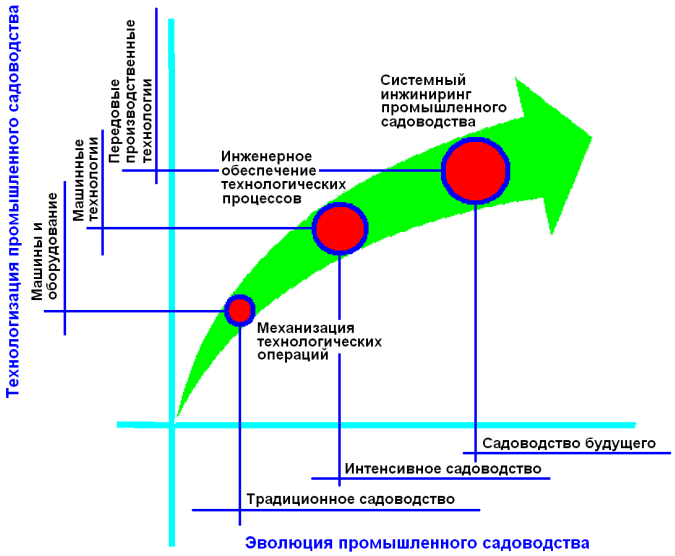


Рисунок 1 – Циклы развития промышленного садоводства

Цикл развития интенсивного садоводства, определяющий инженерное обеспечение технологических процессов как внедрение машинных технологий, получил свое развитие в начале 2000-х годов и продолжается в настоящее время.

Распространение информационных и цифровых технологий отражается и на развитии промышленного садоводства, которое можно характеризовать как садоводство будущего, определяющее системный инжиниринг технологических, производственных и организационных процессов на основе передовых производственных технологий и цифровой трансформации [3].

Широкий круг задач потребовал объединения усилий ведущих ученых и организаций в области инженерного обеспечения интенсивного садоводства, что предопределило образование Автономной некоммерческой организации АНО РНТЦ «ИнТех», учредителями которой являлись ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, ФНЦ им. И.В. Мичурина (г. Мичуринск) и ФНАЦ ВИМ (г. Москва).

Основной целью создания АНО РНТЦ «ИнТех» являлось создание конкурентноспособной высоко эффектиной системы инженерного обеспечения отечественного интенсивного садоводства.

Специалистами АНО РНТЦ «ИнТех» был проведен глубокий анализ основных положений Целевой программы развития садоводства и питомниководства и сформулированы ключевые направления проведения исследований.

На рисунках 2 и 3 представлена онтология Целевой программы и перечень мероприятий в части проведения НИОКР по созданию системы инженерного обеспечения интенсивного садоводства.

Анализ основных положений Целевой программы показывает, что основополагающим вектором развития системы инженерного обеспечения интенсивного садоводства России является повсеместное внедрение так называемых машинных технологий, включающих такие компоненты

как: приемы, операции, процессы, технологии, технику и единую систему управления данными компонентами.

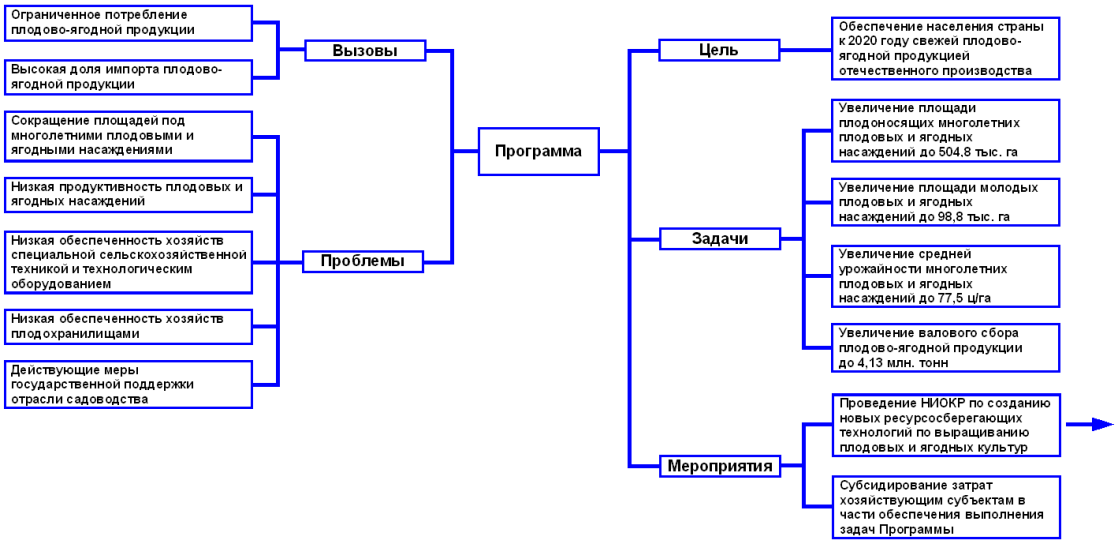


Рисунок 2 – Целевая программа «Развитие садоводства и питомниководства в Российской Федерации»

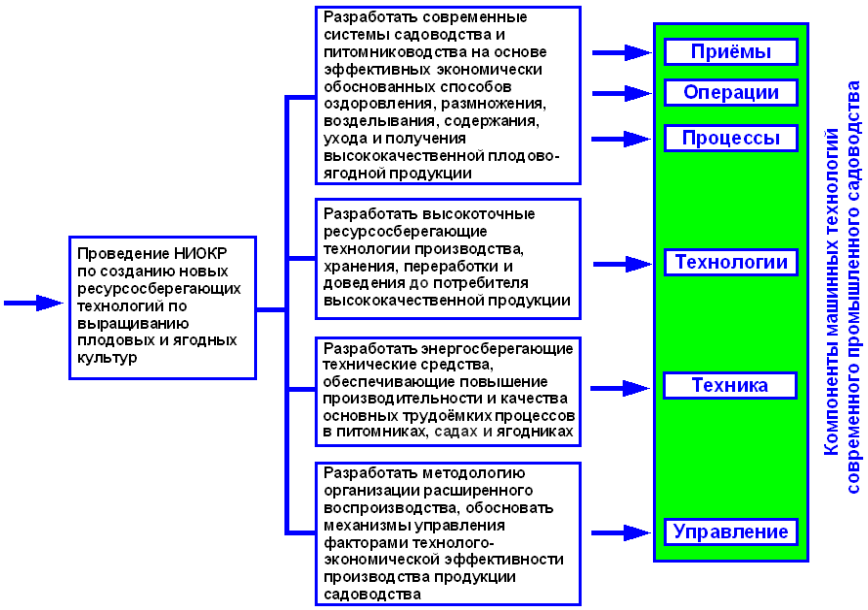


Рисунок 3 – Структура мероприятий в части реализации технико-технологической составляющей Целевой программы

Результаты и их обсуждение. Научная, исследовательская и проектно-конструкторская деятельность ученых и специалистов научных школ ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, ФНЦ им. И.В. Мичурина и ФНАЦ ВИМ позволила сформировать научно-технологический и технический базис отечественной системы инженерного обеспечения интенсивного садоводства, основанный на цикле работ, посвященных научному обоснованию, разработке и реализации инновационных машинных технологий и технических средств в питомниководстве и садоводстве, обеспечивающих импортозамещение и продовольственную безопасность России. Они включали следующие разделы:

1. Создание современной системы промышленного садоводства и питомниководства на основе

эффективных и экономически обоснованных технологий производства плодово-ягодной продукции и выращивания посадочного материала.

2. Формирование ресурсосберегающих машинных технологий и энергосберегающих технических средств, обеспечивающих повышение производительности и качества основных трудоёмких процессов в питомниках, садах и ягодниках.

3. Создание научно и технико-технологических заделов развития отрасли на основе передовых производственных технологий и цифровой трансформации.

Учеными ИнТех были впервые уточнены и сформулированы понятия и определения для технико-технологического обеспечения производства посадочного материала и плодово-ягодной продукции в промышленном садоводстве. В частности, были применены к этой области такие термины как: базовые технологические процессы, базовая технология; типовые технологические операции; машинные технологии; технологизация и др. Созданное терминологическое и понятийное поле, в итоге предопределило научные принципы и методологию развития промышленного садоводства в общем и его инженерного обеспечения, в частности [8, 9].

Научной составляющей всего цикла работ явилась разработка метамодели, определяющей структурные и функциональные связи системы инженерного обеспечения производства посадочного материала и выращивания плодово-ягодной продукции на всех этапах и для всех производственно-технологических составляющих.

Структурно-функциональные связи метамодели определены математической зависимостью типа:

$$C = F(D_1, D_2, D_3 \dots D_i)$$

где C - структура системы и/или ее составляющих; F - знак функционала, определяющего взаимозависимость и соответствие сложных организационных систем между собой; D_i - атрибут и/или определенное множество качественных и количественных характеристик элементов (составляющих) системы.

Научной новизной представленной метамодели является возможность ее структурирования и формализации (до требуемой степени точности) по каждому вектору D_i, любыми доступными для исследователя методами (математическими, логическими, описательными и др.).

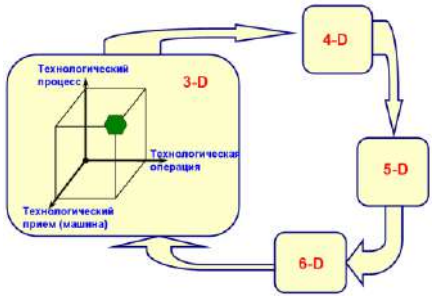
Данный подход позволяет конструировать модель в виде многомерной информационной матрицы, которая является аналогом цифровой «мульти D-модели», объединяющей в своем формате максимальное число входящих и выходных параметров и имеется возможность ее непрерывного наполнения новыми знаниями и приобретенным опытом.

Это позволяет адаптировать модель к самым различным производственно-технологическим условиям.

Отличительная особенность предложенной информационно-технологической «мульти D-модели» связана с возможностью ее непрерывного пополнения за счет новых знаний с учетом приобретенного опыта и эффективного управления полученными знаниями в рамках единого целеполагания, единого информационного пространства (ЕИП), единого жизненного цикла (ЖЦ).

На рисунке 4 представлена схема формализации системы инженерного обеспечения промышленного садоводства 6D-моделью.

Инфографика
(структурно-функциональная схема)



Содержание 6D - модели

C = F (D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6),

где D_1 - технологические процессы; D_2 - технологические операции; D_3 - технологические приемы (тип машин и оборудования); D_4 - управление сроками (временной фактор процессов); D_5 - управление ресурсами (финансовое и материальное обеспечение процессов); D_6 - обеспечение жизнедеятельности (сервисные мероприятия)

Рисунок 4 – Инфографика 6D-модель формализации системы инженерного обеспечения промышленного садоводства

Впервые в мировой и отечественной практике был получен для промышленного садоводства и питомниководства научно-обоснованный метод выбора и оптимизации специфических технологических и производственных процессов.

Разработанные научные принципы позволяют рассматривать систему инженерного обеспечения промышленного садоводства как цепочку взаимосвязанных и взаимозависимых процессов, а именно формирование:

- структуры технико-технологической составляющей с учетом агробиологических, агротехнологических и продукционных особенностей интенсивных садов для индустриального интенсивного садоводства;
- нормативной базы, обеспечивающей техническое и технологическое регулирование технико-технологической составляющей интенсивного садоводства;
- машиностроительной компоненты с учетом регионального сельхозмашиностроения и малого бизнеса;
- технологизация и насыщение интенсивного садоводства наукоёмкими высокотехнологичными элементами современного машиностроения;
- процедуры управления технологическими и производственными процессами на всех этапах жизненного цикла сада или питомника.

Процессный подход позволяет сформировать блок-схему, определяющую облик промышленного садоводства России, на основе которого формируется система инженерного обеспечения отрасли (рисунок 5).

Рисунок 5 – Технико-технологический облик промышленного интенсивного садоводства

В своих научных публикациях ученые ИнТех полностью раскрыли политику технологизации и инженерного обеспечения производства посадочного материала и выращивания плодово-ягодной продукции в современных условиях.

Выводы. На основе разработанных научных принципов и методологических основ учеными ИнТех в интеграции с научными коллективами профильных институтов получены результаты, имеющие значительный практический результат, а именно разработаны принципы:

- формирования машинных технологий промышленного садоводства в современных условиях;
- внедрения и производства техники для промышленного садоводства в формате Unit Production (мелкосерийное производство).

Разработаны и исследованы инновационные технологии и машины в промышленном садоводстве для: содержания и ухода за садами; раскорчевки и утилизации садовых насаждений,

выведенных из эксплуатации; посадки и выращивания саженцев; уборки и транспортировки плодов

В итоге создана законченная и дееспособная система инженерного обеспечения отечественного садоводства и питомниководства в виде технико-технологических принципов и машинных технологий, оформленная типовыми технологическими картами (ТТТ), «Системой машин и технологий» и представленная широким ассортиментом техники и оборудования [10].

Разработаны и внедрены в производство более 10 конкурентоспособных машинных технологий, имеющих российский приоритет и объединяющих собой более 30 типов машин для работы в промышленных садах интенсивного типа, плодовых маточниках и питомниках.

В частности, раскорчевку и утилизацию старых садовых насаждений и садов, выведенных из эксплуатации предлагается осуществлять наборами машин типа корчевателей пней плодовых деревьев КП-2; рыхлителей – вычесывателей РВ; машинами органического земледелия МОЗ-2; рыхлителями буртов РБП-1. Их использование позволит обеспечить экологическую безопасность и повысить плодородие почвы на основе принципов органического земледелия

КП-2

РВ-4

МОЗ-2

РБП-1

- для производства посадочного материала плодовых и ягодных культур: семейство бороздонарезчиков БР; комплекс для маточников УКМ; адаптер для питомников АП-1,5; высококлиренсную платформу ВП-1,5 и др.

БР-4

УКМ

АП-1,5

ВП-1,5

Для закладки, содержания и интенсивного ухода за садами предлагается использовать гербицидную штангу ГШС-0,9; борону для приствольных полос БДП-0,9; семейство косилок-измельчителей ИКС-1,5; машину для обработки приствольных полос МПП-1,2 и др.

ГШС-0,9

БДП-0,9

ИКС-1,5

МПП-1,2

Уход за ягодными культурами можно осуществлять фрезами для междурядной обработки ФМО-3-5; садовыми ФСУ-120/200; машинами для мульчирования земляники ММЗ; катками-перфораторами КП-1000 и др.

ФМО-3-5

ФСУ-120

ММЗ

КП-1000

Подойдут для уборки и транспортировки плодов и ягод: фронтальный погрузчик ФП-0,3; платформу для обрезки и сбора плодов; платформу садовую ПТ-5Э; наборы плодосборных сумок ПС; платформу транспортную ПТ-4/9 и др.

ФП-0,3

ПТ-5Э

ПС

ПТ-4

Создана и организована инновационная производственная площадка на базе Инженерного центра ФНЦ им. И.В. Мичурина, нацеленная на выпуск и поставку широкого спектра техники и оборудования для промышленного садоводства и питомниководства по всем регионам Российской Федерации.

Работа ученых ИнТех «Научное обоснование, разработка и реализация инновационных машинных технологий и технических средств в питомниководстве и садоводстве, обеспечивающих импортозамещение и продовольственную безопасность России» в составе авторов отмечена Премией Правительства РФ.

Список литературы

1. Федеральная научно-технологическая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы. – М., 2017. – 52 с.

2. Садоводство России в растущем тренде [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.stav-ikc.ru/index.php/tekhnologii-dlya-s-kh-proizvodstva/2647-sadovodstvo-rossii-v-rastushem-trende дата обращения: 18.03.2019).

3. Садоводство астраханской области: история, современное состояние и перспективы развития /Анишко М.Ю., Айтпаева А.А., Бабакова А.С., Лысаков М.А., Пучков М.Ю., Шахмедова Ю.И. // В сборнике: Каспий XXI века: пути устойчивого развития. Материалы Международного научного форума. Составители: К.А. Маркелов [и др.]. - 2020. - С. 8-10.

4. Боровков А.И., Рябов Ю.А. Перспективные направления развития передовых производственных технологий в России. Сборник «XVII Апрельская международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества». (В четырех книгах. Отв. ред. Е. Ясин. М.: НИУ ВШЭ, 2017).

5. Садоводство региона - на рельсы интенсификации / Магомедов А.М. // Экономика и предпринимательство. - 2015. - № 6-1 (59). - С. 888-891.

6. Интенсивные технологии в садоводстве южных регионов России / Стальная М.И. // В сборнике: Формирование и развитие сельскохозяйственной науки в XXI ВЕКЕ. сборник научных статей. - 2016. - С. 601-606.

7. Современное состояние и перспективы развития садоводства в регионе / Шокумова Р.Е. // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. - 2019. - № 3 (25). - С. 143-147.

8. Завражнов, А.И. Технология и техника промышленного садоводства / А.И. Завражнов, А.А. Завражнов, В.Ю. Ланцев, К.А. Манаенков, В.Ф. Федоренко // М: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 520 с.

9. Modern industrial horticulture as the managed information and technological system / Zavrazhnov, A.I., Zavrazhnov, A.A., Lantsev V.Yu., Trunov Y.V. // Ecology, Environment and Conservation. Vol. 22. Dec. 2016 Suppl. Issue; pp. 173-177.

10. Научное обоснование, разработка и реализация инновационных машинных технологий и технических средств в питомниководстве и садоводстве: монография / А.Ю.Измайлов, Д.Н. Еремеев, А.А. Завражнов, А.И. Завражнов, И.М. Куликов, В.Ю. Ланцев, Я.П. Лобачевский, И.Г. Смирнов, В.Ф. Федоренко. // М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2020. – 320 с.

References

1. Federal'naja nauchno-tehnologicheskaja programma razvitija sel'skogo hozjajstva na 2017-2025 gody. – M., 2017. – 52 s.

2. Sadovodstvo Rossii v rastushhem trende [jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://www.stav-ikc.ru/index.php/tekhnologii-dlya-s-kh-proizvodstva/2647-sadovodstvo-rossii-v-rastushem-trende 9data obrashhenija: 18.03.2019).

3. Sadovodstvo astrahanskoj oblasti: istorija, sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija /Anishko M.Ju., Ajtpaeva A.A., Babakova A.S., Lysakov M.A., Puchkov M.Ju., Shahmedova Ju.I. // V sbornike: Kaspij XXI veka: puti ustojchivogo razvitija. Materialy Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma. Sostaviteli: K.A. Markelov [i dr.]. - 2020. - S. 8-10.

4. Borovkov A.I., Rjabov Ju.A. Perspektivnye napravlenija razvitija peredovyh proizvodstvennyh tehnologij v Rossii. Sbornik «XVII Aprel'skaja mezhdunarodnaja nauchnaja konferencija po problemam razvitija jekonomiki i obshhestva». (V chetyreh knigah. Otv. red. E. Jasin. M.: NIU VShJe, 2017).

5. Sadovodstvo regiona - na rel'sy intensifikacii / Magomedov A.M. // Jekonomika i predprinimatel'stvo. - 2015. - № 6-1 (59). - S. 888-891.

6. Intensivnye tehnologii v sadovodstve juzhnyh regionov Rossii / Stal'naja M.I. // V sbornike: Formirovanie i razvitie sel'skohozjajstvennoj nauki v XXI VEKE. sbornik nauchnyh statej. - 2016. - S. 601-606.

7. Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija sadovodstva v regione / Shokumova R.E. // Izvestija Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova. - 2019. - № 3 (25). - S. 143-147.

8. Zavrazhnov, A.I. Tehnologija i tehnika promyshlennogo sadovodstva / A.I. Zavrazhnov, A.A. Zavrazhnov, V.Ju. Lancev, K.A. Manaenkov, V.F. Fedorenko // M: FGBNU «Rosinformagroteh», 2016. – 520 s.

9. Modern industrial horticulture as the managed information and technological system / Zavrazhnov, A.I., Zavrazhnov, A.A., Lantsev V.Yu., Trunov Y.V. // Ecology, Environment and Conservation. Vol. 22. Dec. 2016 Suppl. Issue; pp. 173-177.

10. Nauchnoe obosnovanie, razrabotka i realizacija innovacionnyh mashinnyh tehnologij i tehnicheskih sredstv v pitomnikovodstve i sadovodstve: monografija / A.Ju.Izmajlov, D.N. Eremeev, A.A. Zavrazhnov, A.I. Zavrazhnov, I.M. Kulikov, V.Ju. Lancev, Ja.P. Lobachevskij, I.G. Smirnov, V.F. Fedorenko. // M.: FGBNU FNAC VIM, 2020. – 320 s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Завражнов Андрей Анатольевич – кандидат технических наук, начальник Инжинирингового центра Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г. Мичуринск, e-mail: Noc-inteh@yandex.ru.

Завражнов Анатолий Иванович – доктор технических наук, академик РАН, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г. Мичуринск, e-mail: aiz@mgau.ru.

Ланцев Владимир Юрьевич – доктор технических наук, заведующий кафедрой Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г. Мичуринск, e-mail: Lan-vladimir@yandex.ru.

Author credentials

Affiliations

Zavrazhnov Andrey – Candidate of Technical Sciences, Head of the Engineering Center of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Michurinsk State Agrarian University", Russia, Michurinsk, e-mail: Noc-inteh@yandex.ru.

Zavrazhnov Anatoly – Full Doctor of Technical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Ch. Researcher of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Michurinsk State Agrarian University", Russia, Michurinsk, e-mail: aiz@mgau.ru.

Lantsev Vladimir – Full Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Michurinsk State Agrarian University", Russia, Michurinsk, e-mail: Lan-vladimir@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 08.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 09.08.2021

УДК 636.085
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-3-40-50

ИССЛЕДОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЦЕССА КОМЛЕПОДБИВАНИЯ СТЕБЛЕЙ В СЛОЕ ПРИ ОБОРАЧИВАНИИ ЛЕНТ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

[1]Зинцов Александр Николаевич
[2]Ковалев Михаил Михайлович
[1]Соколов Валерий Николаевич
[2]Перов Геннадий Анатольевич

[1]ФГБОУ ВО Костромская ГСХА
[2]ФГБНУ "Федеральный научный центр лубяных культур"

Реферат. *Для сокращения потерь волокнистой части при выделении из тресты на льнозаводе используют комлеподбивание. Приведен анализ конструкций комлеподбивателей. Показано, что уменьшать растянутость слоя наиболее целесообразно с помощью оборачивания лент стеблей льна в процессе росяного приготовления тресты. Для осуществления предложенного способа в Костромской ГСХА разработан конвейерный комлеподбиватель наклонного типа, обеспечивающий наиболее полное использование энергии удара для продольного смещения стеблей в слое, независимо от случайного характера входных факторов. Инновационный комлеподбиватель, совершает колебательное движение. Он выполнен в виде бесконечной ленты, обладающей упругими свойствами и огибающий цилиндрические передний ведущий, и задний ведомый шкивы, Колебательные движения рабочей ветви бесконечной ленты задают установленные под ней два или более синхронно вращающихся активаторов роликового типа, в которых обеспечивается наиболее полное использование энергии удара для продольного смещения стеблей в слое, позволяющего наносить удары комлеподбивающей поверхностью строго в направлении осей стеблей Представлена методика и результаты экспериментальных исследований по обоснованию параметров и режимов работы разработанного конвейерного комлеподбивателя в варианте его использования на опытном образце оборачивателя ОКП-1,5К. Установлено, что максимальное уменьшение растянутости слоя (Δγ=5,44%) за одно оборачивание обеспечивается при нанесении четырех ударов по комлям стеблей с амплитудой 3,0 см. Показана эффективной работы предложенного комлеподбивателя в широком диапазоне урожайности льна-долгунца.*

Ключевые слова*: растянутость, стебли, длинное льняное волокно, урожай, слой, треста, лента, комлеподбиватель, оборачиватель, конвейер.*

INVESTIGATION OF THE INNOVATIVE PROCESS OF COMBING STEMS IN A LAYER WHEN WRAPPING FLAX RIBBONS

[1]Zintsov Alexander
[2]Kovalev Mixail
[1]Sokolov Valery
[2]Perov Gennady

[1]FGBOU VO Kostroma State Agricultural Academy
[2]FSBI "Federal Research Center for Bast Crops"

***Abstract**: Komlepodbivaniye is used to reduce the loss of the fibrous part when separating from the trusts at the flax mill. The analysis of the construction of the komlepodbivatel is given. It is shown that it is most expedient to reduce the stretching of the layer by wrapping the ribbons of flax stems in the process of dew preparation of trusts. Conveyor komlepodbivatel of inclined type, providing the most complete use of impact energy for longitudinal displacement of stems in the layer, regardless of the random nature of the input factors, was developed at the Kostroma State Agricultural Academy for the implementation of the proposed method.An innovative komlepodbivatel that makes an oscillating motion. It is made in the form of an endless belt with elastic properties and enveloping cylindrical front driving and rear driven pulleys. displacement of the stems in a layer that allows hitting with a komlepodbivaniye surface strictly in the direction of the axes of the stems. The methodology and results of experimental studies on the substantiation of the parameters and operating modes of the developed conveyor complement device in the variant of its use on the prototype of the OKP-1.5K turner are presented. It was found that the maximum decrease in the elongation of the layer (Δγ = 5.44%) for one turn is provided when four blows are applied to the butts of the stems with an amplitude of 3.0 cm. The effective work of the proposed butt-finisher is shown in a wide range of fiber flax yields.*

***Keywords:** elongation, stems, long flax fiber, crop, layer, tresta, tape, komlepodbivatel, wrapper, conveyor.*

Введение. Длинное льняное волокно всегда было главным источником прибыли и основой для дальнейшего развития льноводства. Анализ причин кризисного состояния отрасли показал, что в рейтинге неблагоприятных обстоятельств одно из лидирующих мест занимают чрезмерно большие потери волокнистой части при ее выделении из тресты на льнозаводе. В лучшем случае только одна треть возможного урожая волокна используется для получения прибыли. Чаще всего неудовлетворительный результат становится следствием избыточной растянутости стеблей в ленте (слое), которая формируется в результате целого ряда таких производственных факторов, как использование для посева семян низких репродукций, грубые нарушения технологии предпосевной обработки почвы, особенности механических воздействий на стеблестой теребильными секциями и другими рабочими органами льноуборочных машин. Как показывает практика, наибольший вред качеству лент стеблей приносят обязательные технологические операции по приготовлению и уборке льнотресты, которые многократно и неминуемо увеличивают указанный параметр [1-4]. При избыточном продольном сдвиге наиболее выступающие из слоя стебли не попадают в зону действия зажимных транспортеров трепальных секций, легко выдергиваются из слоя трепальными барабанами, уходят в отходы, снижая выработку длинного волокна.

Проблема низкого выхода длинного волокна (не более 10% от массы тресты) возникла еще в конце прошлого века после отказа льноводов от паковок тресты (соломы) в виде снопов и внедрения рулонной технологии уборки льносырья.

Несмотря на неоспоримые достоинства, рулонная технология практически сразу же претерпела серьезные искажения. Применяемая ранее технология сдваивания и страивания лент себя не оправдала, так как кроме затрат ручного труда в них увеличивалась исходная растянутость стеблей. Поэтому, независимо от качества тресты, ожидать высоких выходов длинного волокна из такого слоя не представляется возможным.

Попытка исключить затраты ручного труда на просушку тресты путем применения вспушивателей лент ВЛ-3 безусловно увенчалась успехом. Однако обозначенная выше проблема

при работе вспушивателей в трудных условиях уборки решена не доконца, так как часть стеблей прибитых к земле дождями, остается неподнятыми.

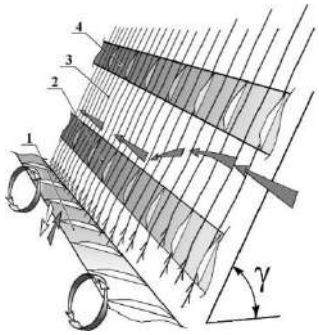
Достаточно результативным приемом повышения качества волокнистой продукции, как показывает производственный опыт и результаты многих научных исследований, является оборачивание лент стеблей льна в процессе росяного приготовления тресты [3-6]. В соответствии с агротребованиями, существующие машины увеличивают растянутость стеблей в ленте на пять и более процентов, тем самым уменьшая эффект от повышения качества волокна.

Поэтому для повышения качества и максимального получения из растений волокнистой части необходимо при выполнении оборачивания лент устранять в них избыточную растянутость стеблей предусмотренную агротребованиями (не более 1,2) путем комлеподбивания, (то есть нанесения ударов по комлевой части слоя в направлении осей стеблей) [7-9].

Для осуществления предложенного способа в потоке стеблевой массы необходимо за очень короткий промежуток времени выполнить последовательно несколько технологических операций: подбор ленты стеблей с поверхности поля, оборачивание ленты, комлеподбивание и возврат обработанных лент на поле для проведения дальнейших действий с ней [10].

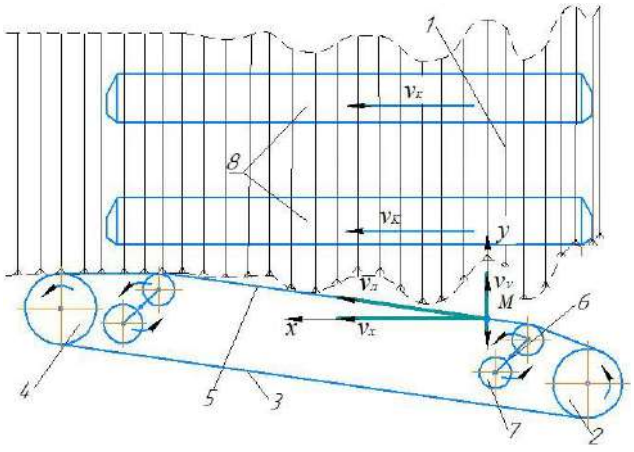
Наибольшее распространение для осуществления комлеподбивания получили конвейерные комлеподбиватели различных конструкций, которые применяются как на мобильных уборочных машинах, так и в линиях льнозаводов [2, 10, 11].

Принцип работы наклонного конвейерного комлеподбивателя основан на смещении ленты стеблей 3 вниз под действием силы тяжести в процессе их транспортирования конвейерами 2 и 4 (рисунок 1, а) [1].



а)

1 – комлеподбивающая поверхность; 2 – комлевой конвейер; 3 – стебли льна; 4 – вершинный конвейер



б)

1 - приемный стол; 2 – ведущий шкив; 3 – бесконечная гибкая лента; 4 – ведомый шкив; 5 – рабочая ветвь гибкой ленты; 6 – активаторы; 7 – ролики; 8 – конвейеры

Рисунок 1 – Схемы конвейерного комлеподбивателя: без активаторов – *а*; с активаторами - *б*

Смещение стеблей происходит до касания комлями поверхности 1, которая наносит по ним встречные удары. Вследствие полученных ударов растянутость стеблей в ленте уменьшается.

Известен комлеподбиватель [10], имеющий рабочий орган , совершающий колебательное движение, снабженный бесконечным ремнем, огибающим эксцентрично установленные шкивы.

В подборщике тресты [10]комлеподбивающий механизм выполнен в виде кривошипов, шарнирно соединеных с комлеподбивающей планкой.

Выравниватель стеблей льна [12] с колебательным движением рабочего органа, выполнен в виде бесконечной ленты, огибающей шкивы, один из которых выполнен в виде многогранника и подпружинен.

Опытный комлеподбиватель конвейерного типа [13] имеет параллелограммный механизм, включающий три кривошипа, шарнирно связанные с шатуном, и две подпружиненные опоры, одна из которых шарнирно соединена с шатуном, а другая закреплена на нем жестко.

Наиболее целесообразным для осуществления комлеподбивания в мобильных уборочных машинах является конвейерный комлеподбиватель [2, 6, 11].

Анализ конструкций известных комлеподбивателей показал, что во всех случаях при работе комлеподбивающей поверхности (КП) вектор скорости любой ее точки имеет осевую (вдоль осей стеблей) — V_Y и поперечную (перпендикулярно осям стеблей) — V_X составляющие, изменяющиеся по закону синуса (косинуса). При этом энергия составляющей удара, направленной вдоль осей стеблей, расходуется на комлеподбивание. Эта энергия затрачена на выполнение полезной работы. Энергия другой составляющей, направленной перпендикулярно осям стеблей, вызывает перекос стеблей в слое и их повреждения. Эта часть энергии удара, затрачена на выполнение вредной работы. Поэтому, для использования всей энергии удара с максимальным эффектом необходимо, чтобы в момент контакта с комлями стеблей осевая составляющая V_Y скорости движения КП имела наибольшее значение, а поперечная — V_X была сонаправленной и равной скорости $V_{K.}$ транспортирования стеблевой массы конвейерами 2 и 4 (рисунок 1,*б*) [14].

Для реализации такого воздействия необходимо, чтобы в соответствии с обозначенным условием контакт слоя тресты с КП происходил в тот момент, когда скорость движения КП относительно этого слоя в направлении, перпендикулярном осям стеблей, равнялась нулю:

$$V_{отн} = V_{к.} - V_X = 0\,. \qquad (1)$$

При разработке модернизированного процесса комлеподбивания с учетом условия (1) следует иметь ввиду, что все полевые машины функционируют в условиях, изменяющихся случайным образом. При этом величина и продолжительность смещения стеблевой массы под действием силы тяжести, скорость первого удара и количество последующих контактов комлей с КП также не будут постоянными.

С целью получения максимального эффекта от каждого удара, несмотря на отмеченную изменчивость факторов на входе в комлеподбиватель, необходимо постоянное соблюдение условия (1) в любой момент встречи слоя с КП. Однако технологические процессы всех известных комлеподбивателей не отвечают данному требованию, так как их работа всегда сопровождается наличием поперечной составляющий V_X скорости КП, изменяющейся по закону синуса (косинуса). Отмеченный недостаток в полной мере относится и к наклонным комлеподбивателям конвейерного типа. Поэтому процесс комлеподбивания нуждается в существенной модернизации и дополнительном исследовании в качестве рабочего органа уборочной машины [1].

В результате научных изысканий предложен инновационный комлеподбиватель конвейерного типа (рисунок 1,*б*), [14], позволяющий наиболее полно обеспечить выполнение требований условия (1). В нем конвейеры 8 (рисунок 1,*б*) перемещают слой стеблей со скоростью V_K вдоль рабочей ветви 5 бесконечной ленты 3 на выходе из комлеподбивателя 1, движущейся со скоростью $V_Л$. Причем горизонтальная составляющая скорости V_X движения рабочей ветви бесконечной ленты совпадает по направлению и равняется скорости V_K движения конвейеров. Синхронно вращающиеся активаторы 6 задают рабочей ветви 5 бесконечной ленты 3 колебательные возвратно-поступательные движения в направлении осей стеблей, и заставляют их смещаться только в направлении их осей внутрь слоя.

В этом случае выравнивание слоя стеблей льна будет происходить более эффективно за счет использования всей энергии каждого удара из-за обеспечения постоянства направления воздействий. Цилиндрическая форма ведомого шкива 4 погасит колебания рабочей ветви 5

бесконечной ленты 3 на выходе из комлеподбивателя, что обеспечит прямолинейность комлевой части слоя стеблей и сохранит эффект, достигнутый при работе комлеподбивателя.

Цель работы – разработка, обоснование оптимальных параметров и режимов работы инновационного конвейерного комлеподбивателя.

Материалы и методы. В процессе исследования использовались методы общего и логического анализа, расчетно-конструктивный метод, метод планирования и обработки эксперимента [15, 16].

Случайная изменчивость и практическая неуправляемость условий работы полевых уборочных машин обуславливает невозможность имитационного моделирования изучаемого процесса в лабораторных условиях. Поэтому наиболее целесообразным является поиск оптимальных значений исследуемых факторов в реальных производственных условиях.

Для проведения эксперимента в ФГБОУ ВО Костромская ГСХА был разработан и изготовлен опытный образец оборачивателя – комлеподбивателя ОКП – 1,5К с установленным на него инновационным (модернизированным) конвейерным комлеподбивателем (рисунок 2).

а) *б*)

Рисунок 2 – Оборачиватель-комлеподбиватель ОКП-1,5К: *а* - общий вид; *б* - в работе

С учетом этого, для решения поставленной задачи программа эксперимента была реализована в производственных условиях опытного поля ФГБОУ ВО Костромской ГСХА с использованием планирования многофакторных опытов по трехуровневому плану 2-го порядка Бокса-Бенкина для трех факторов [16]. При этом объектом исследования являлся модернизированный процесс комлеподбивания, осуществляемый при работе конвейерного оборачивателя – комлеподбивателя ОКП-1,5К в агрегате с трактором МТЗ-80 (рисунок 2, *б*).

Результаты активных наблюдений за работой оборачивателя-комлеподбивателя ОКП-1,5К показали, что интенсивность комлеподбивания не является постоянной и зависит от множества факторов, среди которых наиболее заметное влияние на изучаемый процесс оказывают плотность стеблевой массы — ρ, размах — А и количество — N ударов комлеподбивающей поверхности.

Характеристика исходного материала представлена в таблице 1.

Опыты проводили в факторном пространстве, размеры которого представлены в таблице 2.

Управление плотностью ρ осуществляли путем изменения скорости движения агрегата на 3, 4 и 5-ой передачах трактора МТЗ-80. Значение указанного фактора определяли с учетом исходной плотности стеблевой массы в подбираемой ленте. Для этого перед проходом агрегата из ленты льна брали пробы для определения исходных значений плотности. Далее рассчитывали значение плотности слоя стеблей, полученной в комлеподбивателе, по формуле:

$$\rho = \rho_{исх.} \cdot \frac{V_{агр.}}{V_{к.}}, \text{ ст./м}, \quad (2)$$

где $V_{агр.}$ — скорость агрегата, м/с; $V_{к.}$ — скорость ленты конвейеров комлеподбивателя, м/с; $\rho_{исх.}$ — исходная плотность ленты стеблей, ст./м.

Таблица 1 — Характеристика исходного материала при проведении исследований

Показатель	Значение показателя
Сорт льна	Лидер
Урожайность тресты, т/га	2,54
Густота стеблестоя, ст./м^2	1210
Плотность ленты, ст./м ленты	1840
Масса одного стебля, г	0,21
Средний диаметр стеблей, мм	1,29
Полеглость стеблестоя, балл	5,00
Относительная средняя растянутость стеблей в ленте, %	135
Средняя общая длина стеблей, см	72,23
Влажность тресты, %	21,70

Таблица 2 — Размеры факторного пространства

Фактор	Уровни факторов			Интервал варьирования
	–1	0	+1	
ρ, ст./м	1748	2116	2484	368
N, удар	2	3	4	1
А, см	1,0	2,0	3,0	1,0

Результаты проведенных расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Плотность стеблевой массы на конвейерах комлеподбивателя

Показатель	Передача		
	III	IV	V
Скорость агрегата $V_{агр.}$, м/с	1,9	2,3	2,7
Скорость конвейеров комлеподбивателя $V_{к.}$, м/с	2,00		
Плотность ленты в поле $\rho_{исх.}$, ст./м ленты	1840		
Плотность ленты в комлеподбивателе ρ, ст./м ленты	1748	2116	2484

В качестве критерия оптимизации приняли изменение относительной растянутости стеблей в ленте — Δγ после обработки модернизированным комлеподбивателем, выраженное в абсолютных процентах.

Управление размахом А ударов КП осуществляли путем установки под подшипниковые опоры активаторов прокладок толщиной 1,0 см. При этом значения размахов А ударов комлеподбойки составляли соответственно — 1,0; 2,0 и 3,0 см.

Управление количеством N ударов выполняли путем изменения передаточного отношения в приводе активаторов в соответствии с кинематической схемой оборачивателя-комлеподбивателя.

Планом эксперимента предусмотрено исследование данного фактора на трех уровнях варьирования — два, три и четыре удара комлеподбивающей поверхности. Настройку привода для обеспечения необходимого количества ударов комлеподбивающей поверхности осуществляли путем путем соответствующей замены звездочек.

Для определения значений критерия оптимизации отбирали пробы горстей стеблей до прохода и после прохода агрегата на стометровом участке ленты через каждые 10 м. С учетом исходной — $\gamma_{исх.}$ и полученной после комлеподбивания растянутости — $\gamma_{к.}$ вычисляли изменения данного параметра по формуле:

$$\Delta\gamma = (\gamma_{исх.} - \gamma_{к.}) \cdot 100 = \left(\frac{L^{г.}_{исх.} - L^{г.}_{к.}}{\bar{L}_{ст.}}\right) \cdot 100, \%_{абс}, \quad (3)$$

где $L^{г.}_{исх.}$, $L^{г.}_{к.}$ — длина горсти стеблей соответственно в исходной ленте и в ленте, полученной после комлеподбивания, см; $\bar{L}_{ст.}$ — средняя длина стеблей в ленте, см.

Результаты исследований, полученные в эксперименте, обрабатывались по известным методикам [16].

Результаты и их обсуждение. В результате компьютерной обработки экспериментальных данных получена математическая модель инновационного процесса комлеподбивания в заданном диапазоне факторного пространства в виде квадратного уравнения:

$$\Delta\gamma=4,47+1,15\cdot N+0,39\cdot A+0,088\cdot\rho+0,1\cdot N\cdot A-0,296\cdot N^2-0,371\cdot A^2-0,221\cdot\rho^2. \quad (4)$$

Анализ уравнения (4) показал, что наибольшее влияние на эффективность комлеподбивания оказывает количество — N ударов комлеподбивающей поверхности (коэффициент регрессии 1,15) и велична размахов — А ударных воздействий (коэффициент регрессии 0,39). Наименьшие значения коэффициентов регрессии в уравнении (4) имеет плотность ρ стеблевой массы. Указанный факт является положительным, поскольку он свидетельствует о возможности эффективного комлеподбивания стеблей в лентах в широком диапазоне урожайности льна.

Для регрессионной модели (4) построили поверхности отклика и их двумерные сечения, соответствующие пересечению пространственной фигуры с плоскостями, показанные на рисунке 4.

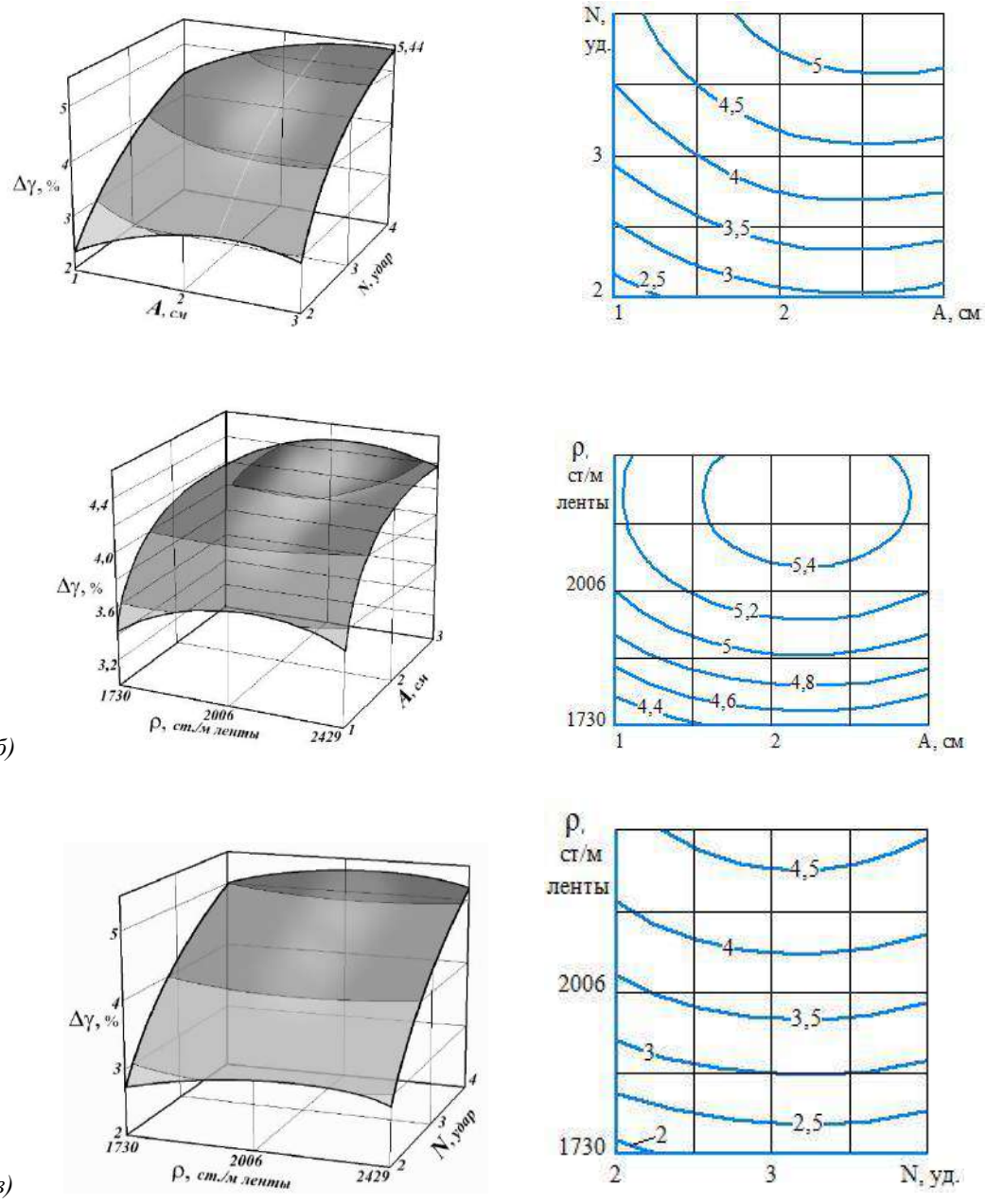
Визуализация уравнения (4) с помощью двумерных поверхностей отклика $\Delta\gamma=f(A;N)$, и их сочетаний $\Delta\gamma=f(\rho;A)$ и $\Delta\gamma=f(\rho;N)$ (рисунок 4) показала, что с ростом значений указанных факторов их положительное влияние на результат имеет затухающий характер.

Установлено, что наибольший эффект от комлеподбивания ($\Delta\gamma=5,44\%$) обеспечивается при нанесении четырех ударов с размахом 3 см. Причем характер представленной поверхности в зоне максимальных значений факторного пространства свидетельствует о нецелесообразности дальнейшего увеличения количества воздействий и величины размахов.

Отмеченное ослабление эффекта является следствием того, что расположение комлей растений в поперечном сечении слоя подчинено закону нормального распределения [11] и с каждым последующим ударом количество сдвигаемых растений в слое увеличивается. Пропорционально этому количеству возрастает и суммарная сила трения между стеблями в слое, которую необходимо преодолеть при комлеподбивании. Поэтому наиболее результативными являются первые удары, а эффективность последующих воздействий постепенно снижается. Следовательно, увеличивать количество воздействий более четырех ударов нецелесообразно. Кроме того, возрастание частоты вращения активаторов вызовет сокращение ресурса работы большинства деталей комлеподбивателя.

Увеличение размаха воздействий также существенным образом активизирует исследуемый процесс. Однако по причине прогрессивного роста суммарной силы трения между стеблями в слое влияние данного фактора также ослабевает по мере приближения его значения к верхней границе варьирования. Дальнейшее смещение слоя под воздействием комлеподбивающей поверхности происходит без заметного изменения растянутости в нем стеблей. Поэтому увеличение размаха воздействий комлеподбивающей поверхности за пределы верхней границы факторного пространства также становится малоэффективным.

Наименьшие значения коэффициентов регрессии в уравнении (4) имеет плотность ρ стеблевой массы. Указанный факт является положительным, так как он свидетельствует о возможности эффективного комлеподбивания стеблей в лентах в широком диапазоне урожайности льна.



а)

б)

в)

Рисунок 4 – Влияние размахов А и количества ударов N (*а*), плотности стеблевой массы ρ и размахов А (*б*), плотности стеблевой массы ρ и количества ударов N на изменение относительной растянутости стеблей в ленте (*в*)

Выводы. 1. Разработан инновационный конвейерный комлеподбиватель, совершающий колебательное движение, выполненный в виде бесконечной ленты, обладающей упругими свойствами и огибающий цилиндрические передний ведущий, и задний ведомый шкивы, а колебательные движения рабочей ветви бесконечной ленты задают установленные под ней два или более синхронно вращающихся активатора роликового типа, в котором обеспечивается наиболее полное использование энергии удара для продольного смещения стеблей в слое, позволяющего наносить удары комлеподбивающей поверхностью строго в направлении осей стеблей (патент РФ №2683726).

2. Экспериментальными исследованиями, проведенными в полевых условиях, установлено, что модернизация конвейерного комлеподбивателя на опытном образце оборачивателя-комлеподбивателя активизирует его рабочий процесс. Наилучший результат от комлеподбивания ($\Delta\gamma$=5,44%) получен при нанесении четырех ударов с размахом 3 см, которые являются оптимальными. Установлена возможность эффективного комлеподбивания стеблей в лентах в широком диапазоне урожайности льна.

Список литературы

1. Зинцов А.Н. О повышении эффективности комлеподбивания стеблей в лентах льна-долгунца // Вестник АПК Верхневолжья. — 2017. — №1. — С.67-72.

2. Зинцов А.Н. Научные основы повышения структурных параметров лент стеблей при уборке льна-долгунца: Монография. — Кострома: Изд. КГСХА, 2007. — 128 с.

3. Боярченкова М.М., Быков Н.Н. Эффективность оборачивания тресты // Лен и конопля. — 1974. — №9. — С.30-31.

4. Понажев В.П. Современные проблемы технологического качества льна-долгунца / Инновации в производстве товаров нового поколения из льна // Материалы Международной научно-практической конференции (Вологда, 28 февраля, 2005 г.).— С.35-43.

5. Ковалев М.М., Перов Г.А. Обоснование выбора схемы и рабочих органов подборщика-оборачивателя лент льна / Тр.//ВНИИ льна.-Торжок.-1989.-Вып.XXYI.-С.101-110.

6. Перов Г.А. Повышение эффективности работы подборщика-борачивателя льна за счет оптимизации его параметров и режимов: автореф. дисс. канд. техн. наук. - Санкт-Петербург-Пушкин, 1993. – 10 с.

7. Vanot J. La passion le lin. – Notre Dame de Gravenchon: Corlet, 2003. – 72 p.

8. Tolstushko N., Yaroshevich N. Analysis of the vibration moving of stems on the sloping plane with the shock-vibration law of motion // The International Conference on Nonlinear Dynamics. Book of Abstracts. – Kharkov (Ukraine). – 2004. – 73 p.

9. Ковалев М.М. Технологии и машины для комбинированной уборки льна-долгунца: дис.... д-ра тех. наук. – Тверь, 2010. – 499 с.

10. Черников В.Г. Изыскание и исследование рабочих органов для подъема и выравнивания лент льнотресты: дис. … канд. техн. наук. — Торжок, 1969. — 168с.

11. Дьячков В.А. Теоретические основы технологии производства лубяных волокон: монография. – Кострома: изд-во Костром. Гос. Технол. Ун-та, 2009. 271 с.

12. А.с. 1044237 СССР, МКИЗ A1D 45/06/ Выравниватель стеблей льна. А.И. Броцман, М.М. Ковалев, И.П. Сергеев, Г.А. Хайлис (СССР). - №3463268/30-15; заявл. 05.07.82; опубл. 30.09.83, Бюл. №36.

13. Налобина О.О., Пуць В.С., Толстушко М.М. Підрівнювальні пристрої льнозбиральних машин: монография. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2014. – 172 с.

14. Пат. 2683726 Российская Федерация, МПК A01D 45/06. Выравниватель стеблей льна / Зинцов А.Н., Соколов В.Н., Рымарь О.Н., Вакарчук С.И. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Костромская ГСХА. — № 2018121595/10, заявл. 13.06.18, опубл. 01.04.19, Бюл. №10. - 2 с.

15. Доспехов А.Б. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

16. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных. - 4-е изд., пераб. и доп. - М.: Форум: Инфра – М., 2006. - 512 с.

References

1. Zintsov A. N. On improving the efficiency of combing stems in flax-long flax ribbons // Bulletin of the agro-industrial complex of the Upper Volga region. - 2017. - No. 1. - p. 67-72.

2. Zintsov A. N. Scientific bases of increasing the structural parameters of stem ribbons when harvesting flax-long-lived: Monograph. - Kostroma: KGSHA Publishing House, 2007. - 128 p.

3. Boyarchenkova M. M., Bykov N. N. The effectiveness of wrapping trusts / / Flax and hemp. - 1974. - No. 9. - p. 30-31.

4. Panaev V. P. Modern problems of technological quality of flax / Innovation in the production of products of a new generation of linen // Materials of International scientific-practical conference (Vologda, February 28, 2005).— Pp. 35-43.

5. Kovalev M. M., G. A. Perov justification of the choice of the scheme and the working bodies of the pick-of-racemates strips of linen / Tr.//In the flax Research Institute.- Torzhok.-1989. - Issue XXII. - pp.101-110.

6. Perov G. A. Improving the efficiency of the flax picker by optimizing its parameters and modes: abstract. diss. candidate of Technical Sciences. - St. Petersburg-Pushkin, 1993 – - 10 p.

7. Vanot J. La passion le lin. – Notre Dame de Gravenchon: Corlet, 2003. – 72 p.

8. Tolstushko N., Yaroshevich N. Analysis of the vibration moving of stems on the sloping plane with the shock-vibration law of motion // The International Conference on Nonlinear Dynamics. Book of Abstracts. – Kharkov (Ukraine). – 2004. – 73 p.

9. Kovalev M. M. Technologies and machines for combined flax harvesting: dis.... Doctor of technical sciences. - Tver, 2010 – - 499 p.

10. Chernikov V. G. Research and study of working bodies for lifting and leveling of flax belts: dis. ... candidate of Technical Sciences. - Torzhok, 1969. - 168s.

11. Dyachkov V. A. Theoretical foundations of bast fiber production technology: monograph. - Kostroma: publishing house Kostrom. Gos. Technol. Un-ta, 2009. 271 p.

12. A. S. 1044237 USSR, MKIZ A1D 45/06 / Leveler of flax stems. A. I. Brotsman, M. M. Kovalev, I. P. Sergeev, G. A. Khailis (USSR).-No. 3463268/30-15; application 05.07.82; publ. 30.09.83, Bul. No. 36.

13. Nalobina O. O., Putz V. S., Tolstushko M. M. Pidrivnyuvalny pristroi flax-picking machines: monograph. - Lutsk: RVV of the Lutsk NTU, 2014. - 172 p.

14. Pat. 2683726 Russian Federation, IPC A01D 45/06. Leveler of flax stems / Zintsov A. N., Sokolov V. N., Rymar O. N., Vakarchuk S. I.; applicant and patent holder of the Kostroma State Agricultural Academy. - No. 2018121595/10, application 13.06.18, publ. 01.04.19, Bul. No. 10. - 2 p

15. Dospekhov A. B. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). - 5th ed., additional and re-edited-M.: Agropromizdat, 1985. - 351 p.

16. Kulaichev A. P. Methods and means of complex data analysis. - 4th ed., perab. and add. - M.: Forum: Infra-M., 2006. - 512 p.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Зинцов Александр Николаевич – доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», Россия, г. Кострома, пос. Караваево, e-mail: zintsov_a@mail.ru.

Ковалев Михаил Михайлович доктор технических наук, главный научный сотрудник, Федерального государственного бюджетного научного учреждения “Федеральный научный центр лубяных культур”, Россия, г. Тверь, e-mail: m.kovalev@fnclk.ru.

Соколов Валерий Николаевич - техник, Федерального государственногог бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», Россия, г. Кострома, пос. Караваево, e-mail: sokol-v-a-l@yandex.ru.

Перов Геннадий Анатольевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения “Федеральный научный центр лубяных культур”, Россия, г. Тверь, e-mail: g.perov@fnclk.ru.

Author credentials

Affiliations

Zintsov Alexander - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kostroma State Agricultural Academy", Russia, Kostroma, village Karavaevo, e-mail: zintsov_a@mail.ru.

Kovalev Mixail – Full Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, of Federal State Budgetary Educational Institution “Federal Research Center for Bast Crops”, Russia, Tver, e-mail: m.kovalev@fnclk.ru.

Sokolov Valery – technician, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kostroma State Agricultural Academy", Russia, Kostroma, village Karavaevo, e-mail: sokol-v-a-l@yandex.ru.

Perov Gennady - Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, of Federal State Budgetary Educational Institution “Federal Research Center for Bast Crops”, Russia, Tver, e-mail: g.perov@fnclk.ru.

Поступила в редакцию (Received): 16.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 16.08.2021

УДК 631.332.7
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-50-56

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА САЖАЛКИ ДЛЯ ПРОРОЩЕННОГО КАРТОФЕЛЯ

[1]Зазуля Александр Николаевич
[2]Макарова Ольга Владимировна
[2]Гаспарян Светлана Валентиновна
[3]Борычев Сергей Николаевич
[3]Макаров Валентин Алексеевич

[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
[2]Академия права и управления ФСИН России
[3]Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева

Реферат. *Анализ способов повышения урожайности картофеля показывает., что использование в качестве посадочного материала пророщенного картофеля повышает урожайность на 40%. Сложность заключается в том, что при взаимодействии клубней с рабочими органами сажалки возможно травмирование и обламывание ростков клубней. Исследуются вопросы повышения эффективности работы картофелепосадочных машин при работе с пророщенными клубнями. Выявлены несовершенства выпускавшихся ранее машин СН-4Б-К и САЯ-4 Показана необходимость создания машин в значительной степени снижающих обламывание ростков клубней в процессе их движения из бункера к высевающим аппаратам. В задачу исследований входят вопросы усовершенствования картофелепосадочной машины для выявления факторов по снижения травмированности клубней картофеля при высадке их в борозду с обоснованием конструктивно-режимных параметров и предлагаемых технических решений. Разработана технологическая схема картофелесажалки для яровизированного картофеля с высаживающими аппаратами в виде цепи с ложечками с обоснованием скорости их движения, производительности высевающего аппарата и с устройством для снижения давления вышележащих слоёв на высеваемый картофель. Получены и проанализированы номограммы настройки картофелесажалки на нормы высева в зависимости от скорости движения агрегата. Получены уравнения по обоснованию параметров звёздочек для регулирования нормы высева с обоснованием технических режимов при эксплуатации и при снижении давления вышележащих слоев клубней на нижние в зоне работы высевающего аппарата. В технологической схеме картофелесажалки предусмотрена специальная заслонка для снижения вертикального давления, в зоне работы высевающего аппарата. На основании теоретических исследований обоснована производительность высевающего аппарата, расстояния между ложечками, в зависимости от числа зубьев сменных звёздочек. Номограммы для настройки сажалки на норму высева получены для вариантов с независимым и синхронным приводом ВОМ трактора. Результаты теоретических исследований направлены на настройку высевающих аппаратов, на норму высева и рациональных режимов работы сажалки в процессе эксплуатации на скоростях до 8 км/ч при сменных звёздочках для номы высева клубней в пределах от 40 до 80 тысяч штук на один гектар.*

Ключевые слова. *Сажалка, яровизированный картофель, высевающий аппарат, производительность.*

METHOD OF CALCULATION OF THE SEEDING APPARATUS OF THE SEEDER FOR SPROUTED POTATOES

[1]Zazulya Alexander
[2]Makarova Olga
[2]Gasparyan Svetlana
[3]Borychev Sergey
[3]Makarov Valentin
[1]FSBSI "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture"
[2]Academy of law and management of the federal penitentiary service of Russia
[3]Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev

Abstract. *The analysis of methods for increasing the yield of potatoes shows that the use of sprouted potatoes as planting material increases the yield by 40%.The issues of increasing the efficiency of potato planting machines when working with sprouted tubers are investigated. The imperfections of the previously produced SN-4B-K and SAYA-4 machines have been revealed. The need to create machines that significantly reduce the breaking off of tuber sprouts in the process of their movement from the bunker to the seeding apparatus is shown. The issues of improving the potato planting machine for identifying factors to reduce the injury of potato tubers when planting them in the furrow with the substantiation of the design-mode parameters and the proposed technical solutions are included in the research task. A technological scheme of a potato planter for vernalized potatoes with planting devices in the form of a chain with spoons with a justification of the speed of their movement, the productivity of the seeding device and a device for reducing the pressure of the overlying layers on the sown potatoes has been developed. The nomograms of setting the potato planter for seeding rates depending on the speed of the unit were obtained and analyzed. quations for the substantiation of the parameters of the stars for regulating the seeding rate with the substantiation of technical modes during operation and with a decrease in the pressure of the overlying layers of tubers on the lower ones in the area of operation of the seeding apparatus are obtained. A special damper for lowering the vertical pressure in the working area of the sowing device is provided in the technological scheme of the potato planter. The performance of the sowing device, the distance between the spoons, depending on the number of teeth of the replaceable sprockets, is substantiated on the basis of theoretical studies obtained. Nomograms for adjusting the planter to the seeding rate were obtained for variants with an independent and synchronous PTO drive of the tractor.The results of theoretical studies are aimed at adjusting the seeding devices, at the seeding rate and rational operating modes of the planter during operation at speeds up to 8 km / h with replaceable stars for seeding tubers in the range from 40 to 80 thousand pieces per hectare.*

Keywords. *Seeder, spring potatoes, seeding machine, productivity.*

Введение. В настоящее время в России можно констатировать недостаточную обеспеченность производителей картофеля сельскохозяйственными машинами для посадки картофеля вообще и пророщенной культуры, в частности. Следует также отметить, что такие известные машины для посадки пророщенного картофеля, как САЯ-4 и СН-4Б-К давно устарели, так как созданы более 25 лет назад, а новые отечественные картофелесажалки в настоящее время не выпускаются. Таким образом, повышение эффективности картофелеводства напрямую связано либо с модернизацией существующих машин в картофелеводстве за счет расширения их технологических функций, либо с созданием новой техники для этих целей [1,2]. Актуален вопрос разработки универсальных картофелесажалок, которые можно использовать для посадки как обычного картофеля, так и пророщенных клубней. Для посадки оригинального пророщенного картофеля, как правило, используют полуавтоматические сажалки, которые классифицируют по роли участия сажальщика. Выделяют два типа полуавтоматических картофелесажалок, в которых клубни: *а*) укладывают в высаживающий аппарат и *б*) подают на ложечно-цепной высевающий аппарат [3,4].

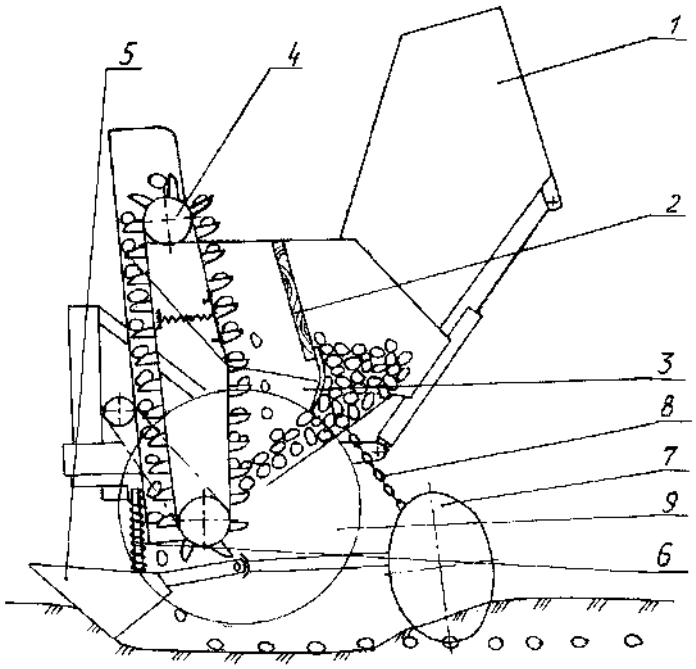
Мировой опыт показывает, что обычно пророщенный материал высаживают полуавтоматическими машинами с ячейками в высаживающих дисках, в которые клубни закладывают вручную. Анализ трудностей, возникающих при посадке пророщенного картофеля, показывает их взаимосвязь с неравномерностью раскладки клубней в сажалках. В частности при использовании серийной картофелесажалки Л-202 (Белоруссия) неравномерность раскладки

клубней связывают со сводообразованием в питательном бункере и большим слоем картофеля над высевающим аппаратом. В итоге при протаскивании клубня через слой картофеля происходит повреждение ростков уже при поступлении на высевающий аппарат, что приводит к нарушению равномерности посадки.

Цель исследования. Для решения поставленной задачи предложена технологическая схема сажалки для пророщенного картофеля и рациональная конструкция высевающего аппарата с устройством для снижения давления вышележащих слоёв картофеля в зоне загрузки высевающего аппарата в виде специальной заслонки.

Материалы и методы. На основании информационных материалов и выполненных теоретических исследований предложены зависимости для обоснования скорости цепи с ложечками для высевающего аппарата, установлены значения для случая привода от ходовых колёс и от независимого ВОМ трактора. При приведении общих зависимостей к частным даются уравнения для параметров сменных звёздочек и регулирования нормы высева клубней. Установлены зависимости для технологического проектирования и настройки сажалки на норму высева клубней с обоснованием режимов работы при эксплуатации.

Результаты и обсуждение. Для устранения отмеченных причин и сокращения обламывания ростков яровизированного картофеля может быть использована схема, представленная на рисунке 1. В конструкции, которой установлена заслонка 2, ограничивающая толщину слоя при поступлении клубней в приёмную часть высевающего аппарата.



1 – бункер; 2 – заслонка; 3 – бункер питательный; 4 – высаживающий аппарат; 5-сошник; 6 – стойка сошника; 7 – бороздозакрыватель; 8 – круглозвенная цепь; 9 – привод с ходовыми колесами.

Рисунок 1 – Технологическая схема сажалки для пророщенного картофеля.

Картофелесажалки для яровизированного картофеля имеют, ложечно-транспортёрный высевающий аппарат. Под технологическим расчётом работы сажалки понимается определение режимов работы аппарата, обеспечивающим заданного числа клубней на один гектар с заданными интервалами при заданной скорости движения агрегата [5,6,7,8].

Режимы работы должны быть согласованы с производительностью высевающего аппарата, то есть возможностью высаживать определённое число клубней в единицу времени.

Высевающий аппарат представляет собой одно – или многорядную цепь с ложечками.

Производительность высевающего аппарата, клубней в 1 с определится как

$$V = \frac{v_c}{pt} = zn/(60p)\,, \quad (1)$$

где z – число зубьев ведущей звёздочки цепи; n – частота вращения ведущей звёздочки цепи; p – расстояние между ложечками, выраженное в шагах цепи; t – шаг цепи; v_c – скорость движения цепи с ложечками.

Скорость движения цепи с ложечками может (м/с) быть определена как

$$v_c = zn\ {}^{t}/_{60}\,, \quad (2)$$

Отсюда

$$n = 60v\ {}^{p}/_{z}\ , \quad (3)$$

Скорость движения агрегата (км/ч) определится как

$$v_a = 3{,}6lv = 6znt_1/(100p) \quad (4)$$

где t_1 – шаг посадки (расстояние между клубнями в рядке), м.

В результате получаем:

$$n = 100zp/(6zt)\,, \quad (5)$$

Передаточное число привода от ВОМ трактора к посадочному аппарату определится как

$$i = n_{\text{вом}}/n\ , \quad (6)$$

В случае если высевающие аппараты приводятся от независимого ВОМ трактора, то передаточное число определится как

$$i = 6n_{\text{вом}}zt_2/(100vp), \quad (7)$$

где N – норма высева клубней, тыс. шт. на 1 га; a - величина междурядий, м, то

$$t_2 = 0{,}6n_{\text{вом}}z/(vpNa), \quad (8)$$

Минимальное передаточное число привода ограничивается производительностью высевающего аппарата.

Подставив в (6) значение n из (3) получим

$$t_2 = \geq n_{\text{вом}}z/(60vp)\,, \quad (9)$$

Если высевающие аппараты приводятся от синхронного ВОМ трактора, частота вращения которого, мин^{-1} тогда

$$n_{\text{вом}} = 100vk/6 \quad (10)$$

где k – частота вращения синхронного ВОМ трактора на 1 м пути, то передаточное число определится как

$$i = 100vk/(6n) \quad (11)$$

Подставив в (11) значение n из (5) получим

$$i = kzt_2/p \quad (12)$$

или

$$i = 10kz/(paN) \quad (13)$$

Для определения передаточного числа подставим в (11) значение n из (3) и получим

$$i \geq vkz/(3{,}6vp) \quad (14)$$

Для приведения общих зависимостей (8), (9), (13), (14) к частным подставим в указанные выражения значения параметров сажалки: *v=7* клубней в 1 с; *p=2; k=3,5; a=0,7 м; z=9; i=90/*$z_{\text{см}}$ (где $z_{\text{см}}$ – число зубьев сменной звёздочки для регулирования нормы высева клубней)

Тогда

$$z_{\text{см}} = Nv/23{,}1\ ; \quad (15)$$

$$z_{\text{см}} \leq 15{,}6\ ; \quad (16)$$

$$z_{\text{см}} = N/2{,}5 \quad (17)$$

$$v = 144/z_{\text{см}}\ . \quad (18)$$

На номограмме значения *lg N – lg 23,1* представлены сеткой вертикалей, *lg v* – сеткой горизонталей, *lg z* - параллельными прямыми, составляющими угол 45° с осями координат, а чтобы сократить незаполненные участки номограммы, оси координат и шкалы перенесены.

При приводе от синхронного ВОМ трактора [см. (17) и (18) можно пользоваться номограммой (рис. б) в которой для каждого значения $z_{\text{см}}$ указаны значения N и v_{max} (где v_{max} - максимально допустимая скорость движения агрегата, при которой ещё возможна работа высевающего аппарата).

Пример. При независимом приводе v=6,5 км/ч, N =50 тыс. клубней картофеля на 1 га точка A (рис. 1а) пересечения горизонтали и вертикали, проведенных через точки, соответствующие известным параметрам (z=14).

При известных норме высадки и числе зубьев рабочая скорость определится горизонталью, проведенной через точку $Б$ (рис. 1а) пересечения вертикальной и наклонной линии.

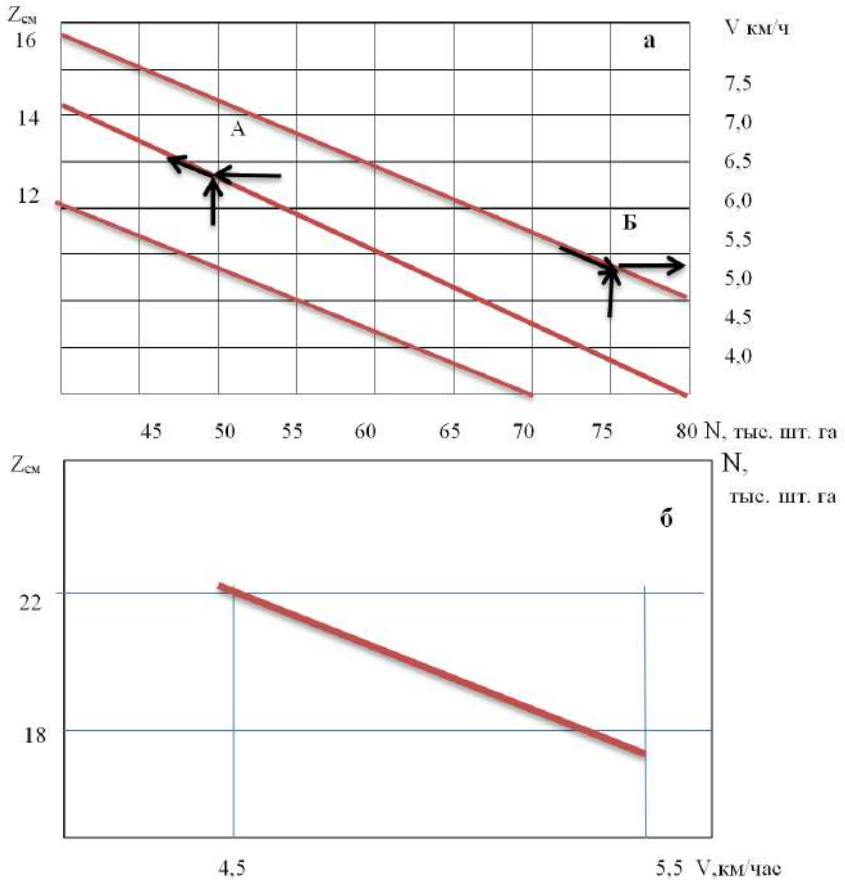


Рисунок 2 – Номограммы настройки сажалки на норму посадки и определения скорости движения для вариантов привода от независимого (а) и синхронного (б) ВОМ трактора.

При известных норме высадки и числе зубьев рабочая скорость определится горизонталью, проведенной через точку $Б$ (рис. 1а) пересечения вертикальной и наклонной линии.

В варианте привода от синхронного ВОМ (рис. 1б) норма высадки показана на прямой вертикальной шкале, а максимальная скорость – на горизонтальной (при z=22, N=55 тыс.шт., $v \leq 6{,}5$ км/ч.

Выводы. Зависимости (8), (9), (13), (15) следует применять для технологического расчёта проектировании; зависимости (16)...(18) для настройки аппарата сажалки на норму высева клубней и выбора режима работы при эксплуатации.

Для более быстрой настройки сажалки на ному высева и выбора рабочей скорости в полевых условиях рекомендуется пользоваться номограммой зависимости (15) в логарифмической системе координат (рис. 2а).

Список литературы

1. Молчанова Е.Я. Эффективность предпосадочного проращивания семенных клубней. //Пути развития картофелеводства: Науч. тр. НИИКХ. – Коренево, 1988. – С. 253-260

2. Браун Э.Э. Картофелеводство. – Уральск: Изд-во Западно-Казахстанского аграрного университета, 1999. – 212 с.

3. Кистанов Е.И., Ошурков М.В. Обоснование параметров и режимов работы полуавтоматической картофелесажалки. //Тр. НГСХА. – Н. Новгород, 2002. – С. 90-98.

4. Biadene G. La predermogliazione: dli scopi la techica. //Terra Vita. – 1989. – 30. – 31. – S. 75-76.

5. Normal A.K., Khurana S.C., Pandita M.L. Effect of plant growth ВНИИКХ, 2014. – 273 с.

6. Измайлов А.Ю., Макаров В.А. К вопросу обоснования технико-экономического уровня сельскохозяйственных машин и оборудования //Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2016. -№3. - С.17-19.

7. substances, tuber sizes and removal of sprouts on growth, yield and multiplication rate of potato. //J. Indian Potato Association. – 1993. – Vol. 20. – № 3/4. – P. 223-229.

8. Rykaczewcka K. Effect of physiological age of mother tubers and desprouting befor planting on plant development and yield of early cultivars. //Bulletin of Plant Breeding and Institute. – Warsaw, 1999. – № 209. – P. 97-110.

References

1. Molchanova E.Ya. The effectiveness of pre-planting germination of seed tubers. // Ways of development of potato growing: Scientific. tr NIKI. - Korenevo, 1988 .-- S. 253-260

2. Brown E.E. Potato growing. - Uralsk: Publishing House of the West Kazakhstan Agrarian University, 1999. - 212 p.

3. Kistanov E.I., Oshurkov M.V. Substantiation of parameters and operating modes of a semi-automatic potato planter. // Tr. NHSH. - N. Novgorod, 2002 .- S. 90-98.

4. Biaden G. La predermogliazione: dli scopi la techica. // Terra Vita. - 1989. - 30. - 31. - S. 75-76.

5 Normal A.K., Khurana S.C., Pandita M.L. Effect of plant growth substances, tuber sizes and removal of sprouts on growth, yield and multiplication rate of potato. //J. Indian Potato Association. – 1993. – Vol. 20. – № 3/4. – P. 223-229.

6. Rykaczewcka K. Effect of physiological age of mother tubers and desprouting befor planting on plant development and yield of early cultivars.

7. Makarov V.A. Potato industry: reference book / edited by Starovoitova V.I. - Moscow: VNIIKH, 2014 .- 273 p.

8. Izmailov A.Yu., Makarov V.A. To the question of justification of the technical and economic level of agricultural machinery and equipment // Agricultural machinery and technology. - 2016.-№3. - S.17-19.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Зазуля Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор, директор Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: zazulja_an@rambler.ru.

Макарова Ольга Владимировна – доктор экономических наук, профессор Академии права и управления ФСИН России, Россия, г. Рязань, e-mail: m_ov+2302@bk.ru.

Гаспарян Светлана Валентиновна – кандидат экономических наук, доцент Академии права и управления ФСИН России, Россия, г. Рязань, e-mail: gasparyan.svetlana@yandex.ru.

Борычев Сергей Николаевич – профессор РАН, доктор технических наук Рязанского государственного агротехнологического университет им. П.А. Костычева, г. Рязань, Российская Федерация. e-mail: 896066486088@mail.ru

Макаров Валентин Алексеевич – доктор технических наук, профессор Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, Россия, г. Рязань, e-mail: va_makarov@rambler.ru.

Author credentials

Affiliations

Zazulya Alexander – Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of All-Russian Scientific and Research Institute of Use of Techniques and Oil Products in Agriculture, Russia, Tambov, e-mail: zazulja_an@rambler.ru.

Makarova Olga – Full Doctor of Economic Sciences, Professor Academy of law and management of the federal penitentiary service of Russia, Russian Federation e-mail: m_ov+2302@bk.

Gasparyan Svetlana – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Academy of law and management of the federal penitentiary service of Russia, Russia, Ryazan, e-mail: gasparyan.svetlana@yandex.ru.

Borychev Sergey – Full Doctor of Economic Sciences of the Russian Academy of Sciences, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Russia, Ryazan. e-mail: 896066486088@mail.ru.

Makarov Valentin – Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostycheva, Russia, Ryazan, e-mail: va_makarov@rambler.ru.

Поступила в редакцию (Received): 29.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 18.08.2021

УДК 631.612: 626.8
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-56-64

ЛАБОРАТОРНАЯ ОЦЕНКА ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПАССИВНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА КАМНЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

[1]Насонов Сергей Юрьевич,
[1]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХАимени К. А. Тимирязева»

Реферат. *Рассмотрен подход к вопросу о необходимости проведения мелиоративных работ на деградированных сельскохозяйственных землях, в частности, в уборке засоренных камнями территорий. Выбрана в качестве объекта исследования камнеуборочная машина марки КУМ-1,25. Предложен подход к оценке её одного из главных недостатков – больших тяговых сопротивлений – подробного изучения рабочего процесса: её энергетических и технологических показателей. Проведены экспериментальные исследования в лабораторных условиях на масштабной физической модели рабочего органа камнеуборочной машины. Проведен однофакторный эксперимент на малом грунтовом канале, получены записи тяговых усилий при работе – реализации, измерены сформированные показатели каменистости до рабочего прохода и после него. Сделана предварительная обработка результатов опытов этого эксперимента, получены статистические характеристики тягового сопротивления – математическое ожидание и дисперсия. Предложены соответствующие аналитические функции для описания результатов. Проведена регрессия различными зависимостями, установлены наиболее подходящие из них. Определены дисперсии адекватности и корреляционные отношения для выявления точности описания опытных данных. Кроме того, коэффициент удельного сопротивления при выборке камней определен, необходимый для возможности инженерного расчёта тяговых сопротивлений. Получено его среднее значение, статистически обоснована возможность его использования как постоянной величины. Зависимости тягового сопротивления и коэффициента удельного сопротивления от такого показателя как каменистость получены по опытным данным. Определено значению коэффициента чистоты выборки камней. Этот показатель можно рассматривать, как величину для возможной оценки такого свойства как качества работы камнеуборочной машины.*

Ключевые слова: *засоренность, камнеуборка, рабочий орган, тяговые сопротивления.*

LABORATORY ASSESSMENT OF TRACTION RESISTANCE PASSIVE WORKING BODY OF STONE CUTTING MACHINE

[1]Nasonov Sergey
[1] FSBEI HE "Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev"

Abstract. *The approach to the issue of the need for reclamation works on degraded agricultural lands, in particular, in the cleaning of areas littered with stones, is considered. A stone-harvesting machine of the KUM-1.25 brand was chosen as the object of research. An approach to assessing its one*

of the main disadvantages - large traction resistance - a detailed study of the working process: its energy and technological indicators is proposed. Experimental studies were carried out in laboratory conditions on a large-scale physical model of the working body of a stone harvesting machine. A one – factor experiment was carried out on a small soil channel, records of traction forces during operation-implementation were obtained, and the formed stony indicators were measured before and after the working passage. Preliminary processing of the results of the experiments of this experiment was made, statistical characteristics of the traction resistance – mathematical expectation and variance were obtained. The corresponding analytical functions are proposed. Regression was carried out with various dependencies, the most suitable ones were established. The variances of adequacy and correlation relations were determined to reveal the accuracy of the description of the experimental data. In addition, the coefficient of resistivity when sampling stones is determined, which is necessary for the possibility of engineering calculation of traction resistance. Its average value was obtained, the possibility of its use as a constant value was statistically substantiated. The dependences of traction resistance and resistivity coefficient on such an indicator as rockiness were obtained from experimental data. Determined by the value of the coefficient of purity of the sample of stones. This indicator can be considered as a value for a possible assessment of such a property as the quality of the stone picker.

Keywords: *blockage, stone removal, working body, traction resistances.*

Введение. Одним из видов деградации мелиорированных земель является засоренность камнями (каменистость). Присутствие каменистых включений в почве негативно влияет на любой технологический процесс, связанный с её обработкой: вспашкой, севом, уборкой и другими: глубоким мелиоративным рыхлением и строительством дренажа. Наличие поверхностных или скрытых камней, в целом, снижает производительность машин и препятствует нормальному осуществлению технологических приёмов. В этой связи, особенно актуально, проведение специальных культуртехнических работ – камнеуборки. Анализ различных способов уборки камней позволяет говорить о том, что наиболее востребованным является очистка поверхностного слоя до 0,2 *м* от мелких камней [1]. Для таких целей применяют различные типизированные технологические машины. Довольно широко используются машины типа УКП-0,7М, КУМ-1,25 и другие. Такие машины имеют довольно простую конструкцию и высокую производительность. Существенным недостатком таких машин является большое тяговое сопротивление при их работе. Для детального изучения рабочего процесса этих машин, и оценки энергоёмкости, предполагается проведение экспериментальных исследований.

Материалы и методы. Количественная оценка проводилась на изготовленной масштабной физической модели рабочего органа камнеуборочной машины типа КУМ-1,25 (М1:4), на малом грунтовом канале в лаборатории «Мелиоративные машины» [2, 3]. Опыты выполнялись по схеме однофакторного эксперимента [2]. Для получения натурной зависимости: $F_{\text{н}} = f(h)_{\text{н}}$ исследовалось влияние переменного фактора, h – величины заглубления зубьев при выборке камней, на параметр оптимизации (тяговое сопротивление). Изменяемый параметр принимался из следующих соображений: $h_{\text{н}} = h_{\text{м}} \cdot m$, где: $h_{\text{н}}$ – натурная глубина выборки камней, *м*; $h_{\text{м}}$ – модельная глубина выборки камней: $h_{\text{м}} = 1, 2, 3, 4, 5$ см; m – масштабный коэффициент физической модели, $m = 4$, тогда, $h_{\text{н}}^{max} = 0{,}2$ м, что соответствует максимальной рабочей глубине при работе оригинальной машины. Тип грунта в канале – средний суглинок, плотность в каждом опыте поддерживалась постоянной и составляла $C_{\text{уд}} = 5$ ударов ударника ДорНИИ, что соответствует II-ой категории грунта.

План и порядок выполнения лабораторных исследований состоял из следующих пунктов: доведения грунта до однородного состояния, необходимом доувлажнении, в разравнивании грунта, уплотнении и проверки плотности по числу ударов ударника ДорНИИ. Параметры засоренности камнями поверхности и глубинного слоя грунта были следующие: диаметр камней $d_{\text{м}}^{\text{к}} \approx 1{,}25 \ldots 7$ см^2, средняя засоренность (каменистость) $P_{\text{м}}^{m} = 524 \ldots 815$ см^3/1 м^2, общий объём камней составил, $V_{\text{общ}} \approx 3404$ см^3. Для лучшего визуального восприятия и оценки, диапазоны средних диаметров камней были помечены разными цветами путём их окрашивания. Чистота выборки извлечённых камней из почвы и полнота их сбора, определялась на участке длинной 2 *м* и шириной 0,5 *м* в каждом опыте. Аналитически, чистота выборки камней, $\psi_{\text{м}}^{\text{к}}$, определялась

следующим образом: $\psi_{\text{м}}^{\text{к}} = \frac{V_{\text{м}}^{\text{в}}}{V_{\text{м}}^{\text{общ}}} \cdot 100, \%$, где: $V_{\text{м}}^{\text{в}}$ – модельный объём всех извлечённых камней после прохода, см^3.

Последовательность проведения опытов заключалась в следующем: установке тензометрической тележки в начальное положение и опускании рабочего органа на необходимую глубину; включении измерительной аппаратуры для приёма данных от двух кварцевых пьезодатчиков и записи на компьютер величин усилий. Каждым результатом проведения этих опытов было получение кривых изменения тягового сопротивления во времени (реализаций). На рисунке 1 представлены элементы проведения экспериментальных исследований.

а) *б)*

в) *г)*

д) *е)*

Рисунок 1 – Фрагменты проведения лабораторных исследований: *а)* – общий вид засоренной поверхности экспериментального участка; *б)* – начало движения рабочего органа, глубина: $h_м$=2 *см*; *в), г), д)* – рабочий процесс извлечения камней с поверхностного и глубинного слоёв; *е)* – вид засоренной поверхности после прохода рабочего органа камнеуборочной машины.

В результате серии опытов был получен ансамбль реализаций, представленный на рисунке 2.

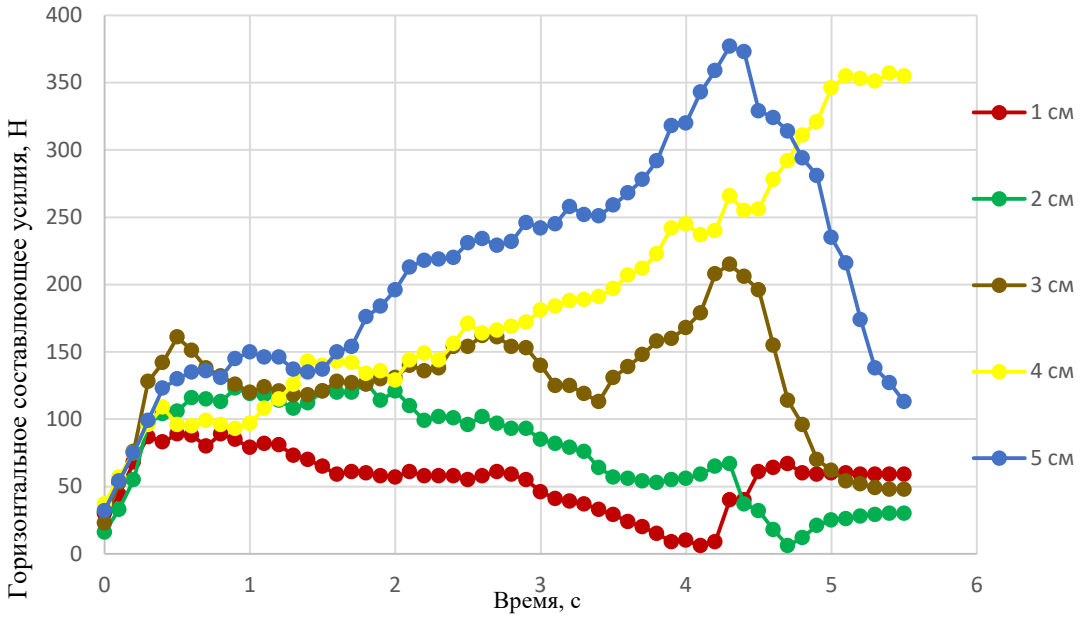


Рисунок 2 – Реализации горизонтальных усилий
при различных глубинах уборки камней.

Результаты и их обсуждение. Последующая обработка экспериментального материала заключалась в следующем. На каждой из кривых тягового сопротивления выбирался участок установившегося режима, характеризующейся постоянством изменения среднего значения во времени. Реализация обрабатывалась, прежде всего, для получения числовых характеристик процессов: математического ожидания m_x тягового усилия и его дисперсии D_x, подобную процедуру выполняли для каждого опыта. Математическое ожидание, полученное для масштабной модели $F_м$, как среднее значение каждой реализации принималось за натурные величины показаний при работе оригинала по следующему соотношению: $F_н = F_м \cdot m^П$, H, где П – показатель степени, зависящий от характера подобия объектов, $П = 3$ для талых грунтов. Все итоговые данные результатов обработки сведены в таблицу.

Таблица – Измеряемые и расчётные величины однофакторного эксперимента.

№ п/п	$h_м, см$	$P_m^м$, см^3/1 м^2	$h_н, м$	$P_m^н$, м^3/га	$F_н, кН$	$D_x^н$, кН^2
1	1	815,12	0,04	8,15	3,33	1,48
2	2	694,86	0,08	6,95	7,07	0,42
3	3	615,02	0,12	6,15	8,69	0,95
4	4	524,84	0,16	5,25	13,39	4,63
5	5	755,08	0,20	7,56	15,39	10,91

Дальнейший этап анализа экспериментальных данных предполагает получение адекватного уравнения регрессии исследуемой зависимости.

На первой стадии предполагается, что зависимость тягового сопротивления от глубины выборки камней линейна, т. е. уравнение регрессии имеет вид: $Y = b_0 + b_1 \cdot X$, где: Y – тяговое сопротивление (параметр оптимизации); X – переменная (глубина выборки камней); b_0, b_1 – коэффициенты уравнения регрессии, определяющиеся при помощи метода наименьших квадратов. Об адекватности полученного уравнения можно судить по значению коэффициента корреляции.

Анализ результатов предварительной обработки экспериментальных данных, полученных с рабочим органом камнеуборочной машины, позволил сформировать два вектора натурных данных: $F_н = (3{,}33\ 7{,}066\ 8{,}691\ 13{,}389\ 15{,}393)^T$, и $h_н = (0{,}04\ 0{,}08\ 0{,}12\ 0{,}16\ 0{,}2)^T$. Анализируя

эти векторы, можно отметить характер возрастания тягового сопротивления с увеличением глубины выборки камней. Об этом же свидетельствует рассчитанный коэффициент корреляции, значение которого составило $r = 0{,}991$. Эта величина говорит о наличии между этими векторами функциональной зависимости близкой линейной. На рисунке 3 показан график натурной зависимости тягового сопротивления от глубины выборки камней $F_{\text{н}} = f(h)_{\text{н}}$.

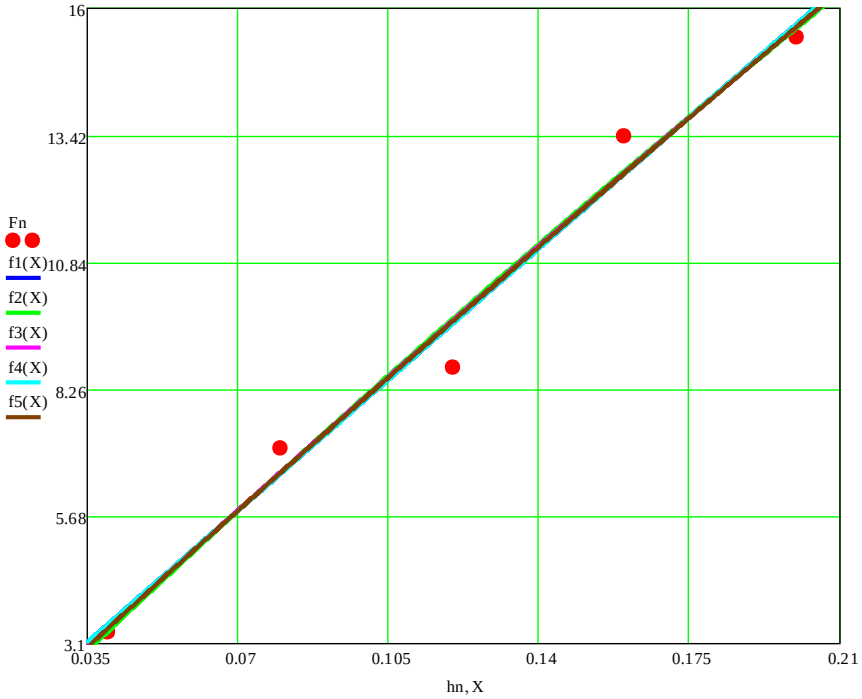


Рисунок 3 – Регрессионный анализ экспериментальных данных различными зависимостями.

С помощью пяти зависимостей: $f1(X)$, $f2(X)$, $f3(X)$, $f4(X)$, $f5(X)$ – соответственно, линейной, параболической, полиномиальной, экспоненциальной и степенной функций, была описана регрессия экспериментальных точек. Установлено, что приблизительно с одинаковой точностью опытные данные описывают предложенные аналитические зависимости. Численную оценку сравнения точности выполненного регрессионного анализа определим по следующим показателям: дисперсии воспроизводимости (общей дисперсии) и дисперсии адекватности для пяти функций. Результаты расчетов, следующие: $S_y^2 = 18{,}894$ кН^2; $DA_1 = 0{,}586$; $DA_2 = 0{,}587$; $DA_3 = 0{,}874$; $DA_4 = 0{,}879$; $DA_5 = 0{,}583$, кН^2 – соответственно. Кроме того, для каждой зависимости было определено корреляционное отношение, итоговые значения расчётов, следующие: $\theta_1 = 0{,}031$; $\theta_2 = 0{,}031$; $\theta_3 = 0{,}046$; $\theta_4 = 0{,}047$; $\theta_5 = 0{,}031$.

Для ориентировочного расчёта тяговых сопротивлений при движении рабочего органа камнеуборочной машины были определены значения коэффициента удельного сопротивления при извлечении камней. Эти данные представлены в виде вектора: $k_{\text{уд(н)}} = (66{,}6\ 70{,}66\ 57{,}94\ 66{,}945\ 61{,}572)^{\text{T}}$. Было рассчитано среднее значение $k_{\text{уд(н)}}$, составившее 64,743 *кПа*, (графические представление $k_{\text{уд(н)}}$ дано на рисунке 4), а также подсчитана дисперсия вектора $k_{\text{уд(н)}}$, равная $D_{k_{\text{уд(н)}}} = 24{,}911$ кПа^2, и среднеквадратическое отклонение $\sigma = 4{,}991$ кПа. Коэффициент вариации составил $k_{\text{в}} = 0{,}07$. Полученные результаты позволяют всю выборку с $k_{\text{уд(н)}}$ считать принадлежащей к одному статистическому распределению этих величин – нормальному (Гауссовому), что допускает возможность использовать $k_{\text{уд(н)}} = const$ в расчёте тягового сопротивления рабочего органа камнеуборочной машины при глубине выборки камней до 0,20 *м*.

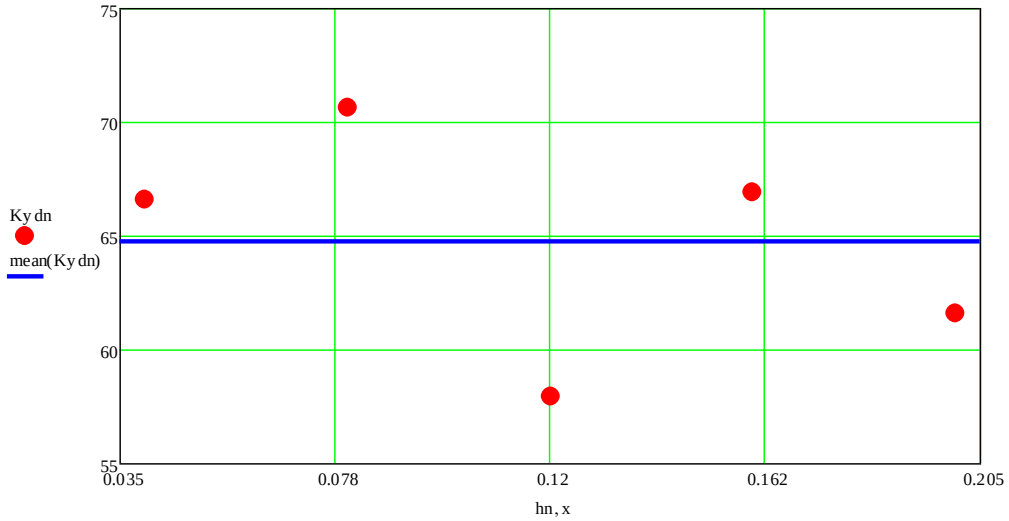


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента удельного сопротивления при выборке камней на разных глубинах.

Одной из составных частей тягового сопротивления рассматриваемой машины, является каменистость, P_m. Не изученной, и в то же время актуальной задачей, здесь, является определение составляющей влияния этого параметра на общее тяговое сопротивление. В первом приближении можно предполагать, что этот параметр, P_m, оказывает всплески динамических составляющих колебания на рабочий орган и машину в целом. По результатам экспериментальных данных, имеем следующие значения: $P_{mн} = (8{,}1512\ 6{,}9486\ 6{,}1502\ 5{,}2484\ 7{,}5508)^{T}$, на рисунке 5 показана графическая зависимость $F_н = f(P_m)_н$.

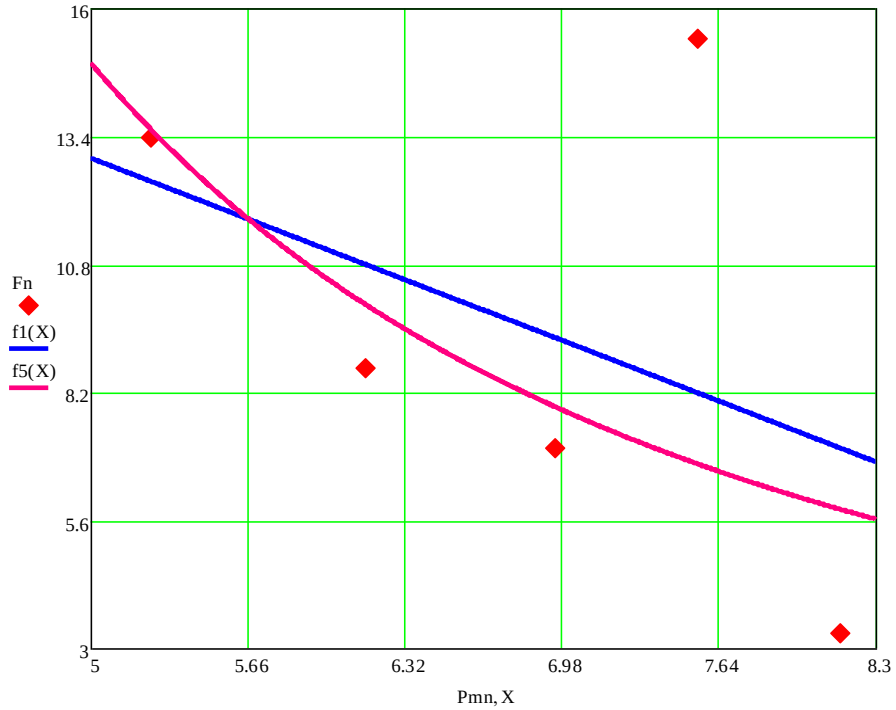


Рисунок 5 – Зависимость общего тягового сопротивления от каменистости.

Опытные точки адекватнее всего описываются линейной и степенной регрессией со следующими численными характеристиками: дисперсией адекватности $DA_{Pm} = 25{,}399\ кН^2$ и

корреляционным отношением $\theta_{Pm} = 1{,}344$ – для первой, и, соответственно, $DA_{Pm} = 27{,}821$ кН^2 и $\theta_{Pm} = 1{,}472$ для пятой. На рисунке 6 показана зависимость $k_{\text{уд(н)}} = f(P_m)_{\text{н}}$. Её регрессионный вид описывается полиномиальной функцией с дисперсией адекватности $DA_{Pm} = 7{,}033$ кН^2 и корреляционным отношением $\theta_{Pm} = 0{,}055$.

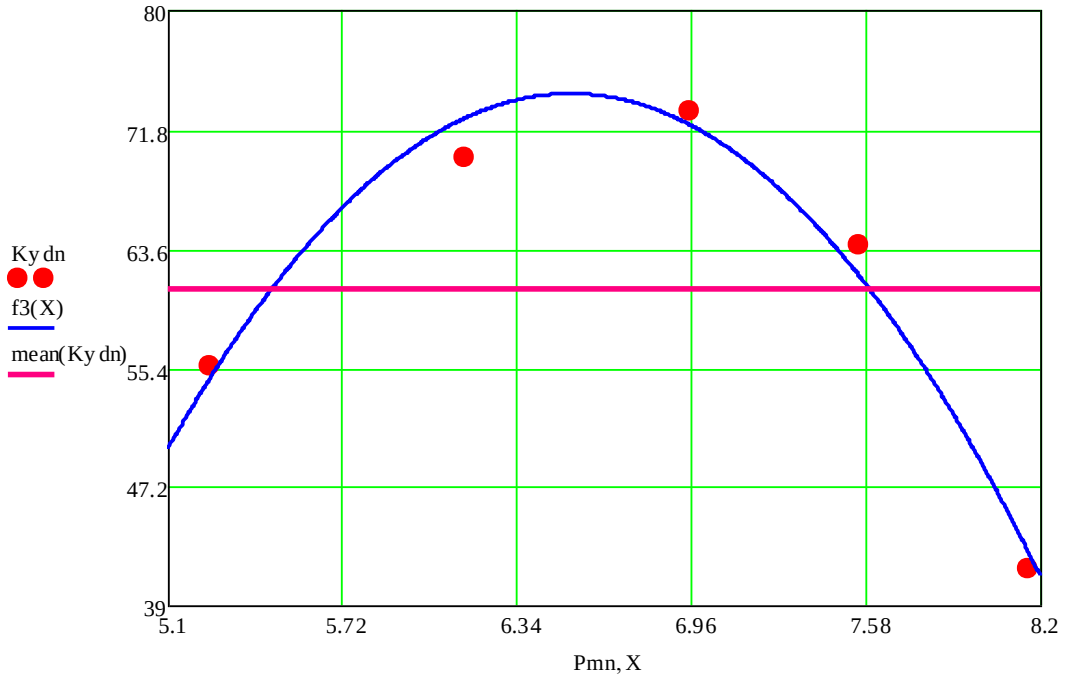


Рисунок 6 – Зависимость коэффициента удельного сопротивления при выборке камней от засоренности поверхности.

Количественные итоги расчёта такой зависимости составляют следующие величины: $m_x = 60{,}802$ кН, $D_x = 159{,}775$ кН^2, $\sigma = 12{,}64$ кН, $k_{\text{в}} = 0{,}208$. По последнему показателю, эту величину в зависимости от каменистости, так же, можно считать, как постоянную для ориентировочных расчётов при глубине выборки камней до 0,2 *м*.

Качество работы мелиоративной машины, в том числе и камнеуборочной, можно определить в общем случае как совокупность свойств, характеризующих успешность выполнения поставленных задач в определённых условиях [4]. К числу таких свойств можно отнести, в первую очередь, полноту выборки камней после прохода камнеуборочной машины. Это свойство можно считать в первом приближении как показатель качества работы такой машины. Количественным критерием может служить коэффициент полноты выборки камней, его значения, полученные экспериментальным путём, представлены следующим вектором: $k_{\psi_{\text{н}}} = (41{,}6\ 73{,}07\ 69{,}94\ 55{,}58\ 63{,}82)^{\text{T}}$, на рисунке 7 дана натурная зависимость $k_{\psi_{\text{н}}} = f(h)_{\text{н}}$.

Как следует из представленного выше вектора и рисунка 7, значения $k_{\psi_{\text{н}}}$ носят случайный характер. Приближенная зависимость, которой можно его описать, является квадратичная парабола со следующими показателями: $DA_{\text{к}\psi\text{н}} = 150{,}877$ кН^2 и корреляционным отношением $\theta_{\text{к}\psi\text{н}} = 1{,}18$.

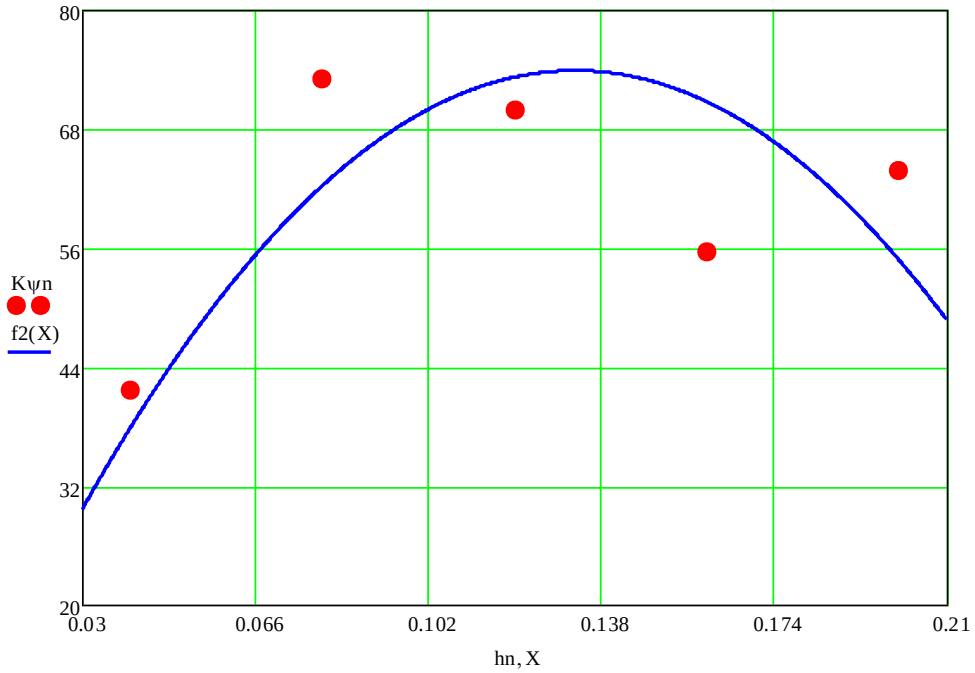


Рисунок 7 – Зависимость коэффициента чистоты выборки камней от глубины обработки.

Выводы. Установлено, что изменение тягового сопротивления рабочего органа камнеуборочной машины от глубины выборки камней лучше всего описывается линейной, квадратичной и степенной зависимостями. Экспериментально определён коэффициент удельного сопротивления для камнеуборочной машины применительно к грунтам второй категории. Его значение можно считать постоянным на рабочих глубинах, применительно к поверхностному слою почвы мелиорированных земель, и с его помощью оценивать возникающие тяговые сопротивления при выполнении технологического процесса. Значения коэффициента чистоты выборки камней на первом этапе можно рассматривать как показатель оценки качества работы машины.

Список литературы

1. Пунинский В. С. Механизация камнеуборочных работ. – М.: ГНУ ВНИИГиМ, 2008. – 144 с.
2. Практикум по мелиоративным машинам / под ред. Ю. Г. Ревина. – М.: Колос, 1995. – 205 с.
3. Насонов С. Ю., Жогин И. М., Пенкин Д. А. Оценка физической модели рабочего органа камнеуборочной машины. // Доклады ТСХА. Вып. 293. Ч.I. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2021. – С. 236-238.
4. Технологические машины и оборудование природообустройства (Основы теории и общий расчёт мелиоративных машин) / под общ. ред. проф. Ю. Г. Ревина. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. – 230 с.

References

1. Puninsky V. S. Mechanization of stone harvesting works. - M.: GNU VNIIGiM, 2008 – - 144 p.
2. Practicum on reclamation machines / edited by Yu. G. Revin. - M.: Kolos, 1995 – - 205 p.
3. Nasonov S. Yu., Zhogin I. M., Penkin D. A. Evaluation of the physical model of the working body of a stone harvesting machine. // Reports of the TLC. Vol. 293. Part I. – M.: publishing house of the Russian state agrarian University-MTAA, 2021. – P. 236-238.

4. Technological machines and equipment, environmental engineering (Fundamentals of theory and calculation of the total reclamation machines) / under the General editorship of Professor Yu. G. Revin. – M.: publishing house of the Russian state agrarian University-MTAA, 2016. – 230 p.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Насонов Сергей Юрьевич – старший преподаватель Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К. А. Тимирязева», Россия, г. Москва, e-mail: sergei.nasonow@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Nasonov Sergey – senior lecturer of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State Agrarian University-Moscow State Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev", Moscow, Russia, e-mail: sergei.nasonow@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 07.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 13.08.2021

УДК 665.11; 581.5; 504.5
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-64-73

ХИМИЧЕСКИЙ СТРЕСС СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ И СПОСОБ ЕГО СНИЖЕНИЯ

[1]Романцова Светлана Валерьевна
[1]Гладышева Ирина Владимировна
[1]Вервекина Наталья Владимировна
[2]Нагорнов Станислав Александрович
[2]Ликсутина Анна Павловна
[2]Корнев Алексей Юрьевич

[1]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина»
[2]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. *Одной из задач растениеводства в настоящее время является устранение стрессовых факторов, ухудшающих состояние сельскохозяйственных структур. При действии стрессового фактора снижается скорость фотосинтетических процессов, а значит, и урожайность сельскохозяйственных культур. Исследовано влияние поллютантов отработавших газов автомобильных двигателей на пять видов сельскохозяйственных растений: подсолнечник, соя, овес, горох, пшеница. Установлено, что загрязнение от отработавших газов автомобилей приводит к снижению содержания хлорофилла a (до 40%), хлорофилла b (до 60%) и каротиноидов (до 70%) в сельскохозяйственных растениях, произрастающих в непосредственной близости от автомагистрали по сравнению с участком поля, расположенном на значительном удалении от дороги. Чувствительность фотосинтетического аппарата изученных сельскохозяйственных культур по отношению наиболее высока у подсолнечника и овса. Самой низкой чувствительностью характеризуется соя. Максимальное снижение соотношения хлорофиллов a и b было зарегистрировано для овса, что говорит о его низкой стрессоустойчивости. Наилучший защитный механизм по отношению к воздействию поллютантов отработавших газов наблюдается у сои. Предложено применение биодизельного топлива как способ снижения стрессового воздействия отработавших газов на сельскохозяйственные культуры. Зарегистрировано улучшение экологических показателей работы двигателя трактора МТЗ-80 при его работе на топливной смеси, содержащей 60% (об.) товарного нефтяного дизельного топлива и 40% биодизельного топлива. При использовании топливных композиций дымность*

отработавших газов на 10-21% ниже, содержание в них оксида углерода (II) снижается на 12-24%, а содержание несгоревших углеводородов на 12-32% по сравнению с нефтяным топливом.

Ключевые слова: *биодизельное топливо, фотосинтетические пигменты, стрессоустойчивость растений биения.*

CHEMICAL STRESS OF AGRICULTURAL PLANTS AND METHOD OF ITS REDUCTION

[1]Romantsova Svetlana
[1]Gladysheva Irina
[1]Vervekina Natalia
[2]Nagornov Stanislav
[2]Lixutina Anna
[2]Kornev Alexey

[1]FSBEI HE "Tambov State University named after G.R. Derzhavin"
[2]All-Russian Scientific and Research Institute of Use of Techniques and Oil Products in Agriculture

Abstract. *One of the tasks of crop production at the present time is to eliminate stress factors that worsen the condition of agricultural structures. The rate of photosynthetic processes decreases by the action of a stress factor, and hence the productivity of agricultural crops. The influence of pollutants of exhaust gases of automobile engines on five types of crops such as sunflower, soybeans, oats, peas, and wheat has been investigated. It was established that the contamination of the exhaust gases of vehicles results in a reduction in the content of chlorophyll a (up to 40%), chlorophyll b (up to 60%) and carotenoids (up to 70%) in crops grown in the immediate vicinity of the highway, as compared to a section of the field located at a considerable distance from the road. The sensitivity of the photosynthetic apparatus of the studied crops to pollution is highest in sunflower and oats. Soybeans have the lowest sensitivity. The maximum decrease in the ratio of chlorophylls a and b was recorded for oats, which indicates its low stress resistance. The best defense mechanism in relation to the effects of exhaust gas pollutants is observed in soybeans. The use of biodiesel fuel is proposed as a way to reduce the stress impact of exhaust gases on agricultural crops. An improvement in the environmental performance of the MTZ-80 tractor engine has been registered when it is running on a fuel mixture containing 60% (vol.) of commercial petroleum diesel fuel and 40% of biodiesel fuel. The smoke content of the exhaust gases is 10-21% lower, the content of carbon monoxide (II) in them is reduced by 12-24%, and the content of unburned hydrocarbons by 12-32%, compared to oil fuel, when using fuel compositions.*

Keywords: *biodiesel fuel, photosynthetic pigments, plant stress resistance.*

Введение. Растениеводство является одной из важных сельскохозяйственных отраслей. Продукты растениеводства являются основой нашего питания, для человечества это важнейший и незаменимый источник продовольствия. Перед этой отраслью сельского хозяйства в настоящее время стоит ряд важнейших задач. Прежде всего, продукция растениеводства должна быть качественной и экологически чистой. От работников отрасли ждут максимального выхода продукции при минимальном количестве затрат. Базой высокой урожайности сельскохозяйственных культур является интенсивный процесс фотосинтеза. Ведь именно благодаря этому процессу неорганические соединения и энергия солнечных лучей преобразуются в питательные органические соединения (белки, жиры, углеводы). В настоящее время работники отрасли создают новые энерго- и ресурсосберегающие технологии интенсивного растениеводства, совершенствуют сельскохозяйственную технику и повышают интенсивность её эксплуатации, проводят мероприятия по предотвращению потерь при выращивании полевых культур. Одним из направлений этой работы является устранение стрессовых факторов, ухудшающих состояние растений и снижающих урожайность.

Стресс можно определить как общую неспецифическую адаптационную реакцию растения при воздействии на него различных неблагоприятных факторов. Результатом действия стрессовых факторов является замедление метаболических процессов, протекающих в организме растения [1].

При этом энергия растительного организма тратится на противодействие стрессу, что наносит ущерб формированию урожая.

Стрессовые факторы могут быть физическими, биологическими и химическими. Химические факторы чрезвычайно разнообразны. К ним можно отнести засоление почв, разливы нефтепродуктов, применение пестицидов и гербицидов, попадание в почву солей и оксидов тяжёлых металлов и т.д. Их действие на организм растений довольно хорошо изучено [1-3].

Ещё одним важным стрессовым фактором являются различные газообразные поллютанты [1,4]. Газообразные вещества проникают в ткани растений довольно легко, основной путь – газообмен через устьица. Токсичные газы растворяются в воде, входящей в состав клеточных оболочек, и далее могут вступать в различные химические взаимодействия, меняя pH среды, что влечёт за собой изменение активности белковых молекул вообще и ферментов в частности. Так, например, меняется активность транспортных белков, что меняет проницаемость клеточных мембран. Газообразные вещества разрушают различные вещества цитоплазмы, например, хлорофилл. Этот стрессовый фактор приводит к разрушению фотосинтетических пигментов и снижению интенсивности фотосинтеза, а значит, и урожайности сельскохозяйственных культур.

Поэтому содержание основных фотосинтетических пигментов (хлорофиллов и каротиноидов) может быть использовано как маркер реакции растений на стрессовый фактор[5-9].

Опубликовано довольно много данных о влиянии на состояние растений газообразных выбросов различных промышленных предприятий, ТЭЦ, различных видов транспорта и т.д. Чаще всего опубликованные данные характеризуют степень загазованности воздуха и уровень стресса растений, произрастающих в городах и промышленных зонах. Однако практически отсутствуют данные о фактическом влиянии компонентов отработавших газов на сельскохозяйственные культуры. А ведь автотранспорт можно отнести к одному из главных нестационарных источников загрязнения окружающей среды.

Цель работы – определение влияния отработавших газов автотранспорта на уровень химического стресса сельскохозяйственных культур, выращиваемых в Тамбовской области и поиск путей снижения этого стресса.

Экспериментальная часть. Сбор материала для исследования (листья) проводился в течение вегетационного периода (июнь 2021 г) в Тамбовской области. Точки отбора расположены на основных автомагистралях областного центра в придорожных зонах (до 5 м от дорожного полотна) и в глубине поля (на удалении 300 м от автотрассы).

В качестве объектов исследования использовались подсолнечник однолетний (Helianthus), соя (Fabaceae), овес (Avena), горох (Fabaceae), пшеница (Gramineae).

Концентрацию фотосинтетических пигментов (хлорофилл a и b, каротиноиды) определяли спектрофотометрически [4], растворитель для получения вытяжки из растений – ацетон (квалификация ч.д.а.). Величину поглощения ацетоновых вытяжек данных пигментов определяли на спектрофотометре «СФ-2000».

Для синтеза биодизельного топлива по реакции переэтерификации использовали методы тонкого органического синтеза в условиях гомогенного щелочного катализа. Сырьём для синтеза образцов биодизельного топлива было масло крамбе и масличной редьки. Для измерения экологических характеристик были приготовлены топливные композиции ТК1 и ТК2, в состав которых входило 60% (об.) товарного нефтяного дизельного топлива и 40% (об.) биодизельного топлива, синтезированного из масла крамбе (ТК1) и масла редьки (ТК2). Физико-химические характеристики топливных композиций определяли с помощью методов, закреплённых в ГОСТ Р 52368-2005 «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия».

Измерение дымности отработанных газов и доли оксида углерода и несгоревших углеводородов в них производили с помощью приборов «Инфракар Д» и «Инфракар М» соответственно.

Результаты и их обсуждение. Химические стрессовые факторы, в том числе поллютанты отработавших газов приводят к снижению скорости накопления фотосинтетических пигментов, влияют на соотношение спектральных форм хлорофилла.

Для определения степени воздействия отработавших газов автотранспорта на состояние сельскохозяйственных растений нами были выбраны культуры, наиболее распространённые в Тамбовской области: подсолнечник, соя, овес, горох, пшеница. Листья растений, в которых,

преимущественно, и протекают процессы фотосинтеза, отбирали летом, в период вегетации на площадках, находящихся на разных расстояниях от автомобильных дорог.

Для отбора проб растительного сырья выбрано 6 точек отбора в Тамбовской области (таблица 1).

Таблица 1 – Объекты исследования и точки отбора материала растительного материала

1	Подсолнечник	дорога Тамбов-Котовск
2	Соя	дорога Тамбов-Котовск
3	Овес	дорога Тамбов-Котовск
4	Подсолнечник	дорога «Тамбов-Пенза» Северный обход
5	Горох	дорога «Тамбов-Пенза» Северный обход
6	Пшеница	дорога «Тамбов-Пенза» Северный обход

На рисунках 1-3 представлены результаты фотометрического определения содержания хлорофиллов a и b, а также каротиноидов в исследуемых сельскохозяйственных растениях. Для каждой точки отбора материала левый столбец – содержание пигмента в растениях, произрастающих вдоль автотрассы, правый столбец – содержание пигмента в растениях, находящихся в глубине поля и удалённых от действия стрессового фактора.

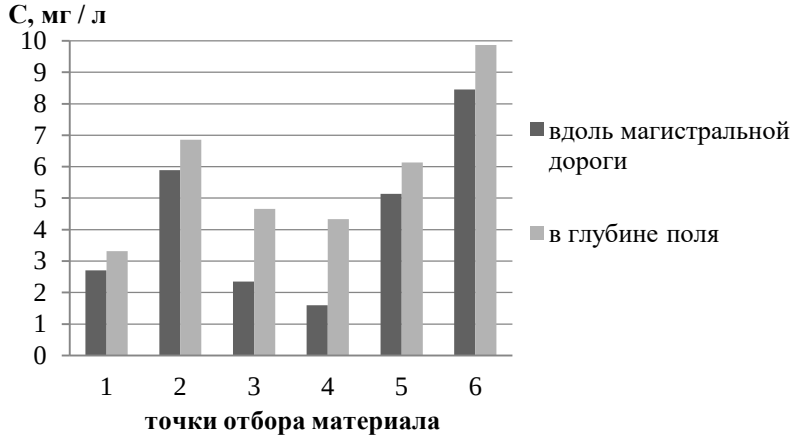


Рисунок 1 – Концентрация хлорофилла a в листьях сельскохозяйственных культур.

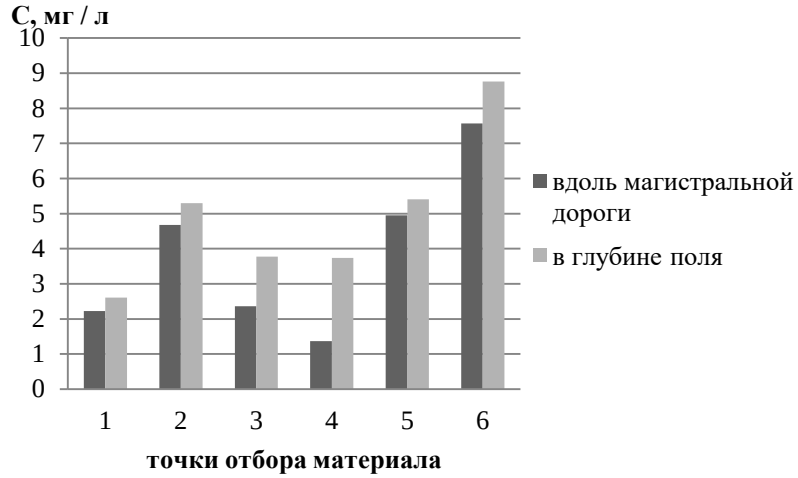


Рисунок 2 – Концентрация хлорофилла b в листьях сельскохозяйственных культур.

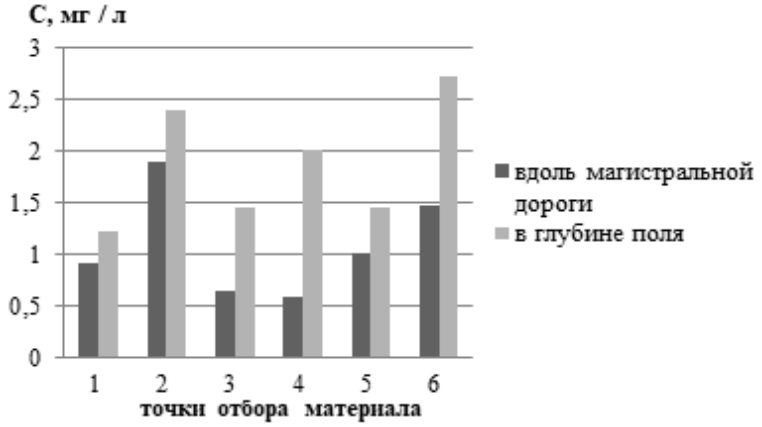


Рисунок 3 – Концентрация каротиноидов в листьях сельскохозяйственных культур.

Во всех пробах из исследуемых участков, собранных вдоль автомагистрали, содержание хлорофиллов a, b и каротиноидов оказалось ниже по сравнению с материалом, отобранным в глубине поля, где влияние отработавших газов практически не сказывается. Можно сделать вывод, что растения, растущие рядом с автомобильной дорогой, находятся в состоянии стресса, вызванного химическим фактором – токсичными веществами отработавших газов. Действие стрессового фактора приводит к уменьшению содержания фотосинтетических ферментов и, как следствие, к подавлению процесса фотосинтеза, накопления питательных веществ, снижению урожайности.

Содержание хлорофилла b в клетках высших растений, как правило, уменьшается в ответ на действие стрессовых факторов. Величина снижения содержания пигментов зависит как от точки отбора материала, так и от вида растения. Так, наибольшее снижение содержания пигментов (на 63%) было обнаружено для подсолнечника (точка 4). Почти такой же высокой чувствительностью обладает овёс (точка 3, снижение на 40%). Наименее чувствительными к действию компонентов отработавших газов оказались соя и горох (снижение концентрации пигментов на 11 и 9%, соответственно).

Маркерами техногенного воздействия на загрязнение окружающей среды являются отношения «C_a : C_b» и «(C_{a+b}) : C_k» [5], где C_a, C_b, C_{a+b} - концентрация хлорофилла a, b и их сумма соответственно, мг/л; C_k - общая концентрация каротиноидов, мг/л.

Если растение испытывает химический стресс, отношение концентраций хлорофилла a и b закономерно уменьшается (ведь накопление хлорофилла b является ответом на стресс). Отношение концентрации хлорофиллов к концентрации каротиноидов при стрессе увеличивается. В таблице 2 представлены значения указанных биомаркеров.

Таблица 2 – Соотношение концентраций хлорофилла a и b и концентрации хлорофиллов и каротиноидов в листьях исследуемых растений

Точки отбора проб	C_a : C_b	(C_{a+b}) : C_k
1	1,27	4,84
	1,22	5,3
2	1,29	5,07
	1,26	5,54
3	1,23	5,80
	0,99	7,16
4	1,16	4,01
	1,15	5,04
5	1,13	7,87
	1,04	9,85
6	1,13	6,84
	1,11	10,48

Снижение соотношения содержания «хлорофилл a : хлорофилл b» считается показателем стресса растения [8-10]. Соотношение C_a : C_b снижалось во всех точках эксперимента. Причем максимальное уменьшение значения (до 20%) наблюдалось для точки 3. Это указывает на то, что овес наименее стрессоустойчив, более других исследованных культур подвержен воздействию автомобильных поллютантов.

Проведённое исследование наглядно показывает, что компоненты отработавших газов автомобильного транспорта являются химическим стрессовым фактором для сельскохозяйственных растений. Следовательно, снижение токсичности отработавших газов будет способствовать производству не только экологически более чистой продукции растениеводства, но и будет способствовать повышению урожайности.

В качестве способа, позволяющего снизить концентрации вредных веществ в отработавших газах, нами предлагается использование биодизельного топлива. Под биодизельным топливом подразумеваются метиловые эфиры жирных кислот, синтезируемые из разнообразного растительного сырья. Известны данные, полученные путём стендовых испытаний, о том, что при работе дизельного двигателя на биодизельном топливе в отработавших газах заметно снижается содержание полициклических ароматических и несгоревших углеводородов, оксида углерода (II), сажи [11-13]. В рамках выполнения данного исследования были проведены эксплуатационные испытания на тракторе МТЗ-80.

Были синтезированы два образца биодизельного топлива. Синтез проводился по реакции переэтерификации с метиловым спиртов в присутствии гомогенного щелочного катализатора. Сырьём для синтеза являлись масла крамбе и масличной редьки. Надо отметить, что для синтеза биодизельного топлива не использовалось пищевое растительное масло. Масличная редька выращивалась как сидерат, способствующий восстановлению плодородности почвы (как зелёное удобрение и средство борьбы с сорняками). Для приближения к реальным условиям сельскохозяйственных производств масло из редьки масличной было отжато перед процессом синтеза на малогабаритном маслопрессе для фермерских хозяйств, производства ООО «НИЦ ТЕАС–МО», а масло крамбе хранилось несколько лет и было определено как «некондиционное» из-за повышенного кислотного числа (24,3 мг КОН/г).

Полученное биодизельное топливо смешивали с товарным нефтяным дизельным топливом. Были получены две топливные композиции. В топливной композиции ТК1 содержалось 60% (об.) товарного нефтяного дизельного топлива и 40% (об.) биодизельного топлива, полученного из масла крамбе. В топливной композиции ТК2 содержалось 60% (об.) товарного нефтяного дизельного топлива и 40% (об.) биодизельного топлива, синтезированного из масла редьки масличной. Физико-химические характеристики полученных топливных композиций приведены в таблице 3. Все характеристики соответствуют требованиям ГОСТ, следовательно, топливные композиции можно использовать для работы дизельного двигателя трактора МТЗ-80.

Таблица 3 – Физико-химические характеристики топливных композиций

Параметры	ТК1	ТК2
Плотность,кг/м^3, при 15 °С	898	887
Вязкость, 40 °С, мм^2/с	4,2	4,1
Температура застывания, °С	–11	–11
Температура вспышки, °С	152	149
Содержание серы, мг/кг	173	167
Содержание воды, мг/кг	105	97
Содержание мехпримесей, мг/кг	отс	отс
Кислотность, мгКОН/100 см^3	1,3	1,3
Содержание моноацилглицеринов,%	0,500	0,500
Содержание диацилглицеринов, %,	0,100	0,105
Содержание триацилглицеринов, %	0,002	0,002
Йодное число, г I_2/100г	111	110
Зольность, %	0,01	0,01

Полевые испытания проходили на тракторе МТЗ-80, в качестве исследуемого топлива применялись товарное нефтяное дизельное топливо и топливные композиции, с биотопливным компонентом на основе масла крамбе (ТК1) и на основе масла масличной редьки (ТК2).

Осуществляли измерения дымности и токсичности отработавших газов (таблица 4).

Таблица 4 – Экологические показатели работы трактора МТЗ-80 на разных типах топлив

Виды топлива	Дымность		Содержание СО, %	Содержание несгоревших углеводородов, ppm
	N, %	*K*, м$^{-1}$		
ДТ	63	2,3	0,42	25
ТК1	57	1,95	0,37	22
ТК2	54	1,8	0,32	17

Если сравнивать с экологическими характеристиками товарного нефтяного дизельного топлива, видно, что содержание оксида углерода (II) в отработавших газах двигателя, работавшего на топливной композиции ТК1 ниже на 12%, а работавшего на топливной композиции ТК2 – на 24%. Аналогичное снижение содержания несгоревших углеводородов в отработавших газах составляет 12 и 32%. Дымность отработавших газов двигателя МТЗ-80, работающего на топливных композициях, включающих 40% биодизельного топлива, также ниже, чем при работе на товарном нефтяном топливе на 15-21% по основному показателю – коэффициенту поглощения света *K* и на 10-14% по вспомогательному показателю – коэффициенту ослабления света *N*. Биодизельное топливо, синтезированное из масла редьки масличной, показало лучшие результаты с экологической точки зрения.

Выводы. Исследовано влияние поллютантов отработавших газов автомобильных двигателей на пять видов широко распространённых сельскохозяйственных растений: подсолнечник, соя, овес, горох, пшеница. Установлено, что загрязнение от отработавших газов автомобилей приводит к снижению содержания хлорофилла a (до 40%), хлорофилла b (до 60%) и каротиноидов (до 70%) в сельскохозяйственных растениях, произрастающих в непосредственной близости от автомагистрали по сравнению с участком поля, расположенном на значительном удалении от дороги.

Чувствительность фотосинтетического аппарата изученных сельскохозяйственных культур по отношению к загрязнению компонентами отработавших газов не одинакова. Их можно расположить в следующий ряд по убыванию чувствительности: подсолнечник > овёс > пшеница > горох > соя. Максимальное снижение соотношения хлорофиллов a и b было зарегистрировано для овса (20%), что говорит о его низкой стрессоустойчивости. Подсолнечник, соя и пшеница более устойчивы к химическому стрессу, соотношение хлорофиллов у них меняется в меньших пределах (1-4%). Наилучший защитный механизм по отношению к воздействию поллютантов отработавших газов наблюдается у сои.

Одним из способов, позволяющих смягчить стрессовое воздействие токсичных компонентов отработавших газов на сельскохозяйственные культуры, может стать более широкое применение биодизельного топлива, прежде всего, для работы сельскохозяйственной техники.

Зафиксировано улучшение экологических показателей работы двигателя трактора МТЗ-80 при его работе на топливной смеси, содержащей 60% (об.) товарного нефтяного дизельного топлива и 40% биодизельного топлива. Дымность отработавших газов при использовании топливных композиций на 10-21% ниже, чем отработавших газов двигателя, работающего на нефтяном топливе. Содержание оксида углерода (II) также снижается при переходе к топливным композициям на 12-24%, а содержание несгоревших углеводородов в отработавших газах уменьшается на 12-32% по сравнению с нефтяным топливом. Наилучшие экологические характеристики наблюдаются у топливной композиции на основе масличной редьки.

Список литературы

1. Устойчивость растений к химическому загрязнению: учебное пособие / сост. Р.В. Кайгородов. Пермь: Перм. гос. ун-т. – 2010.– 151 с.

2. Новикова Н.Е., Зотиков В.И. Физиологические основы устойчивости сельскохозяйственных растений: учебное пособие . Орел: Картуш. – 2015. – 176 с.

3. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрыпник Л.Н. Реакция пигментной и антиоксидантной систем растений на загрязнение окружающей среды г. Калининграда выбросами автотранспорта // Вестник Томского государственного университета. Биология, 2012. – № 2 (18). – С. 171-185.

4. Федулов Ю.П., Котляров В.В., Доценко К.А. Устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды: учеб. Пособие. Краснодар: КубГАУ. – 2015. – 64 с.

5. Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука. – 1971. – С. 154-171.

6. Кириенко Н.Н., Терлеева П.С. Влияние техногенного загрязнения территории на содержание пигментов в листьях лекарственных растений [Электронный ресурс] – URL: www.kgau.ru/img/konferenc/ 2009/22.doc.

7. Шубина А. Г. Содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях одуванчика лекарственного (Taraxacum officinale) и березы повислой (Betula pendula Roth.), растущих в г. Тамбове // Вестник ТГУ, 2011. – Вып. 1. – С. 353-355.

8. Петухов А.С., Хритохин Н.А., Петухова Г.А. Оценка содержания пигментов фотосинтеза у растений разных видов в условиях антропогенного стресса // Международный студенческий научный вестник, 2017. – № 6. – С. 166-173.

9. Sinyutina S.Ye., Shubina A.G. The use of indicators of plant photosynthetic and enzymatice activity in bioindication studies // Journal of agriculture and environment, 2020. – № 4 (16). – С. 29-34.

10. Кушнарева О.П., Перекрестова Е.Н. Влияние различных концентраций солей меди и свинца на содержание хлорофилла и содержание углерода в листьях растений // Вестник Оренбургского государственного университета, 2015. – №10. – С. 294-297.

11. Нагорнов С.А., Романцова С.В. Эфирная композиция для улучшения свойств дизельного топлива // Наука в центральной России, 2013. – № 2.– С. 35-43.

12. Нагорнов С.А., Романцова С.В., Марков В.А. Использование эфирных смесей в качестве альтернативных моторных топлив для дизелей. Часть 2 // Грузовик, 2018. – № 4. – С. 41-46.

13. Нагорнов С.А., Романцова С.В., Марков В.А., Са Бовэнь, Бебенин Е.В. Улучшение эксплуатационных свойств дизельных топлив для сельскохозяйственных машин // Аграрный научный журнал, 2020. – № 12. – С. 90-92.

References

1. Ustoychivost' rasteniy k khimicheskomu zagryazneniyu: uchebnoye posobiye / sost. R.V. Kaygorodov. Perm': Perm. gos. un-t. – 2010.– 151 s.

2. Novikova N.Ye., Zotikov V.I. Fiziologicheskiye osnovy ustoychivosti sel'skokhozyaystvennykh rasteniy: uchebnoye posobiye . Orel: Kartush. – 2015. – 176 s.

3. Chupakhina G.N., Maslennikov P.V., Skrypnik L.N. Reaktsiya pigmentnoy i antioksidantnoy sistem rasteniy na zagryazneniye okruzhayushchey sredy g. Kaliningrada vybrosami avtotransporta // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya, 2012. – № 2 (18). – S. 171-185.

4. Fedulov YU.P., Kotlyarov V.V., Dotsenko K.A. Ustoychivost' rasteniy k neblagopriyatnym faktoram sredy : ucheb. Posobiye. Krasnodar: KubGAU. – 2015. – 64 s.

5. Shlyk A.A. Opredeleniye khlorofillov i karotinoidov v ekstraktakh zelenykh list'yev // Biokhimicheskiye metody v fiziologii rasteniy. M.: Nauka. – 1971. – S. 154-171.

6. Kiriyenko N.N., Terleyeva P.S. Vliyaniye tekhnogennogo zagryazneniya territorii na soderzhaniye pigmentov v list'yakh lekarstvennykh rasteniy [Elektronnyy resurs] – URL: www.kgau.ru/img/konferenc/ 2009/22.doc.

7. Shubina A. G. Soderzhaniye khlorofilla i karotinoidov v list'yakh oduvanchika lekarstvennogo (Taraxacum officinale) i berezy povisloy (Betula pendula Roth.), rastushchikh v g. Tambove // Vestnik TGU, 2011. – Vyp. 1. – S. 353-355.

8. Petukhov A.S., Khritokhin N.A., Petukhova G.A. Otsenka soderzhaniya pigmentov fotosinteza u rasteniy raznykh vidov v usloviyakh antropogennogo stressa // Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik, 2017. – № 6. – S. 166-173.

9. Sinyutina S.Ye., Shubina A.G. The use of indicators of plant photosynthetic and enzymatice activity in bioindication studies // Journal of agriculture and environment, 2020. – № 4 (16). – S. 29-34.

10. Kushnareva O.P., Perekrestova Ye.N. Vliyaniye razlichnykh kontsentratsiy soley medi i svintsa na soderzhaniye khlorofilla i soderzhaniye ugleroda v list'yakh rasteniy // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2015. – №10. – S. 294-297.

11. Nagornov S.A., Romantsova S.V. Efirnaya kompozitsiya dlya uluchsheniya svoystv dizel'nogo topliva //Nauka v tsentral'noy Rossii, 2013. – № 2.– S. 35-43.

12. Nagornov S.A., Romantsova S.V., Markov V.A. Ispol'zovaniye efirnykh smesey v kachestve al'ternativnykh motornykh topliv dlya dizeley. Chast' 2 // Gruzovik, 2018. – № 4. – S. 41-46.

13. Nagornov S.A., Romantsova S.V., Markov V.A., Sa Boven', Bebenin Ye.V. Uluchsheniye ekspluatatsionnykh svoystv dizel'nykh topliv dlya sel'skokhozyaystvennykh mashin // Agrarnyy nauchnyy zhurnal, 2020. – № 12. – S. 90-92.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Романцова Светлана Валерьевна – кандидат химических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный университет им Г.Р. Державина», Россия, г. Тамбов, e-mail: svromantsova@yandex.ru.

Гладышева Ирина Владимировна – кандидат химических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный университет им Г.Р. Державина», Россия, г. Тамбов, e-mail: gladysheva_irina78@mail.ru

Вервекина Наталья Владимировна – кандидат химических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный университет им Г.Р. Державина», Россия, г. Тамбов, e-mail: vervekinanv@mail.ru

Нагорнов Станислав Александрович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: snagornov@yandex.ru.

Ликсутина Анна Павловна – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научноисследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: vniitinlab7@yandex.ru

Корнев Алексей Юрьевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научноисследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: viitinlab7@yandex.ru.

Author credentials

Affiliations

Romantsova Svetlana – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tambov State University named after G.R. Derzhavin», Russia, Tambov, e-mail: svromantsova@yandex.ru.

Gladysheva Irina – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tambov State University named after G.R. Derzhavin», Russia, Tambov, e-mail: gladysheva_irina78@mail.ru.

Vervekina Natalia – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tambov State University named after G.R. Derzhavin», Russia, Tambov, e-mail: vervekinanv@mail.ru

Nagornov Stanislav – Full Doctor of Technical sciences, Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: snagornov@yandex.ru.

Lixutina Anna – Candidate of Technical Sciences, Deputy Director for Science of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab7@yandex.ru.

Kornev Aleksey – Candidate of Technical Sciences, Deputy Director for Science of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab7@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 07.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 05.008.2021

УДК 637.115
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-73-80

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА DELAVAL, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ОБОРУДОВАНИЕ

[1,2]Никифоров Владислав Евгеньевич
[1]Теребова Светлана Викторовна
[1]Симонов Геннадий Александрович
[3]Филиппова Ольга Борисовна

[1]ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук
[2]ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»
[3]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. *Анализ современных технологий доения показывает отсутствие единого подхода в оценке доильных установок различных типов. Цель исследований заключалась в оценке эффективности роботизированного доения высокопродуктивных коров. Производственные исследования эффективности автоматического доильного оборудования проведены в Вологодской области на ферме АО «Племзавод Родина». Лактирующие коровы черно-пестрой породы в период опыта получали нормированные и сбалансированные рационы по существующим нормам. Молочную продуктивность оценивали по среднесуточному удою ежемесячно. Показатели качества молока (массовые доли жира, белка, лактозы, содержание соматических клеток) определяли с помощью анализатора «Комби-Фосс» (Дания). Проводили сравнительный анализ технико-экономических показателей с учетом загрузки работы установки «Европараллель» в доильном зале при участии оператора с автоматическим снятием подвесных аппаратов и доильных роботов DeLaval. Затраты энергии на работу оборудования автоматизированных технологий доения относительно стоимости молока при закупке незначительны и составляют 1,8 и 3,2 %, соответственно. Отмечены преимущества у роботизированной технологии, заключающиеся в автоматическом управлении режимами доения коров в зависимости от морфологических особенностей долей вымени животного с одновременным учетом качества получаемого молока. Установлено, что ее применение способствует уменьшению затрат труда – сокращается число обслуживающего персонала в 2 раза. Молочная продуктивность коров увеличивается на 4,7 %, улучшаются качественные характеристики молока.*

Ключевые слова: *роботизированная технология доения, система доения, коровы, молоко, качество, эффективность.*

DELAVAL AUTOMATED MILK PRODUCTION TECHNOLOGIES, ENERGY EFFICIENCY AND EQUIPMENT

[1,2]Nikivorov Vladislav,
[1]Terebova Svetlana,
[1]Simonov Gennady,
[3]Filippova Olga,

[1]FSBIS «Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences», Russian Federation
[2]FSBEI HE «Vologda State University»

[3]*FSBSI «All-Russian Scientific Research Institute of Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov, Russian Federation*

Abstract. *Analysis of modern milking technologies shows the lack of a unified approach to the assessment of milking machines of various types. The aim of the research was to evaluate the effectiveness of robotic milking of high-yielding cows. Industrial studies of the effectiveness of automatic milking equipment were carried out in the Vologda region on the farm of Plemzavod Rodina JSC. During the experiment, lactating black-and-white cows received normalized and balanced rations according to the existing norms. Milk productivity was assessed by the average daily milk yield on a monthly basis. Milk quality indicators (mass fractions of fat, protein, lactose, content of somatic cells) were determined using a Combi-Foss analyzer (Denmark). A comparative analysis of technical and economic indicators, taking into account the workload of the Europarallel installation in the milking parlor, with the participation of an operator with automatic removal of hanging devices and DeLaval milking robots was carried out. The energy consumption for the operation of the equipment of automated milking technologies relative to the cost of milk when purchasing is insignificant and amounts to 1.8 and 3.2%, respectively. The advantages of robotic technology, consisting in the automatic control of the milking modes of cows, are noted depending on the morphological characteristics of the animal's udder shares, while taking into account the quality of the milk obtained. It has been found that its application helps to reduce labor costs - the number of maintenance personnel is reduced by 2 times. The milk productivity of cows is increased by 4.7%, the quality characteristics of milk are improved.*

Keywords: *robotic milking technology, milking system, cows, milk, quality, efficiency.*

Введение. Повышение качества молочной продукции и эффективности производства молока неразрывно связано с внедрением высокотехнологического автоматизированного оборудования. Молочное животноводство в нашей стране все более активно использует автоматические доильные системы и доильные роботы. Функционирование предприятий АПК в условиях большой конкуренции обеспечивается модернизацией производства на основе современных технологий. Повышенные требования к качеству молока и значительная трудоёмкость процесса доения на современных комплексах привлекают дополнительные инвестиции в высокотехнологичное оборудование для молочных ферм.

Условия рыночных отношений диктуют необходимость не только повышать качество продуктов, но одновременно снижать затраты на их производство. Кроме того, неравномерный рост цен, в том числе, на сельскохозяйственную продукцию приводит к сокращению затрат на энергетические ресурсы. Следует отметить, что розничные цены на молоко за последние годы выросли почти в 2 раза, а цены на горюче-смазочные материалы увеличились практически в 4 раза, на электроэнергию – в 3 раза.

К основным проблемам молочного скотоводства также можно отнести малоэффективную доильную технику, устаревшее изношенное оборудование для молочных ферм. Производительность труда, продолжительность периода продуктивного использования коров и качество получаемого молока функционально зависят от выбранной технологии доения и способа содержания животных. Сервисное обслуживание доильного оборудования и его техническое состояние имеет определяющее значение для получения молока высокого качества и экономического эффекта от его производства в целом [1].

В технологии доения применяют привязное и беспривязное содержание животных с различным техническим уровнем и состояния автоматизации выполнения технологического процесса:

- переносные доильные аппараты и молокопровод;
- автоматическая система доения в доильном зале;
- автоматизированные системы – доильные роботы.

Широкое применение на отечественных молочных фермах нашли доильные установки с линейным молокопроводом, в которых предусмотрено последовательное расположение доильных аппаратов. Не смотря на простоту обслуживания, такое доильное оборудование характеризуется большими трудозатратами.

Более перспективной при беспривязном содержании коров можно считать технологию доения в специальных залах на автоматизированных установках. При ее использовании затраты труда на

доение снижаются в 2-3 раза, по сравнению с использованием линейного молокопровода в условиях привязного содержания, а также дает больше возможности реализовать генетический потенциал животных. Кроме того, автоматизируется зоотехнический учёт, улучшаются санитарно-гигиенические условия получения молока, увеличивается механизация других производственных процессов, увеличивается полезная площадь ферм [2, 3]. Применение высокопроизводительных доильных установок позволяет не только существенно повысить уровень автоматизации отдельных ручных операций, улучшить использование доильного оборудования, но сократить и общую протяженность молочных коммуникаций [4-8].

Эффективность использования различных технологий доения определяется созданием условий безотказной работы оборудования при оптимальных трудозатратах и энергоресурсов, а также качеством получаемой продукции. Поэтому на современных комплексах требуется организовывать систему контроля качества молока, проводить диагностику и оценку работы технологического оборудования.

Анализ современных технологий доения показывает отсутствие единого подхода в оценке доильных установок различных типов. В данном исследовании определяли эффективность роботизированного доения высокопродуктивных коров.

Материалы и методы исследований. Производственные исследования проведены в 2020 году в Вологодском районе, Вологодской области на ферме АО «Племзавод Родина», где помимо линейного молокопровода применяют роботизированную технологию доения (фирмы DeLaval) и отдельно установку «Европараллель» в доильном зале.

Рассмотрены режимы работы автоматического оборудования для установки «Европараллель» и роботов DeLaval. Проведена оценка затрат энергии на применяемых технологиях доения.

Лактирующие коровы черно-пестрой породы в период опыта получали сбалансированные рационы в соответствии с существующими нормами. Молочную продуктивность оценивали по среднесуточному удою ежемесячно. Показатели качества молока (массовые доли белка, жира, лактозы, содержание соматических клеток) определяли с помощью анализатора «Комби-Фосс» (Дания). Исследования бактериальной обсемененности общего (сборного) молока, полученного от коров, проведены по ГОСТ 32901-2014 «Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа».

Результаты исследований и анализ полученных данных. При оценке различных типов установок необходимо проводить сравнительный анализ технико-экономических показателей и учитывать характеристики с учетом загрузки работы оборудования (табл.1).

Таблица 1 – Характеристика работы технологий доения

Наименование показателя и единиц измерения	Технология (доильное оборудование)	
	Доильный зал «Европараллель» DeLaval	Робот VMS DeLaval
Обслуживаемое стадо коров	439	242
Число одновременного доения коров	12	4
Количество подключений, число доильных аппаратов	24	4
Кол-во операторов, чел.	2	1
Общее время работы доильного оборудования в сутки, час.	6-7	20
Число накопителей молока (танков-охладителей)	2	3

Проектное решение доильного зала «Европараллель» объединяет размещение нескольких однотипных доильных аппаратов в одну рабочую зону, сокращая тем самым время на обслуживание животных при снижении трудоемкости операторов. Эффективность также зависит от пропускной способности доильной установки и числа станков, определяет продолжительность доения с учетом удельных затрат ручного труда и энергии по работе всего технологического оборудования. Доильные залы параллельного типа имеет большую производительность и

высокую пропускную способность благодаря точному размещению группы коров, чистоту и комфортные условия труда для операторов. Технология доения в зале и система «Европараллель» осуществляют непосредственное управление и контроль процесса доения при участии оператора с автоматическим снятием подвесных аппаратов.

Роботы, обеспечивающие добровольное доение коров, имеют современное программное управление с информацией по каждому животному, что определяет повышение эффективности производства молока при значительном снижении потребности в рабочей силе для вспомогательных технологических операций. Автоматизированное доение на роботах с помощью манипулятора позволяет последовательно выполнять все технологические операции без нарушений, контролировать поток молока каждой четверти вымени отдельно, исключая «сухое» доение, автоматически обеспечивает обработку стаканов и промывку всей системы. Следовательно, благодаря использованию роботов возможно сокращение в два раза затрат труда на доение животных, по сравнению с установкой параллельного типа.

Таблица 2 – Технология доения «Европараллель» DeLaval

Наименование потребителя	Потребляемая мощность, кВт	Время работы, час	Количество потребителей, ед.	Всего, кВт·ч
Доильная установка «Европараллель» DeLaval (автоматическое управление доильными блоками)	$P_н = 22,4$	7	1	156,8
Танк молочный на 7500 л DeLaval DX/CE	$P_н = 1,2$	24	1	28,8
Автоматика, блок управления охлаждения молока T100 Auto				
Компрессорно-конденсаторный агрегат Copeland Eazy Cooll PRR/2/MB/26/4	$P_н = 7,5$	8,5	2	127,5
Танк молочный на 5000 л MEKO	$P_н = 0,7$	18	1	12,6
Компрессорно-конденсаторный агрегат HETCRAFT BC 810B711	$P_н = 8,2$	14	1	114,8
Вакуумная установка STRANCO CH-90	$P_н = 4,0$	6	2	48
Система фильтрации и промежуточного сбора молока STRANCO	$P_н = 0,75$	6	2	9
Электронасос молочный НМУ-6Н	$P_н = 0,7$	1	1	0,7
Промывка молокопровода, молочных танков и аппаратов				
Водонагреватель ЭВА 450/15	$P_н = 15$	1	1	15
Водонагреватель Alfa Laval	$P_н = 3$	1	2	6
Насос водяной Джамбо 70/50 Н	$P_н = 1,2$	1	1	1,2
Общее потребление	64,65	7,3	1	520,4

В таблицах 2 и 3 приведены показатели потребления электроэнергии основного оборудования для технологий доения DeLaval, которое используется на животноводческом комплексе колхоза «Племзавод Родина» Вологодской области.

Учитывая полученные значения затраченной энергии по каждой технологии автоматического доения за суточный период работы задействованного оборудования, дадим общую оценку, которая характеризует удельный вес потребления энергии на единицу произведённой продукции. Для роботизированной технологии удельные затраты потреблённого электричества на 1000 литров молока составляют 107 кВт.ч, при работе оборудования в доильном зале – 60,4 кВт.ч соответственно (табл. 2, 3). Удельный вес, или доля затраченной электроэнергии на производство молока для каждой технологии (при средней закупочной цене молока в 20 руб./л и тарифа на

электричество – 6 руб. за 1 кВт.ч) в стоимостном соотношении на 1000 л молока составляет 642 руб. для роботизированной технологии и 362,4 руб. – для технологии «Европараллель».

Таблица 3 – Роботизированная технология доения DeLaval

Наименование потребителя	Потребляемая мощность, кВт	Время работы, час	Количество потребителей, ед.	Всего, кВт·ч
Автоматика, робот VMS DeLaval	$P_н = 3,0$	21	4	252
Водонагреватель на 450 л ЭВА-450/15	$P_н = 15$	1	1	15
Водонагреватель на 300 л Alfa Laval	$P_н = 3$	3	2	18
Насос водяной DeLaval 70/50 H	$P_н = 2,2$	21	1	46,2
Танк молочный на 3000 л DeLaval DX/CE	$P_н = 0,7$	24	2	33,6
Автоматика, система управления охлаждения молока T100 Auto				
Танк молочный на 4500 л DeLaval DX/CE	$P_н = 1,25$	24	1	30
Автоматика, блок управления T100 Auto охлаждения молока				
Компрессорно-конденсаторный агрегат Copeland Eazy Cooll PRR/1/MB/26/4	$P_н = 7,5$	8,5	2	127,5
Компрессорно-конденсаторный агрегат Copeland Eazy Cooll PRR/2/V6/75/74	$P_н = 9,6$	8,5\7,5	1	81,6
Электронасос молочный DeLaval	$P_н = 0,7$	1,5	1	1,05
Промывка молочных танков				
Водонагреватель на 300 л Alfa Laval	$P_н = 3$	1	1	3
Водонагреватель на 200 л Ariston-SG 200	$P_н = 2,6$	1	1	2,6
Общее потребление	48,55	12,28	4	610,55

Технологические процессы доения и первичной обработки молока должны не только обеспечивать высокую производительность труда, но повышать качество получаемой продукции. На современных молочных комплексах и роботизированных доильных установках существует полная возможность получать качественное молоко высшего сорта.

По результатам исследований получены данные по продуктивности коров и качественным показателям молока при доении на установке «Европараллель» и роботами фирмы DeLaval (табл. 4).

Таблица 4 – Показатели продуктивности и качества молока

Наименование показателя и единиц измерения	Технология (доильное оборудование)	
	Доильный зал «Европараллель» DeLaval	Робот VMS DeLaval
Суточный удой, кг	25,3	26,5
МД Жира, %	3,83	3,79
МД Белка, %	3,41	3,41
МД Лактозы, %	4,61	4,6
Соматические клетки, $\times 10^5/см^3$	6,19	3,03

Среднесуточный удой на корову при использовании доильных роботов составил 26,5 кг, что на 4,7 % больше против 25,3 кг, получаемых в доильном зале. Количество соматических клеток в молоке при доении роботом было меньше в 2 раза по сравнению с установкой «Европараллель».

Следует отметить, что на количество и качество получаемой продукции оказывают влияние различные факторы, например, кормление животных [9-21], технология доения [22], содержание скота [23] и др.

Также сравнительный анализ качества молока по технологиям доения показал, что бактериальная обсеменённость молока в доильном зале «Европараллель» DeLaval составила 11500 КОЕ/см^3, на роботизированной технологии доения VMS DeLaval – 6200 КОЕ/см^3, при норме содержания, согласно ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», не более $5 \cdot 10^5$ КОЕ/см^3.

Экономическая эффективность доильных роботов именно по качеству получаемой продукции отмечена положительными отзывами специалистов и руководителей хозяйств, что во многом определяет дальнейшую перспективу их использования в молочном животноводстве.

Выводы. Таким образом, определено, что обе рассматриваемые технологии доения коров – при использовании установки «Европараллель» в доильном зале и с помощью доильного робота – являются эффективными. Однако, роботизированная технология обладает рядом преимуществ, благодаря автоматическому управлению режимами доения коров в зависимости от морфологических особенностей долей вымени животного и осуществлению одновременного учета качества получаемого молока.

Как показали результаты проведенных исследований, благодаря использованию роботизированных систем доения можно уменьшить затраты труда. При этом сокращается число обслуживающего персонала в 2 раза. Молочная продуктивность коров увеличивается на 4,7 %, улучшаются качественные характеристики молока. Затраты энергии на работу оборудования автоматизированных технологий доения относительно стоимости молока при закупке незначительны и составляют 3,2 и 1,8 % соответственно для роботизированной технологии и системы «Европараллель» доения в зале.

Список литературы

1. Анищенко А.Н. К вопросу о технологической модернизации молочных ферм региона. // Вестник ЧГУ. – 2013. –Т. 1.– № 3. – С. 46-50.

2. Хазанов Е.Е., Гордеев В.В., Хазанов В.Е. Модернизация молочных ферм. – СПб.: ГНУСЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии. – 2008. – 380 с.

3. Палкин Г.Г. Высокопроизводительные доильные залы нетрадиционной планировки // Техника и оборудование для села. – 1999. – № 6 (24). – С.15-17.

4. Сравнительная оценка технологий доения высокопродуктивных коров черно-пестрой породы на современных комплексах / Е.А. Тяпугин, С.Е. Тяпугин, В.К. Углин, В.Е. Никифоров, В.В. Плотникова, И.С. Сереброва // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 4. – С. 77-80.

5. Филиппова О.Б., Кийко Е.И. Экономические аспекты нарушения правил машинного доения в промышленном производстве молока // Наука в центральной России. – 2013. – № 6. – С. 72-75.

6. Влияние роботизированного доения на качество молока / Г.А. Симонов, В.Е. Никифоров, И.С. Сереброва, Д.А. Иванова, О.Б. Филиппова // Наука в центральной России. – 2020. - № 2 (44). – С. 117-124.

7. Преимущества роботов перед традиционной технологией доения коров / Г.А. Симонов, В.Е. Никифоров, О.Б. Филиппова // Наука в центральной России. – 2020. - № 4 (46). – С. 54-62.

8. Роботизированная технология доения коров повышает эффективность производства молока / Г.А. Симонов, В.Е. Никифоров, Д.А. Иванова, О.Б. Филиппова // Наука в центральной России. – 2020. - № 5 (47). – С. 74-81.

9. Рыжиковый жмых в рационе коз зааненской породы / В.С. Зотеев [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2014. – № 3. – С. 29-30.

10. Эффективность кормления коров по детализированным нормам / А.П. Калашников [и др.] // Животноводство. – 1984. – № 9. – С. 7-8.

11. Воспроизводительная способность и состояние рубцового метаболизма коров при разной структуре рационов / А.П. Калашников [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 1984. – 11. – С. 29.

12. Как эффективнее выращивать мясной скот на субальпийских пастбищах в условиях Дагестана / М.М. Садыков [и др.] // Проблемы развития АПК региона. – 2017. – Т.31. – № 3(31). – С. 63-67.

13. Энергосберегающая технология улучшения старосеяных пастбищ / И.В. Сереброва [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 1. – С. 48-50.

14. Влияние разной сбалансированности и структуры рационов / Г.А. Симонов, А. Калашников, М. Магомедов // Молочное и мясное скотоводство. – 1985. – №1. – С. 19-21.

15. Симонов Г.А. Использование комплексной минеральной смеси в кормлении коров // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 1998. – № 3. – С. 60-61.

16. Использование природного кремнезема / Г.А. Симонов // Птицеводство. – 2009. – № 6. – С. 34-35.

17. Выращивание ремонтного молодняка свиней / Е.А. Тяпугин [и др.] // Свиноводство. – 2011. – № 1. – С. 18-21.

18. Пастбища и их роль в кормлении молочного скота в условиях Европейского севера РФ / Е. Тяпугин [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. – 2011. – № 5. – С. 23-24.

19. Потребность суягных овцематок в меди в условиях аридной зоны России / Е.А. Тяпугин [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2018. – № 2. – С. 50-54.

20. Минимизация доли концкормов в рационе холостых овцематок / А. Ушаков, В. Епифанов, А. Микитюк [и др.] // Комбикорма. – 2016. – № 12. – С. 81-82.

21. Цеолитсодержащая добавка / А. Федин [и др.] //Птицеводство. – 2006. – № 9. – С. 24.

22. Сравнительная оценка технологических факторов, влияющих на производство и качество молока, при различных технологиях доения / Е.А. Тяпугин, С.Е. Тяпугин, [и др.] // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2015. – №3. – С. 50-53.

Совершенствование черно-пестрого и айрширского молочного скот в Вологодской области: науч. изд. / Е.А. Тяпугин [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех, 2011. – 120 с.

References

1. Anishhenko A.N. K voprosu o tehnologicheskoj modernizacii molochnyh ferm regiona. // Vestnik ChGU. – 2013. – T.1. – № 3. – S. 46-50.

2. Hazanov E.E., Gordeev V.V., Hazanov V.E. Modernizacija molochnyh ferm. – SPb.: GNUSZNIIMJeSH Rossel'hozakademii. – 2008. – 380 s.

3. Palkin G.G. Vysokoproizvoditel'nye doil'nye zaly netradicionnoj planirovki // Tehnika i oborudovanie dlja sela. – 1999. – № 6 (24). – S.15-17.

4. Sravnitel'naja ocenka tehnologij doenija vysokoproduktivnyh korov cherno-pestroj porody na sovremennyh kompleksah / E.A. Tjapugin, S.E. Tjapugin, V.K. Uglin, V.E. Nikiforov, V.V. Plotnikova, I.S. Serebrova // Dostizhenija nauki i tehniki APK. – 2013. – № 4. – S. 77-80.

5. Filippova O.B., Kijko E.I. Jekonomicheskie aspekty narushenija pravil mashinnogo doenija v promyshlennom proizvodstve moloka // Nauka v central'noj Rossii. – 2013. – № 6. – S. 72-75.

6. Vlijanie robotizirovannogo doenija na kachestvo moloka / G.A. Simonov, V.E. Nikiforov, I.S. Serebrova, D.A. Ivanova, O.B. Filippova // Nauka v central'noj Rossii. – 2020. – № 2 (44). – S. 117-124.

7. Preimushhestva robotov pered tradicionnoj tehnologiej doenija korov / G.A. Simo-nov, V.E. Nikiforov, O.B. Filippova // Nauka v central'noj Rossii. – 2020. - № 4 (46). – S. 54-62.

8. Robotizirovannaja tehnologija doenija korov povyshaet jeffektivnost' proizvodstva moloka / G.A. Simonov, V.E. Nikiforov, D.A. Ivanova, O.B. Filippova // Nauka v central'noj Rossii. – 2020. - № 5 (47). – S. 74-81.

9. Ryzhikovyj zhmyh v racione koz zaanenskoj porody / V.S. Zoteev [i dr.] // Ovcy, ko-zy, sherstjanoe delo. – 2014. – № 3. – S. 29-30.

10. Jeffektivnost' kormlenija korov po detalizirovannym normam / A.P. Kalashnikov [i dr.] // Zhivotnovodstvo. – 1984. – № 9. – S. 7-8.

11. Vosproizvoditel'naja sposobnost' i sostojanie rubcovogo metabolizma korov pri raznoj strukture racionov / A.P. Kalashnikov [i dr.] // Rossijskaja sel'skohozjajstvennaja nauka. – 1984. – 11. – S. 29.

12. Kak jeffektivnee vyrashhivat' mjasnoj skot na subal'pijskih pastbishhah v uslovijah Dagestana / M.M. Sadykov [i dr.] // Problemy razvitija APK regiona. – 2017. – T.31. – № 3(31). – S. 63-67.

13. Jenergosberegajushhaja tehnologija uluchshenija starosejanyh pastbishh / I.V. Serebrova [i dr.] // Dostizhenija nauki i tehniki APK. – 2011. – № 1. – S. 48-50.

14. Vlijanie raznoj sbalansirovannosti i struktury racionov / G.A. Simonov, A. Ka-lashnikov, M. Magomedov // Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo. – 1985. – №1. – S. 19-21.

15. Simonov G.A. Ispol'zovanie kompleksnoj mineral'noj smesi v kormlenii korov // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk. – 1998. – № 3. – S. 60-61.

16. Ispol'zovanie prirodnogo kremnezema / G.A. Simonov // Pticevodstvo. – 2009. – № 6. – S. 34-35.

17. Vyrashhivanie remontnogo molodnjaka svinej / E.A. Tjapugin [i dr.] // Svinovodstvo. – 2011. – № 1. – S. 18-21.

18. Pastbishha i ih rol' v kormlenii molochnogo skota v uslovijah Evropejskogo severa RF / E. Tjapugin [i dr.] // Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo. – 2011. – № 5. – S. 23-24.

19. Potrebnost' sujagnyh ovcematok v medi v uslovijah aridnoj zony Rossii / E.A. Tjapu-gin [i dr.] // Rossijskaja sel'skohozjajstvennaja nauka. – 2018. – № 2. – S. 50-54.

20. Minimizacija doli konckormov v racione holostyh ovcematok / A. Ushakov, V. Epi-fanov, A. Mikitjuk [i dr.] // Kombikorma. – 2016. – № 12. – S. 81-82.

21. Ceolitsoderzhashhaja dobavka / A. Fedin [i dr.] //Pticevodstvo. – 2006. – № 9. – S. 24.

22. Sravnitel'naja ocenka tehnologicheskih faktorov, vlijajushhih na proizvodstvo i kachestvo moloka, pri razlichnyh tehnologijah doenija / E.A. Tjapugin, S.E. Tjapugin, [i dr.] // Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk. – 2015. – №3. – S. 50-53.

23. Sovershenstvovanie cherno-pestrogo i ajrshirskogo molochnogo skot v Vologodskoj oblasti: nauch. izd. / E.A. Tjapugin [i dr.]. – M.: FGNU «Rosinformagroteh, 2011. – 120 s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Никифоров Владислав Евгеньевич – старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Вологодский научный центр Российской академии наук», Россия, г. Вологда, e-mail: nfrv_123@mail.ru.

Теребова Светлана Викторовна – доктор экономических наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Вологодский научный центр Российской академии наук», Россия, г. Вологда, e-mail: sznii@list.ru.

Симонов Геннадий Александрович – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Вологодский научный центр Российской академии наук», Россия, г. Вологда, e-mail: sznii@list.ru.

Филиппова Ольга Борисовна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: filippova175@yandex.ru.

Author credentials

Affiliations

Nikiforov Vladislav – Senior Researcher of Federal State Budgetary Institution of Sciences “Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences”, Russia, Vologda, e-mail: sznii@list.ru.

Terebova Svetlana – Full Doctor of Economics of Federal State Budgetary Institution of Sciences “Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences”, Russia, Vologda, e-mail: sznii@list.ru.

Simonov Gennady – Full Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher of Federal State Budgetary Institution of Sciences “Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences”, Russia, Vologda, e-mail: sznii@list.ru.

Filippova Olga – Full Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e -mail: filippova175@yandex.ru

Поступила в редакцию (Received): 24.06.2021 Принята к публикации (Accepted): 16.08.2021

УДК 629.113
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-81-89

ОЦЕНКА РАСХОДА РЕСУРСОВ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ КЛИЕНТСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

[1]Доровских Дмитрий Владимирович
[1]Глазков Юрий Евгеньевич
[1]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Реферат. *Рассматривается проблема актуализации нормативов расхода ресурсов на техническое обслуживание и ремонт клиентских транспортных средств на предприятии обслуживания автотранспорта. Общие алгоритмы актуализации норм времени выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств предложены в государственных стандартах, требованиях, разработанные автопроизводителями и т.д. Используется метод лонгитюдного эмпирического пассивного наблюдения, а при обработке полученных результатов - структурный, статистический и качественный анализы. Для проведения исследований был выбран автомобиль модели Nissan Qashqai как имеющий высокую распространенность. Проведенная работа подтвердила невозможность полного соблюдения норм потребления ресурсов. Была проведена статистическая обработка результатов и определены факторы, определяющие уровень обслуживания независимых и авторизованных сервисных станций. Предложена усовершенствованная модель функциональной зависимости между актуализированным значением норматива расхода ресурса и его базовым значением. Применение предложенной модели позволило получить среднее отклонение по всем видам работ и операций со всеми автомобилями – 1,90 %, а в случае использования в качестве базового норматива, определенного автопроизводителем – 2,34 %. Предлагаемая модель позволяет значительно улучшить предварительное определение времени, необходимого для выполнения работ, по сравнению с полученным в результате наблюдений значением отклонения в + 40,19 %. В результате исследований установлено, что отклонение реальных затрат времени от нормативных значений государственных стандартов, по различным видам работ технического обслуживания, составляет в среднем +40,19%, а в отдельных случаях может достигать от – 85,96 % до +95,33 %. Статистическая обработка результатов наблюдений позволила уточнить приведенные в нормативной базе значения корректирующих коэффициентов, используемых при актуализации нормативов затрат времени при выполнении работ по техническому обслуживанию и ремонту.*

Ключевые слова: *стандарты, ресурсы, техническое обслуживание, ремонт, качество услуг.*

ESTIMATION OF RESOURCE CONSUMPTION FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF CUSTOMER VEHICLES

[1]Dorovskikh Dmitriy,
[1]Glazkov Yurij
[1]FSBEI HE “Tambov state technical university”

Abstract. *The problem of updating the standards for the consumption of resources for the maintenance and repair of customer vehicles at a vehicle service enterprise is considered. General algorithms for updating the norms for the execution of work on the maintenance and repair of vehicles are proposed in state standards, requirements developed by car manufacturers, etc. The method of longitudinal empirical passive observation is used, and when processing the results obtained, structural, statistical and qualitative analyzes are used. Nissan Qashqai model car as having high prevalence selected for research. The work carried out has confirmed the impossibility of full compliance with the norms of resource consumption. Statistical processing of the results was carried out and the factors that determine the level of service of independent and authorized service stations were determined. An improved model of the functional dependence between the updated value of the resource consumption standard and its base value is proposed. The application of the proposed model allowed us to obtain an*

average deviation for all types of work and operations with all cars – 1.90 %, and in the case of using it as a basic standard determined by the automaker – 2.34 %. The proposed model makes it possible to significantly improve the preliminary determination of the time required to complete the work, in comparison with the deviation value obtained as a result of observations of + 40.19%. As a result of the research, it was found that the deviation of real time costs from the normative values of state standards for various types of maintenance work is on average +40.19%, and in some cases it can reach from – 85.96% to +95.33 %. The proposed model makes it possible to significantly improve the preliminary determination of the time required to complete the work, in comparison with the deviation value obtained as a result of observations of + 40.19%. Statistical processing of the observation results made it possible to clarify the values of the correcting coefficients given in the normative base, which are used to update the norms for the time spent in performing maintenance and repair work.

Keywords: *standards, resources, maintenance, repair, quality of services.*

Введение. Задача эффективного управления технологическими процессами технического обслуживания (ТО) и ремонта автомобилей имеет такую важную составляющую, как обеспечение соответствия расхода ресурсов в процессе ТО и ремонта их оптимальным значениям, определенным при нормировании соответствующих технологических операций автопроизводителем. К таким ресурсам следует отнести время, запасные части, вспомогательные материалы и энергоносители. Считаем, что наиболее важным для клиенто-ориентированного автосервисного предприятия является управление затратами времени на выполнение работ ТО и ремонта. Однако общеизвестно, что полного соответствия реальных затрат нормативам нельзя гарантировать, особенно в средних и тяжелых условиях эксплуатации автотранспортных средств. Также следует отметить, что для клиентов автосервиса значительно более важным является соответствие цены услуг их качеству и минимальное время ожидания автомобиля, чем соответствие нормативам реально затраченных ресурсов при условии соблюдения установленного автопроизводителем регламента ТО и ремонта (таблица 1, на основе [1] и собственных исследований).

Таблица 1 – Факторы определения независимых и авторизированных СТО

Факторы	Независимое СТО	Авторизированное СТО	Специали-зированное СТО	Предприятие автотранспорта
Соблюдение предварительно согласованной цены	***	****	*****	****
Соотношение цена / качество	****	****	*****	***
Первое привлечение клиента	***	*****	***	**
Доверие к механику	****	****	*****	***
Соблюдение обещаний	**	***	****	***
Желание решить проблемы клиента	**	***	***	***
Соблюдение согласованного графика	***	***	****	***
Знание и опыт персонала	***	****	*****	**
Внимание к требованиям потребителя	****	***	****	*****
Состояние оборудования	***	*****	*****	**
Время ожидания ремонта	*****	***	**	*****

Примечание: оценка осуществлялась по пятибалльной шкале, где * - низкий ранг; ***** - высокий ранг

Проведенные исследования показывают, что авторизированные сервисные предприятия руководствуются, прежде всего, нормативами, установленными автопроизводителем, а независимые предприятия в основном используют собственные наработки при определении норм расхода ресурсов. Однако наши наблюдения на предприятиях, осуществляющих ТО и ремонт автомобилей, указывают на отклонения реальной длительности выполняемых работ от предварительно оцененной по нормативам по отдельным видам от –85,96 % до +95,33 %. Следовательно, автосервисные предприятия слишком оптимистичны в вопросе предварительного определения продолжительности работ по ТО и ремонту, что приводит к снижению степени удовлетворения потребителей и увеличению расходов клиентов таких предприятий. В то же время расход материальных ресурсов остается на уровне, близком к нормативному, поэтому считаем, что для решения задачи повышения удовлетворенности клиентов автосервисных предприятий необходимо обеспечить определение ожидаемой продолжительности работ по ТО и ремонту с необходимой точностью при полном соблюдении требований автопроизводителя к регламенту выполняемых работ и качеству их выполнения, для чего необходимо наладить систему документирования и нормирования расхода ресурсов на предприятиях автомобильного транспорта.

Обзор литературы. Обоснование необходимости исследования темы соответствия нормативов расхода ресурсов и их постоянного совершенствования с целью повышения конкурентоспособности предприятий неоднократно поднималась в отечественной и зарубежной научной литературе.

Так, Ю. Русами [2] основное внимание уделяет соблюдению установленных автопроизводителями требований и нормативов при выполнении операций по ТО автомобилей. Он проанализировал организационные подходы различных автопроизводителей к определению перечня работ и операций и установлению нормативов использования ресурсов при их выполнении. Автор утверждает, что оптимальное сочетание точности норм и технологичности операций содержится в служебной документации фирмы Citroen, а худшие результаты показывают Skoda и Honda. Автор видит объективные причины этого, такие, как различие в подходах к конструированию транспортных средств, в условиях использования автомобилей и выполнения работ на различных предприятиях и т. п. Мы согласны с ним в том, что целесообразно разработать универсальную схему выполнения работ по ТО для всех моделей автомобилей, включающую нормы времени, определенные на основе общих принципов и общими методами.

Специалисты Австралийского Страхового Совета требуют соблюдать в процессе ремонта автомобилей нормы Motor vehicle insurance and repair industry code of conduct (MVIRI Code) [3], которые среди прочего требуют от автосервисных предприятий четкого соблюдения технологии выполнения ремонтных работ, нормативов затрат времени, запасных частей и вспомогательных материалов, разработанных автопроизводителями как влияющих на эксплуатационные качества транспортного средства и безопасность его использования. Нами уже было высказано мнение, что нормы и нормативы автопроизводителей не всегда соответствуют реальным затратам ресурсов, но мы согласны с необходимостью соблюдать требования технологических процессов ТО и ремонта, установленные автопроизводителями.

Разработчики государственных стандартов [4, 5] уделили большое внимание актуализации нормативов затрат времени и запасных частей для проведения ТО и ремонта автомобильного парка, введя поправочные коэффициенты, учитывающие условия эксплуатации (k1), климатическую зону (k3) и возраст автомобилей (k4) и установив значения для этих коэффициентов. Однако ориентация на определение этих параметров для крупных автопарков, а также устаревшие значения коэффициентов, определенные более 20-25 лет назад, отсутствие в стандартах современных классов транспортных средств и невозможность учесть определенные автопроизводителем нормативы обосновывают необходимость уточнения механизмов корректирования нормативов для современных условий.

В [6] предложен общий алгоритм актуализации норм времени выполнения работ по ТО и ремонту. К основным факторам, которые влияют на их актуализацию, отнесены условия эксплуатации, модель и возраст автомобиля, природно-климатические условия. При разработке своей модели автор приблизил факторы из [4; 5] к современным условиям, однако возможности их применения на предприятиях, обслуживающих клиентские автомобили, ограничены ввиду

недостатка необходимой информации.

В своих работах С. П. Жаров ([7, 8]) активно продвигает микроэлементный подход в нормировании затрат времени на авторемонтных предприятиях, но считает невозможным актуализацию таких нормативов из-за высокой сложности и непредсказуемости ремонтных кузовных работ. Мы же считаем, что работы по ТО автомобилей нормируются и актуализируются достаточно просто, а в нормировании ремонтных работ возможно и целесообразно для решения поставленной выше задачи использование статистически значимых интервалов.

Методология исследования. Исходя из особенностей выбранной сферы проведения исследования считаем, что для достижения поставленных в работе целей оптимальным будет использование метода, который можно охарактеризовать как лонгитюдное эмпирическое пассивное наблюдение, а при обработке полученных результатов использованы структурный, статистический и качественный анализы. Трудоемкости работ по устранению неисправностей транспортных машин распределяются по нормальному закону распределения (коэффициент вариации $v = 0,3$), а интенсивности неисправностей - по закону Вейбулла ($\nu = 0,36...0,85$). Исходя из предполагаемых законов распределения исследуемых величин с использованием параметрического метода определено минимальное количество заказов, по которым необходимо вести наблюдение, равное 25 при доверительной вероятности $\beta = 0,85$ (при ТО и ремонте агрегатов, узлов и систем, которые не имеют значительного влияния на безопасность движения) и относительной ошибке $\delta = 0,10$.

Проведение пассивного эксперимента: под наблюдение подпадают 25 случайных заказов на ТО и ремонт автомобилей ежегодно в период проведения исследования; для исследования случайно выбирается один заказ из всех поступивших на предприятие за каждый случайно выбранный рабочий день с интервалом 15 дней.

Изложение основного материала. Для проведения исследования нами были отобраны 25 заказов на ТО и ремонт автомобилей модели Nissan Qashqai как имеющих высокую распространенность, учитывая, что их владельцы предпочитают придерживаться требований автопроизводителя относительно ТО во время гарантийного срока (таблица 2).

Количество автомобилей и период проведения наблюдения соответствуют требованиям методики проведения исследования. Во время проведения эксперимента часть клиентов (5 человек) отказалась от дальнейшего проведения ТО и ремонта из-за слишком большой ожидаемой продолжительности выполнения работ, поэтому эти случаи не отражены в общем массиве информации и не принимают участия в дальнейших расчетах. Соответственно, в наблюдении собраны материалы по 20 производственным процессам ТО различных автомобилей Nissan Qashqai, которые стали основой для построения модели определения ожидаемой продолжительности работ по ТО и ремонту автомобилей.

Наблюдение проводилось за выполнением каждой из работ в соответствии с технологической картой соответствующего ТО, определенного согласно возрасту и пробегу автомобиля. Фиксировались время начала и окончания каждой операции, а также отдельно фиксировались все непроизводительные затраты времени – простои, задержки, перерывы, ожидания и т. п. Для определения существенных объективных факторов, влияющих на продолжительность выполнения работ, с целью дальнейшей разработки модели актуализации нормативов на отдельных бланках фиксировались данные об автомобиле (возраст, условия эксплуатации, соблюдение владельцем межсервисного интервала) и была создана база оборудования предприятия, на котором производились работы по ТО и ремонту.

Проведенное наблюдение позволило определить время выполнения операций ТО автомобилей модели Nissan Qashqai и рассчитать среднее время основных операций (таблица 3) для определения нормативов. Полный перечень исследованных работ и операций ТО и ремонта значительно шире, и его рассмотрение выходит за рамки данной работы.

Таблица 2 - Регламент работ по ТО автомобиля модели Nissan Qashqai во время гарантийного срока [9]

Период, месяцев	12	24	36	48	60	72	84
Пробег в тыс. км.	15	30	45	60	75	90	105
Моторное масло и масляный фильтр.	З	З	З	З	З	З	З
Приводные ремни вспомогательных агрегатов.	П	П	П	П	П	П	П
Система охлаждения двигателя (проверка уровня жидкости).	П	П	П	П	П	П	П
Замена жидкости в системе охлаждения (Антифриз).	П	П	П	П	П	З	П
Воздушный фильтр.	П	З	П	З	П	З	П
Проверка топливной системы, топливопроводы.	П	П	П	П	П	П	П
Система управления двигателем (включая кислородный датчик).	П	П	П	П	П	П	П
Свечи зажигания.	П	З	П	З	П	З	П
Проверка направления света и сила светового потока фар.	П	П	П	П	П	П	П
Проверка состояния колес и давление в шинах.	П	П	П	П	П	П	П
Тормозные колодки, тормозные диски, цилиндры.	П	П	П	П	П	П	П
Рабочая тормозная система. Педальный и стояночный тормоз (эффективность торможения).	П	П	П	П	П	П	П
Тормозная система и сцепление: уровень жидкости, наличие подтеков.	П	П	П	П	П	П	П
Жидкость в тормозной системе.		З		З		З	
Салонный фильтр.	П	З	П	З	П	З	П
Проверка системы круиз-контроля.	П	П	П	П	П	П	П
Масло в механической коробке передач (МКПП).	П	П	П	П	П	З	П
Жидкость в автоматической коробке передач (АКПП).	П	П	П	З	П	П	П
Механизм и привод рулевого управления, проверка элементов подвески (наличие люфтов).	П	П	П	П	П	П	П
Система выпуска отработавших газов двигателя.	П	П	П	П	П	П	П
Приводные валы (полуоси). Состояние пыльников ШРУСов. ШРУСов	П	П	П	П	П	П	П
Проверка кузова на отсутствие коррозии.	П	П	П	П	П	П	П
Ремни безопасности (функционирование, повреждения).	П	П	П	П	П	П	П
Петли и замки дверей, капота, багажника.	ПС	ПС	ПС	ПС	ПС	ПС	ПС
Стеклоочистители передние и задние, система стеклоомывания, проверка уровня жидкости. уровень жидкости.	П	П	П	П	П	П	П
Аккумулятор (уровень, плотность электролита, смазка клемм).	П	П	П	П	П	П	П
Ожидаемая продолжительность, н.-ч.	2,0	3,7	2,1	3,7	2,0	4,9	2,0

Примечание. П - проверка, С - смазка, ПС - проверка и смазка, З – замена

Из таблицы 3 видно существенное отклонение реальных затрат времени на проведение операций и работ по ТО конкретной модели автомобиля и нормативных значений, установленных автопроизводителем. Среднее отклонение по всем работам и операциям со всеми автомобилями, по которым проводилось наблюдение, составило +40,19%. Следовательно, возникает задача адаптировать нормативы затрат времени на выполнение работ и операций по ТО автомобилей Nissan Qashqai 2.0 cvt к реальным значениям с учетом возможности приблизить реальные затраты времени к нормативным путем улучшения организации выполнения работ, повышения уровня механизации труда, образования и опыта работников (актуализировать нормативы), учитывая специфические условия конкретного предприятия для более эффективного использования трудовых ресурсов.

Таблица 3 – Среднее время выполнения операций ТО автомобилей Nissan Qashqai

Операция	Среднее время выполнения операции	Норматив автопроизводителя	Среднее отклонение, %
1	2	3	4
Компьютерная диагностика	0:05:11	0:24:00	-72,97
Замена лампочек	0:02:01	0:06:00	-44,44
Замена воздушного фильтра	0:04:30	0:06:00 (ТО-1) 0:12:00 (ТО-2)	+13,48
Замена салонного фильтра	0:08:40	0:12:00 - ТО-2	+13,30
Слив, долив, заливка моторного масла	0:10:46	0:18:00	+35,87
Проверка тормозов, устранение неисправностей, поджатие гаек колес, замена тормозной жидкости, подтяжка ручного тормоза	0:16:56	0:06:00 (ТО-1) 0:30:00 (ТО-2)	+69,81
Контроль уровня и замена охлаждающей жидкости, долив	0:00:32	0:06:00	-85,96
Замена масляного фильтра	0:04:35	0:18:00	-70,65
Замена свечей зажигания	0:28:10	0:36:00	+95,33

Выскажем предположение, что для актуализации нормативов затрат времени на проведение ТО необходимо учесть возраст автомобиля, соблюдение его владельцем межсервисного интервала, уточнить условия эксплуатации автомобилей (условия движения, нагрузку, тип дорожного покрытия) и оснащение предприятия, выполняющего работы. Поскольку в рамках проведенного наблюдения невозможно оценить влияние рельефа местности и природно-климатических условий, т. к. все автомобили, за ТО которых осуществлялось наблюдение, эксплуатируются в одном регионе, имеющем равнинный рельеф с небольшими перепадами высот (преимущественно - не более 100 м) и умеренный климат, то определить влияние соответствующих коэффициентов невозможно, а поскольку европейская часть страны находится в сходных условиях, то и нецелесообразно, примем значения этих коэффициентов в соответствии с [5].

Также согласно методикам, изложенным в [4, 5, 10], по которым функциональная зависимость между актуализированным значением норматива расхода ресурса и его базовым значением выражается в виде

$$T_{\text{Н}_\text{а}} = T_{\text{Н}_\text{б}} \cdot \Pi_{i=1}^{n} K_i \quad , \tag{1}$$

где $T_{\text{Н}_\text{а}}$ – актуализированный норматив расхода ресурса;

$T_{\text{Н}_\text{б}}$ – базовый норматив расхода ресурса;

K_i – i-ый корректирующий коэффициент;

n – количество корректирующих коэффициентов.

Считаем, что существующая нормативная база, полученная предприятиями по обслуживанию автотранспорта от автопроизводителей и их представителей, а также из других законных источников, позволяет значительно расширить перечень базовых нормативов затрат ресурсов, приняв в качестве базового либо нормативное значение автопроизводителя, либо среднее значение расхода времени, определенное в результате наблюдений. Об определении базового норматива по результатам проведенного исследования будет сказано далее.

Имеющаяся неопределенность продолжительности нормированных процессов, которую видно из результатов наблюдений, приведенных в табл. 4, и вероятностный характер конечного результата деятельности механиков требуют отражения этих особенностей в нормировании. По нашему мнению, это может быть реализовано за счет установки обоснованного диапазона нормы расходов ресурса (времени). Непрерывное накопление информации о реальной

продолжительности работ в ходе их выполнения позволит постоянно уточнять и, соответственно, устанавливать прогнозные и актуализированные значения нормативов.

Таблица 4 - Интервал времени на выполнение операций ТО автомобиля Nissan Qashqai 2,0 cvt по данным наблюдений

Операция	Минимальное время выполнения операции	Максимальное время выполнения операции
Компьютерная диагностика	0:01:49	0:16:13
Замена лампочек	0:01:40	0:21:33
Замена воздушного фильтра	0:01:58 (ТО-1) 0:02:42 (ТО-2)	0:06:48 (ТО-1) 0:16:51 (ТО-2)
Замена салонного фильтра	0:02:29	0:28:04
Слив, долив, заливка моторного масла	0:10:17	1:04:02
Проверка тормозов, устранение неисправностей, поджатие гаек колес, замена тормозной жидкости, подтяжка ручного тормоза	0:02:10 (ТО-1) 0:06:28 (ТО-2)	1:06:09 (ТО-1) 1:12:21 (ТО-2)
Контроль уровня и замена охлаждающей жидкости, долив	0:00:11	0:01:06
Замена масляного фильтра	0:02:08	0:15:05
Замена свечей зажигания	0:28:10	1:57:55

Причинами столь существенных отклонений считаем нерациональное использование рабочего времени на предприятии, высокий уровень непроизводительных затрат времени отдельными механиками, низкий организационный уровень нормирования на предприятии.

Опираясь на (1), предлагаем для актуализации нормативов затрат времени взять в расчет следующие коэффициенты:

K_1 – условия выполнения работ на предприятии обслуживания автотранспорта, состоящие из:

$K_{1.1}$ – уровня механизации и автоматизации соответствующей работы на

соответствующем рабочем месте (поскольку наблюдения проводились на предприятии, является официальным дилером марки и имеет все необходимое оборудование по требованиям и рекомендациям производителя, принято значение этого коэффициента, равное 1);

$K_{1.2}$ – сложность работ для исполнителя в зависимости от его опыта, уровня знаний, потребности в специальных знаниях, умениях и навыках и др. субъективных факторов (по аналогичным соображениям принимается равное 1);

$K_{1.3}$ – условия выполнения соответствующей работы на соответствующем рабочем месте (в соответствии с рекомендациями, приведенными в [4, 5, 10]);

K_2 – коэффициент, учитывающий возраст и пробег автотранспортного средства, согласно:

$K_{2.1}$ – коэффициент возраста автомобиля по сравнению с гарантийным периодом (значение коэффициента определены 0,8 – для первого года, 0,9 – для второго года, 1,0 – для третьего и четвертого лет, 1,1 – для пятого года и 1,2 – для автомобилей старше 5 лет);

$K_{2.2}$ – коэффициент пробега автомобиля по сравнению со средним для данного класса автомобилей в данном регионе (значение коэффициента определены 0,8 – для автомобилей с пробегом меньше 50% среднего; 0,9 – для автомобилей с пробегом 50...80% от среднего, 1,0 – для автомобилей с пробегом 80...120% от среднего и 1,1 – для автомобилей с большим средним пробегом);

K_3 – коэффициент, учитывающий соблюдения владельцем межсервисного интервала (значение коэффициента определены как 0,9 – для автомобилей, прибывших на ТО заранее, 1,0 – для автомобилей, прибывших на ТО вовремя и 1,1 – для автомобилей, которые существенно пропустили срок ТО);

K_4 – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации.

Предлагаемая модель зависимости имеет вид

$$T_{\text{Н}_\text{а}} = T_{\text{Н}_\text{б}} \cdot (K_{1.1} \cdot K_{1.2} \cdot K_{1.3}) \cdot (K_{2.1} \cdot K_{2.2}) \cdot K_3 \cdot K_4 \quad (2)$$

При обработке накопленных статистических данных в качестве базового значения норматива были выбраны как норматив, определенный автопроизводителем, так и средние значения полученного ряда – среднее арифметическое, среднее геометрическое и медиана ряда. Установлено, что достаточную точность и высокую простоту расчета дает использование для актуализации норматива среднего арифметического значения трудоемкости. Вместе с тем следует отметить, что использование среднего значения не будет способствовать уменьшению непроизводительных расходов и не мотивирует работников к более добросовестному соблюдению требований технологического процесса, установленных автопроизводителем, поэтому рекомендуем в качестве базового значения нормативов использовать именно определенные производителем значения.

Применение предложенной модели позволило получить в случае использования в качестве базового среднего значения трудоемкости среднее отклонение по всем видам работ и операций со всеми автомобилями, по которым проводилось наблюдение, – 1,90 %, а в случае использования в качестве базового норматива, определенного автопроизводителем, – 2,34 %. Считаем, что по сравнению с полученным в результате наблюдений значением отклонения в + 40,19 % предлагаемая модель позволяет значительно улучшить предварительное определение необходимого для выполнения работ времени.

Выводы. Проведенное наблюдение – за продолжительностью выполнения работ по ТО и ремонту и обработка его результатов позволили подтвердить предварительный теоретический вывод авторов о невозможности полного соблюдения нормативов расхода ресурсов (прежде всего и главным образом - времени) при выполнении указанных работ, а также обосновать причины этого явления. Так, отклонение реальных затрат времени от нормативных значений по различным видам работ ТО составило в среднем +40,19%, а в отдельных случаях достигало –85,96 % до +95,33 %. Для более точной оценки продолжительности выполнения работ и операций по ТО и ремонту для увеличения удовлетворенности потребителя стоит актуализировать нормативы исходя из средних значений затрат ресурсов, определенных в результате систематических наблюдений. В условиях проведенного эксперимента отклонение составило – 1,90 %. Установлено, что в качестве базового норматива для уменьшения непроизводительных затрат времени и других ресурсов целесообразно использовать значение норматива, определенное автопроизводителем, что в условиях проведенного эксперимента позволило достичь отклонения реальных затрат от вычисленных на уровне – 2,34 %. Статистическая обработка результатов наблюдений позволила уточнить приведенные в нормативной базе значения корректирующих коэффициентов, используемых при актуализации нормативов затрат времени при выполнении работ по ТО и ремонту. Считаем, что установление нормативов затрат ресурсов при проведении работ по ТО и ремонту в виде интервальных величин на основе статистических наблюдений может послужить направлением наших дальнейших исследований.

Список литературы

1. Brito, L.A.L., Brito, E.P.Z., Aguilar, R.L.B. Customer choice of a car maintenance service provider: A model to identify the service attributes that determine choice // International Journal of Operations & Production Management, #27 (5) - May, 2007. - p. 464-481

2. Rusama, Juha. Developing a car maintenance service concept for business customers / Laurea University of Applied Sciences, Leppavaara - 2012. - 117 p.

3. Motor vehicle insurance and repair industry code of conduct // [Электронный документ]. – Режим доступа: https://www.abrcode.com.au/site/DefaultSite/filesystem/documents/2017-03-29CodeofConduct.pdf

4. ОНТП-01–91. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта. – М.: Гипроавтотранс, 1991. – 184 с.

5. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта / Мин-во автомоб. трансп. РСФСР. – М.: Транспорт, 1986. – 73 с.

6. Буянкин, А. В. Техника транспорта, обслуживание и ремонт: учеб. пособие / А. В. Буянкин. — Кемерово: КузГТУ, 2012. - 157 с.

7. Жаров С.П. Нормирование работ кузовного ремонта // Вестник КГУ. Серия «Технические науки». Выпуск 6. - Курган: Курганский ГУ, 2011. - №1. - С. 20 - 22.

8. Жаров С.П. Модель для расчета трудоемкости работ по ремонту кузовов // Вестник КГУ. Серия «Технические науки». Выпуск 9. - Курган: Курганский ГУ, 2014. - №2. - С. 63 - 67.

9. Регламент технического обслуживания для Nissan Qashqai J10, J11. – Режим доступа: https://nissan-original.ru/reglament-to-nissan-qashqai

10. Расчет производственной программы автотранспортного предприятия. Хольшев Н.В., Прохоров А.В., Глазков Ю.Е., Лавренченко А.А., Коновалов Д.Н., Милованов А.В., Зорин А.С. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020617847, 15.07.2020. Заявка № 2020616896 от 02.07.2020.

References

1. Brito, L.A.L., Brito, E.P.Z., Aguilar, R.L.B. Customer choice of a car maintenance service provider: A model to identify the service attributes that determine choice // International Journal of Operations & Production Management, #27 (5) - May, 2007. - p. 464-481

2. Rusama, Juha. Developing a car maintenance service concept for business customers / Laurea University of Applied Sciences, Leppavaara - 2012. - 117 p.

3. Motor vehicle insurance and repair industry code of conduct // [Elektronnyj dokument]. – Rezhim dostupa: https://www.abrcode.com.au/site/DefaultSite/filesystem/documents/2017-03-29CodeofConduct.pdf

4. ONTP-01–91. Obshchesoyuznye normy tekhnologicheskogo proektirovaniya predpriyatij avtomobil'nogo transporta. – M.: Giproavtotrans, 1991. – 184 s.

5. Polozhenie o tekhnicheskom obsluzhivanii i remonte podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta / Min-vo avtomob. transp. RSFSR. – M.: Transport, 1986. – 73 s.

6. Buyankin, A. V. Tekhnika transporta, obsluzhivanie i remont: ucheb. posobie / A. V. Buyankin. — Kemerovo: KuzGTU, 2012. - 157 s.

7. ZHarov S.P. Normirovanie rabot kuzovnogo remonta // Vestnik KGU. Seriya «Tekhnicheskie nauki». Vypusk 6. - Kurgan: Kurganskij GU, 2011. - №1. - S. 20 - 22.

8. ZHarov S.P. Model' dlya rascheta trudoemkosti rabot po remontu kuzovov // Vestnik KGU. Seriya «Tekhnicheskie nauki». Vypusk 9. - Kurgan: Kurganskij GU, 2014. - №2. - S. 63 - 67.

9. Reglament tekhnicheskogo obsluzhivaniya dlya Nissan Qashqai J10, J11. – Rezhim dostupa: https://nissan-original.ru/reglament-to-nissan-qashqai

10. Raschet proizvodstvennoj programmy avtotransportnogo predpriyatiya. Hol'shev N.V., Prohorov A.V., Glazkov YU.E., Lavrenchenko A.A., Konovalov D.N., Milovanov A.V., Zorin A.S. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM 2020617847, 15.07.2020. Zayavka № 2020616896 ot 02.07.2020.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Доровских Дмитрий Владимирович – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: dima.dorovskikh@yandex.ru.

Глазков Юрий Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: glazkov_yura1@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Dorovskikh Dmitry – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: dima.dorovskikh@yandex.ru.

Glazkov Yuri – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: glazkov_yura1@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 14.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 19.08.2021

УДК 312.021.3
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-90-96

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ РЕМОНТНЫХ ВСТАВОК ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ИМПОРТНЫХ ЛЕМЕХОВ КОМПАНИИ «КУН»

[1]Михальченков Александр Михайлович,
[1]Дьяченко Антон Вячеславович,
[2]Михальченкова Марина Александровна,
[1]Гуцан Александр Александрович
[1]ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»
[2]ЧОУ ВО «Брянский институт управления и бизнеса»

Реферат. *Восстановление лемехов импортных производителей, исчисляемое в сотнях тысяч штук, в настоящее время следует отнести к приоритетным задачам ремонтного производства, вследствие относительно малого ресурса и значительной цены реализации. Изучали наиболее приемлемый и доступный для ремонтников метод устранения износов путём вваривания к оставшейся части остова термоупрочнённого компенсирующего элемента. Установили, что определение размеров ремонтной вставки требует подробных сведений об износах остовов. Восстанавливают только остовы по причине периодической замены долот. Целью исследований явилось изучение износов, их статистическая обработка и оптимизация размеров термоупрочнённых компенсирующих элементов. Использовалась известная методика определения линейных износов по ширине. Статистический анализ позволил установить, что распределение износов, измеренных в различных поперечных сечениях остова, подчиняются нормальному закону. Авторами введён критерий, позволяющий оценить стабильность процесса изнашивания. Установлено, что 85% контролируемых лемехов не пригодны к эксплуатации, однако необходимо восстанавливать 100% деталей в один размер во избежание нарушения агротехнических требований. Лемехи компании «кун» при восстановлении следует разделить на два ремонтных размера с диапазоном размеров 49 - 64 мм и 64 - 75 мм на основании статистического анализа износов остовов. В качестве ремонтных вставок рекомендуется использовать полосы рессорно-пружинных сталей после термоупрочнения на твердость HRC53 шириной 65 мм и 75 мм.*

Ключевые слова: *остов лемеха, износ, режущая часть, ремонтные вставки, термоупрочнение, рессорно-пружинная сталь*

DETERMINING THE SIZE OF REPAIR INSERTS WHEN RESTORING IMPORTED SHEARS OF «KUHN»

[1]Mikhalchenkov Alexander,
[1]Dyachenko Anton,
[2]Mikhalchenkova Marina,
[1]Gutsan Alexander,
[1]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bryansk State Agrarian University"
[2]Private educational institution of higher education "Bryansk Institute of Management and Business"

Abstract. *The restoration of plowshares from imported manufacturers, estimated in hundreds of thousands of pieces, should be considered a priority task of repair production due to the relatively small resource and significant selling price. The most acceptable and accessible method for repairmen to eliminate wear is by welding a heat-strengthened compensating element to the rest of the frame. It was found that the determination of the dimensions of the repair insert requires detailed information about the wear of the skeletons. Only the skeletons are restored due to periodic replacement of bits. The aim of the research was to study wear, their statistical processing and optimization of the sizes of heat-strengthened*

compensating elements. A well-known technique for determining linear wear along the width was used. Statistical analysis made it possible to establish that the distribution of wear, measured in different cross-sections of the skeleton, obey the normal law. The authors have introduced a criterion to assess the degree of stability of the wear process. It has been established that 85% of the controlled plowshares are not suitable for operation, however, it is necessary to restore 100% of the parts to one size in order to avoid violation of agrotechnical requirements. When reconditioning, Kuhn shares should be divided into two repair sizes with a size range of 49 ... 64 mm and 64 ... 75 mm, based on a statistical analysis of the skeletal wear. Strips of spring steels after heat hardening to hardness HRC53 with a width of 65 mm and 75 mm are recommended to be used as repair inserts.

Keywords: *ploughshare skeleton, wear, cutting part, repair inserts, heat hardening, spring steel*.

Введение. Восстановление деталей машин сельскохозяйственного назначения, как производственный процесс, в последнее время возвращает утраченные ранее позиции [1]. В первую очередь это обусловлено использованием высокопроизводительной техники, укомплектованной дорогостоящими рабочими органами. Прежде всего, отмеченное относится к конструктивным элементам почвообрабатывающих орудий, из-за их сравнительно невысокого ресурса и значительной цены [2, 3]. Самой многочисленной, по количеству, группой деталей данных технических средств являются лемеха [4]. В настоящее время превалирует использование составных лемехов со сменным долотом, в большинстве своем импортного исполнения, у которых ресурс регламентируется износом по ширине. Восстановление, в этом случае, производится, предложенным ранее, методом ремонтных вставок [5, 6], который за последние годы были существенно усовершенствован [7] в связи с применением новых технологий повышения стойкости к абразивному изнашиванию и получил название метод «термоупрочненных компенсирующих элементов» (ТКЭ) [8]. (Метод заключается во вваривании ТКЭ к оставшейся части детали взамен изношенной области).

Одни из оснований для разработки технологии восстановления остовов составных лемехов являются сведения об изменении линейных размеров (износах Δh_i) по ширине. (Восстановлению подлежат только остовы по причине периодической замены долот). При этом нужно отметить, что за появление таких дефектов как разрушение, коробление и появление трещин отвечают грубые нарушения правил эксплуатации плугов. Такие дефекты возникают достаточно редко (коэффициент их повторяемости не превышает 0,008). Имеющийся же в открытом информационном поле материал по износам недостаточен и не может быть применим для разработки способа их устранения. Нужно сказать, что конструкции и геометрия лемехов различных компаний имеют некоторые отличия, поэтому авторы ставили задачей сбор сведений об изменении линейных размеров по ширине после снятия их с эксплуатации, а также проведение статистической обработки для определения размеров ремонтных вставок (ТКЭ), применительно к изделиям компании «Кун».

Методика исследований. Для исследования были взяты 32 неработоспособных лемеха, которые были сняты с эксплуатации из-за того, что произошло истирание их режущей части. Свой рабочий срок эти лемеха отработали при пахоте на полях с супесчаными и легкосуглинистыми почвами. Их ресурс (Тпр) составил около 25 га на каждый лемех. Измерения износов по ширине осуществлялись согласно схеме представленной на рисунке 1 в 4-х сечениях. Базой измерений служили крепежные отверстия для установки детали на стойке и место перехода от спинки к режущей кромке в области пятки. Износы (Δh_i) определились как разность между номинальной шириной остова ($h_н$) и остаточной h_{0i} для каждого (отдельного) сечения.

Для статистической обработки полученных данных использовали программы Excel и Graph.

Результаты экспериментов и их обсуждение. Износ режущей части остовов неравномерен по его длине (рисунок 2), что характерно для большинства конструкций лемехов отечественных и зарубежных производителей [9].

Статистическая обработка полученных данных Δh_i, позволила установить, что распределения Δh_1, Δh_2, Δh_3, Δh_4 подчиняются нормальному закону, поскольку значение коэффициента вариации (V), не превышает 0,33 (таблица 1). Кроме того, это подтверждается визуальной оценкой гистограмм (рисунок 4, а, б, в, г).

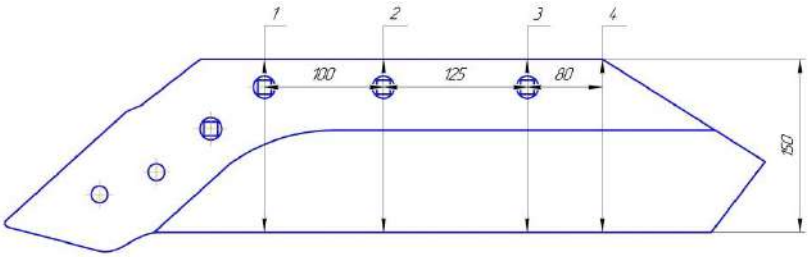


Рисунок 1 - Схема измерений для контроля износов (1, 2, 3, 4 – сечения, по которым определялись износы)

а) б)

Рисунок 2 - Типичный износ остова составного лемеха компании «КУН» (а – лицевая сторона лемеха, б – тыльная сторона)

Таблица 1 - Результаты статистической обработки

Номер сечения	1	2	3	4	Q, мм
Минимальное значение $\Delta h_{мин}$, мм	48,4	49,6	52,4	55,4	7,0
Максимальное значение $\Delta h_{макс}$, мм	55,5	66,8	71,8	75,1	19,6
Среднее значение $\Delta h_{сред}$, мм	51,8	62,5	63,1	63,5	11,7
Коэффициент вариации V	0,048	0,060	0,087	0,104	0,056

При проведении анализа результатов статистической обработки (таблица 1) авторы сочли необходимым ввести параметр Q, который оценивается как разность значений износов в 4 и 1 сечениях ($Q = \Delta h_4 - \Delta h_1$).

С переходом от минимальных износов (область крепления долота – сечение 1) к максимальным (область пятки – сечение 4) имеет место увеличение Q и V, что указывает на рост степени нестабильности процесса изнашивания из-за снижения жёсткости детали и возрастания уровня вибраций [10]. Изменение параметра Q носит экспоненциальный характер (рисунок 3) и говорит о резком повышении Δh_i при увеличении длины лемеха.

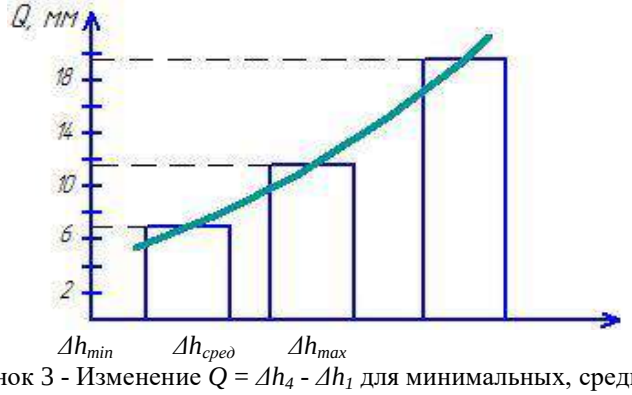


Рисунок 3 - Изменение $Q = \Delta h_4 - \Delta h_1$ для минимальных, средних и максимальных значений Δh_i (обозначения а, б, в, г представляют сечения 1, 2, 3, 4

Анализ гистограмм показывает, что около 85% остовов не пригодны к дальнейшей эксплуатации (рисунок 4 г).

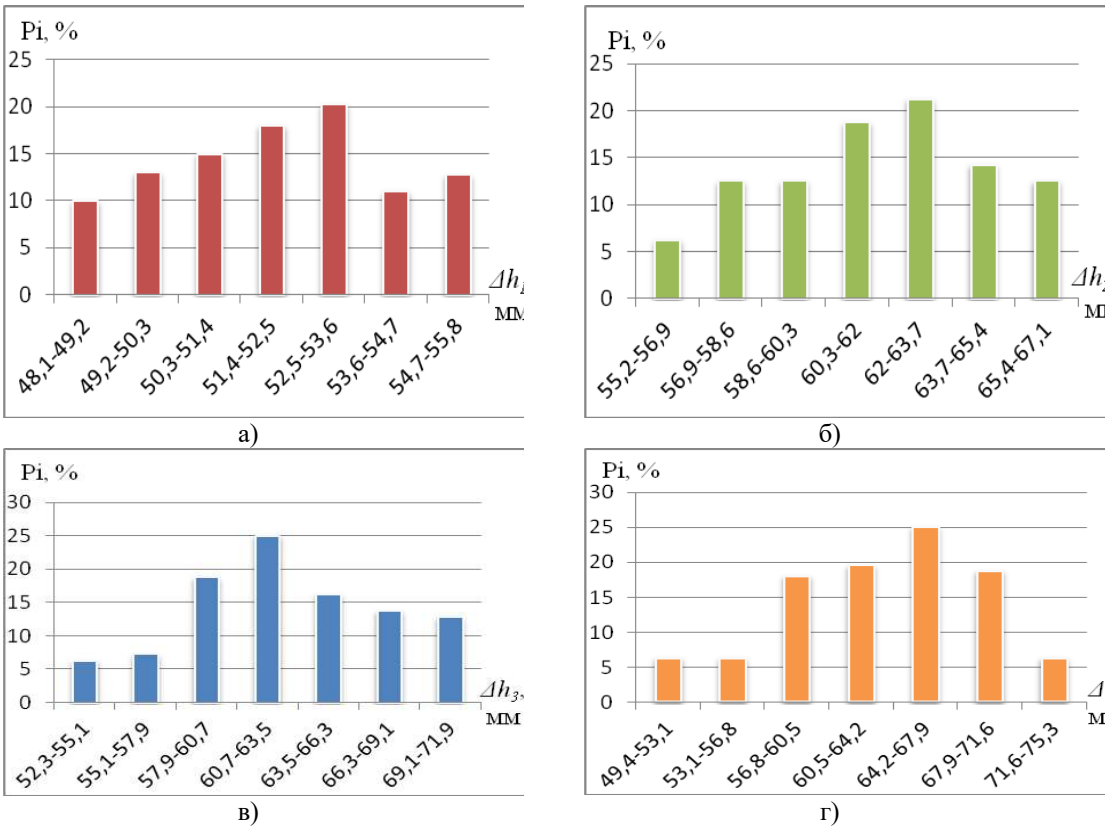


Рисунок 4 - Гистограммы распределения износов Δh_i по ширине лемеха (а, б, в, г - соответствуют сечения 1, 2, 3, 4)

Остальные имеют износы со значениями близкими к предельным. Следует полагать, что на практике в условиях производства необходимо подвергать восстановлению 100% деталей, поступивших в ремонт. Более того, при комплектовании плугов одним из главных правил является соблюдение одинаковости размеров остовов во избежание нарушения агротехники. В тоже время, практический опыт показывает, что имеют место остовы, где величина износа области пятки значительно превышает ширину режущей части, такие детали выбраковываются в металлолом.

Как уже отмечалось, для восстановления применяются технологии, основанных на методе термоупрочнённых компенсирующих элементов. В этом случае ширина вставки определяется максимальной величиной износа.

Максимальные Δh_i характерны для сечения 4 и могут достигать до 75 мм притом, что режущая часть остова равна 60 мм, т.е. она на данном участке полностью изношена и остаточная ширина составляет около 75 мм (при номинальном размере ширины 150 мм).

Если вспомнить о существенной разнице между максимальными износами, которая составляет около 26 мм, а также равные вероятности (по 50%) размеров от 49 мм до 64 мм и от 64 мм до 75 мм, то остовы следует разбивать на ремонтные размеры. Это позволяет упростить выполнение технологических операций и сэкономить дорогостоящую сталь, используемую для изготовления ТКЭ.

Выбор ширины компенсирующего элемента диктуется еще и наличием полосы соответствующей ширины, выпускаемой промышленностью. По мнению [11] рекомендуется применять в качестве ТКЭ полосу из рессорно-пружинной стали, термообработанную на твердость 53HRC. Для изготовления компенсирующих элементов можно использовать полосы для

рессор из сталей 60С2 и 50 ХГА после закалки и среднего отпуска шириной 65 мм и 75 мм в зависимости от ремонтного размера вставки.

При восстановлении остовов в условиях производства не редко используют листы рессор, утративших свою жёсткость, но сохранивших твердость около 45 ... 47 HRC. Для увеличения ресурса применяют дополнительные технологические мероприятия, например, за счет поочередной наплавки на рабочую и тыльную поверхности валиков износостойкими материалами.

Рекомендуемые листы рессор сведены в таблицу 2.

Таблица 2 - Геометрические характеристики листов рессор различных технических средств, профиль полосовой

Автомобили, прицепы	Сталь	Ширина h, мм	Толщина t, мм
ГАЗ-2705, -3221, -3302 «ГАЗель»	50ХГА 60С2	75 75	8; 11 8; 11
ГАЗ-3307	60С	65	10
Прицеп 2ПТС-4	60С2	65	10
КАМАЗ	60С2	75	10

Отдельно нужно отметить, что, если износ по ширине Δh_i отвечает за выбор метода восстановления, то остаточная минимальная толщина определяет его его применимость. При замене режущей части на новую основную роль начинает играть толщина, именно она определяет возможность использования такого способа.

Выводы. 1. Распределения значений износов остовов по ширине подчиняется нормальному закону распределения независимо от места измерения.

2. Поступившие в ремонт остовы следует разделить по ремонтным размерам с диапазоном 49 ... 64 мм и 64 ... 75 мм.

3. В качестве ТКЭ рекомендуется использовать полосы рессорно-пружинных сталей после термоупрочнения на твердость HRC53 шириной 65 мм и 75 мм.

Список литературы

1. Лялякин В.П. Восстановление деталей машин важное направление импортозамещения в агропромышленном комплексе // В сборнике: Инновационные технологии реновации в машиностроении. Сборник трудов Международной научно-технической конференции, посвящённой 150-летию факультета «Машиностроительные технологии» и кафедры «Технологии обработки материалов» МГТУ им. Н. Э. Баумана. под общ. ред. В. Ю. Лавриненко. 2019. С. 12-16.

2. Козарез И.В.,Ториков В.Е., Михальченкова М.А. Анализ и особенности износов плужных лемехов различных конструкций и динамика их изнашивания // Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета. 2015. № 1. С. 126-154.

3. Козарез И.В., Тюрева А.А., Мелешенко А.А. Влияние наплавочного армирования различными электродами на изменение твердости долот глубокорыхлителей «ВАДЕРШТАДТ» // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2018. № 1 (17). С. 93-99.

4. Щербаков Ю.В., Кашфуллин А.М. Современные способы восстановления и упрочнения деталей. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова». Пермь, 2018. 191с.

5. Михальченков А.М., Паршикова Л.А., Ковалев А.П. Восстановление лемехов методом приваривания вставок с повышением прочности и износостойкости // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2010. № 12. С. 16-18.

6. Михальченков А.М., Соловьев С.А., Михальченкова М.А. Эффективность импортозамещающих технологий изготовления, восстановления и упрочнения деталей почвообрабатывающих орудий способом компенсирующих термоупрочненных элементов // Упрочняющие технологии и покрытия. 2014. № 11 (119). С. 17-22.

7. Новиков А.А. Штампосварной плужный лемех с увеличенными равнопрочностью и ремонтопригодностью // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 122. С. 207-212.

8. Гринь А.М., Феськов С.А., Дианов Х.А. Динамика и интенсивность изнашивания фирменных и восстановленных высевающих лап посевного комплекса «МОРРИС» // Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (1). С. 36-48.

9. Кравченко И.Н., Батов Ю.А. Повышение эксплуатационной надежности быстроизнашивающихся деталей рабочих органов строительных и сельскохозяйственных машин // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2003. № 1. С. 32-35.

10. Лискин И.В., Миронов Д.А., Сидоров С.А., Поткин С.Н., Ерёмин П.А. Обоснование и разработка нового плужного лемеха конструкции ВИМ // В сборнике: Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий. Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. 2014. С. 101-104.

11. Козарез И.В., Новиков А.А., Михальченкова М.А. Повышение твердости компенсирующих элементов при восстановлении деталей // Сельский механизатор. 2017. № 3. С. 34-35.

References

1. Lyalyakin V.P. Vosstanovlenie detalej mashin vazhnoe napravlenie importozameshcheniya v agropromyshlennom komplekse // V sbornike: Innovacionnye tekhnologii renovacii v mashinostroenii. Sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii, posvyashchyonnoj 150-letiyu fakul'teta «Mashinostroitel'nye tekhnologii» i kafedry «Tekhnologii obrabotki materialov» MGTU im. N. E. Baumana. pod obshch. red. V. YU. Lavrinenko. 2019. S. 12-16. (In Rus.)

2. Kozarez I.V., Torikov V.E., Mihal'chenkova M.A. Analiz i osobennosti iznosov pluzhnyh lemekhov razlichnyh konstrukcij i dinamika ih iznashivaniya // Trudy inzhenerno-tekhnologicheskogo fakul'teta Bryanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 1. S. 126-154. (In Rus.)

3. Kozarez I.V., Tyureva A.A., Meleshenko A.A. Vliyanie naplavochnogo armirovaniya razlichnymi elektrodami na izmenenie tverdosti dolot glubokoryhlitelej «VADERSHTADT» // Konstruirovanie, ispol'zovanie i nadezhnost' mashin sel'skohozyajstvennogo naznacheniya. 2018. № 1 (17). S. 93-99. (In Rus.)

4. Spcperbakov YU.V., Kashfullin A.M. Sovremennye sposoby vosstanovleniya i uprochneniya detalej. Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Permskij gosudarstvennyj agrarno-tekhnologicheskij universitet imeni akademika D.N. Pryanishnikova». Perm', 2018. 191s. (In Rus.)

5. Mihal'chenkov A.M., Parshikova L.A., Kovalev A.P. Vosstanovlenie lemekhov metodom privarivaniya vstavok s povysheniem prochnosti i iznosostojkosti // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. 2010. № 12. S. 16-18. (In Rus.)

6. Mihal'chenkov A.M., Solov'ev S.A., Mihal'chenkova M.A. Effektivnost' importozameshchayushchih tekhnologij izgotovleniya, vosstanovleniya i uprochneniya detalej pochvoobrabatyvayushchih orudij sposobom kompensiruyushchih termouprochnennyh elementov // Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya. 2014. № 11 (119). S. 17-22. (In Rus.)

7. Novikov A.A. SHtamposvarnoj pluzhnyj lemekh s uvelichennymi ravnoprochnost'yu i remontoprigodnost'yu // Trudy GOSNITI. 2016. T. 122. S. 207-212. (In Rus.)

8. Grin" A.M., Fes'kov S.A., Dianov X.A. Dinamika i intensivnost' iznashivaniya firmennyh i vosstanovlennyh vysevayushchih lap posevnogo kompleksa «MORRIS» // Trudy inzhenerno-tekhnologicheskogo fakul'teta Bryanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 1 (1). S. 36-48. (In Rus.)

9. Kravchenko I.N., Batov YU.A. Povyshenie ekspluatacionnoj nadezhnosti bystroiznashivayushchihsya detalej rabochih organov stroitel'nyh i sel'skohozyajstvennyh mashin // Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo

obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina». 2003. № 1. S. 32-35. (In Rus.)

10. Liskin I.V., Mironov D.A., Sidorov S.A., Potkin S.N., Eryomin P.A. Obosnovanie i razrabotka novogo pluzhnogo lemekha konstrukcii VIM // V sbornike: Innovacionnoe razvitie APK Rossii na baze intellektual'nyh mashinnyh tekhnologij. Sbornik nauchnyh dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii. 2014. S. 101-104. (In Rus.)

11. Kozarez I.V., Novikov A.A., Mihal'chenkova M.A. Povyshenie tverdosti kompensiruyushchih elementov pri vosstanovlenii detalej // Sel'skij mekhanizator. 2017. № 3. S. 34-35. (In Rus.)

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Михальченков Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный аграрный университет», Россия, г. Брянск, e-mail: mihalchenkov.alexandr@yandex.ru.

Дьяченко Антон Вячеславович - кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный аграрный университет», Россия, г. Брянск, e-mail: avdyachenkoo@mail.ru.

Михальченкова Марина Александровна - магистр, старший преподаватель Частного образовательного учреждения высшего образования «Брянский институт управления и бизнеса», Россия, г. Брянск, e-mail: mihalchenkov.alexandr@yandex.ru.

Гуцан Александр Александрович – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный аграрный университет», Россия, г. Брянск, e-mail: gagauz0326@gmail.com.

Author credentials

Affiliations

Mikhalchenkov Alexander - Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Bryansk State Agrarian University, Russia, Bryansk, e-mail: mihalchenkov.alexandr@yandex.ru.

Dyachenko Anton - Candidate of Technical Sciences, Associate professor of Bryansk State Agrarian University, Russia, Bryansk, e-mail: avdyachenkoo@mail.ru.

Mikhalchenkova Marina - Master, Senior Lecturer of Bryansk Institute of Management and Business, Russia, Bryansk, e-mail: mihalchenkov.alexandr@yandex.ru.

Gutsan Alexander - graduate student of Bryansk State Agrarian University, Russia, Bryansk, e-mail: gagauz0326@gmail.com.

Поступила в редакцию (Received): 28.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 20.08.2021

УДК 631.3.004.58
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-96-106

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ОСНАЩЕННОСТИ ПУНКТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ АПК

[1]Иванов Николай Михайлович
[1]Криков Аркадий Максимович
[1]Немцев Анатолий Егорович
[2]Федоров Александр Георгиевич

[1]ФГБНУ Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства СФНЦА РАН

[2]Новосибирский военный ордена Жукова институт имени генерала армии И.К. Яковлева войск национальной гвардии РФ

Реферат. *Доступ к интегрированной электронной документации полнотекстовой базы знаний (ИЭДПБЗ) по оснащенности пунктов технического обслуживания (ТО) и технического диагностирования (ТД) грузовых автомобилей агропромышленного комплекса актуален для механизаторов и ремонтно-обслуживающего персонала отдельных сельскохозяйственных производств при выполнении основных объемов работ по ТО техники. Основными компонентами ИЭДПБЗ являются Описание средств проведения операций ТО и ТД грузовых автомобилей. Работа посвящена формированию основных составляющих контентов ИЭДПБЗ на компьютере. Разработанная ИЭДПБЗ имеет 468 элементов, которые содержат полную и подробную информацию об оборудовании, оснастке, запчастям, инструментам и приборам, горюче-смазочным материалам, используемым в технологическом процессе ТО и ТД грузовых автомобилей. Количество части описанных объектов -101. Объектами ИЭДПБЗ являются: пункты технического обслуживания и ремонта, посты и участки технического обслуживания и диагностирования, посты (площадки) ежедневного технического обслуживания. ИЭДПБЗ включает в себя соответствующие контенты, представленные в цифровом формате «doc» и взаимоувязанные между собой гиперссылками. ИЭДПБЗ структурирована формированием около 3705 гиперссылок, включая 1464 переходов на другие контенты, 2241 переход на рисунки по устройству, размещению и порядку проведения операций. Сформированные контенты сгруппированы по типовым разделам, каждый из которых содержит подробные знаниевые сведения по соответствующим маркам и моделям оборудования и приспособлений. ИЭДПБЗ ориентирована на организацию практических работ обслуживающим персоналом, имеющим навыки работы на компьютерах на уровне пользователей.*

Ключевые слова: *электронная документация, полнотекстовая база знаний, техническое обслуживание, техническое диагностирование, средства и объекты, пункты посты ТО.*

INTEGRATED ELECTRONIC DOCUMENTATION OF EQUIPMENT FOR MAINTENANCE AND TECHNICAL DIAGNOSTICS OF TRUCKS

[1]Ivanov Nikolay
[1]Krikov Arkady
[1]Nemtsev Anatoly
[2]Fedorov Alexander
[1]FSBSI "Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture SFNCA RAS"
[2]Novosibirsk Military Order of Zhukov Institute named after Army General I.K. Yakovlev of the National Guard of the Russian Federation

Abstract. *Access to the integrated electronic documentation of the full-text knowledge base (IEDPBZ) on the equipment of points of maintenance and technical diagnostics (TD) of trucks of the agro-industrial complex is relevant for machine operators and repair and maintenance personnel of individual agricultural enterprises when performing the main volumes of maintenance (TO) equipment. The main components of the IEDPBZ are the means of carrying out maintenance operations TO and TD of trucks. The work is devoted to the formation of the main components of the content of the IEDPBZ on a computer. The developed ИЭДПБЗ has 468 elements, which contain complete and detailed information about equipment, tooling, spare parts, tools and instruments, fuels and lubricants used in the technological process of maintenance and TD of trucks. The number of a part of the described objects is 101. The objects of IEDPBZ are: points of maintenance and repair, posts and areas of maintenance and diagnostics, posts (sites) of daily maintenance. IEPSBR includes the corresponding content presented in digital "doc" format and interconnected by hyperlinks. The IEDPBZ is structured by the formation of about 3705 hyperlinks, including transitions to other contents about 1464 times, and about 2241 times to the figures on the device, location and order of operations. The generated contents are grouped into typical sections, each of which contains detailed knowledge information on the corresponding brands and models of equipment and devices. IEDPBZ is focused on the organization of practical work by service personnel with computer skills at the user level.*

Keywords: *electronic documentation*, full-text knowledge base, maintenance, technical diagnostics, tools and facilities, maintenance posts.

Введение. Основные объемы работ по техническому обслуживанию (ТО) и техническому диагностированию (ТД) грузовых автомобилей (ГА) сельхозтоваропроизводителей часто выполняются непосредственно их механизаторами и ремонтно-обслуживающим персоналом. Для рационального выполнения операций ТО и ТД ГА необходимо пользоваться не только сведениями по технологиям их выполнения, но и по рациональному использованию применяемых оборудования и инструментов в условиях, когда нужные сведения приводятся во многих литературных источниках и в различных разделах нормативно-технической документации (НТД). На поиск, обобщение и использование таких сведений затрачивается много времени, и нередко используются устаревшие или неполные комплекты нужной документации. Поэтому весьма важны разработки систем нормативно-документального обеспечения (НДО) интеллектуальной деятельности оператора, основанные на применении средств современной информационной технологии и способствующие эффективному проведению комплекса работ, обеспечивающих обслуживание грузовых автомобилей. Одним из таких перспективных направлений является разработка интегрированной электронной документации полнотекстовой базы знаний (ИЭДПБЗ) для указанных видов деятельности. Выявлены достоинства данного направления, предполагающие построение ИЭДПБЗ с использованием комплекса знаний экспертов (конструкторов, испытателей, эксплуатационников). Новые знания могут легко расширять и тиражировать информационный материал такой базы знаний. Применение ИЭДПБЗ в проведении операций ТО и ТД позволяют на 25–35 % снизить издержки сельхозтоваропроизводителей на содержание их машин в технически исправном состоянии [1, 2].

Основными компонентами ИЭДПБЗ являются средства проведения операций ТО и ТД грузовых автомобилей [3, 4, 5].

Реализация приемов использования средств обеспечения работоспособности машин для конкретного хозяйства должна: 1) обеспечивать качественное и своевременное выполнение всех необходимых операций ТО, ТД в соответствии с имеющейся технологией; 2) минимизировать затраты средств и потери времени на выполнение всех операций ТО, ТД.

Для более эффективного выполнения процессов обеспечения работоспособности ГА с учетом изложенных требований в разработанной ИЭДПБЗ использованы методические, технологические, программные и другие средства современных информационных технологий (ИТ).

Материалы и методы исследования. Первоначальным этапом создания ИЭДПБЗ является формирование её структуры. Она формируется в виде единой системы документов/контентов и представляется совокупностью информационных блоков, связанных головным блоком. С помощью ИЭДПБЗ отражается реальное выполнение операций по обслуживанию грузовых автомобилей в рамках НТД. Именно уровень функционирования ИЭДПБЗ во многом определяет ее состав и структуру.

Последующим этапом решения данной задачи является формирование информационных компонентов, используемых в качестве основы смыслового содержания сведений и знаний по базе. На основе данной полноценной базы знаний, содержащей материалы по необходимой ремонтно-эксплуатационной базе, производится формирование электронного контента на компьютере в виде набора файлов [5]. Сведения базы знаний содержатся в различных публикациях, посвящённых тематике технической эксплуатации грузовых автомобилей [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Формирование контентов осуществляется в едином формате наиболее часто используемого при представлении оцифрованных документов с расширением «doc» редактором «Word». На этапе разработки ИС важны средства и методы документирования, позволяющие через определенное время разобраться в составе и порядке документирования системы и отвечающие за внесение в нее необходимых изменений.

Структура и база знаний формируются исходя из предусматриваемых требований, предъявляемых к ИЭДПБЗ. Требования к информационной базе знаний блоков ИЭДПБЗ включают: 1) наличие полной, корректной информации по всем средствам проведения ТО и ТД; 2) простой и интуитивно понятный интерфейс для различных уровней квалификации пользователей ; 3) возможности оперативного доступа к информационной базе знаний, связанные с отображением текстовых и графических документов; работой по разделам/блокам базы; оперативного просмотра сформированного материала как всех файлов, так и отдельных; приспособления базы к изменению

требований к ней, в том числе связанных с изменением программных и аппаратных средств; 4) возможность адаптации и дальнейшего развития.

Исходя из сказанного, задача решается выполнением последовательности следующих процедур: 1) Обоснование состава и требований к разрабатываемой ИЭДПБЗ; 2) Разработка структуры компонентов ИЭДПБЗ; 3) Формирование самой структуры ИЭДПБЗ на компьютере; 4) Подбор контентов и представление их в цифровом формате «doc» в качестве основных компонентов ИЭДПБЗ. В соответствии с предъявляемыми требованиями и включающие в себя, в том числе, рисунки и спецификации приборов, устройств, объектов, расшифровку аббревиатур и корректировку терминологии для приведения её к единой составляющей; 5) Привязка сформированных в цифровом формате «doc» компонентов ИЭДПБЗ к ее структуре, также систематизация иерархических отношений между указанными компонентами.

Результатом исполнения таких процедур является формирование основных составляющих контентов ИЭДПБЗ на компьютере.

Для перехода к просмотру материалов указанных разделов формируются необходимые гиперссылки (средствами текстового редактора «Word»). Исходя из особенностей выполнения этой операции материалы разделов компонуются в виде отдельных файлов, содержащих контент разделов, а сами файлы размещаются в директории ИЭДПБЗ.

Наиболее трудоёмкой частью работы является подбор необходимого материала и формирование всего множества смысловых единиц контента ИЭДПБЗ, сформированных с учетом структуры информационного пространства знаний. Для использования сами отобранные публикации актуализированы, т.е. представлены/преобразованы в электронном формате «doc».

При реализации подбора и набора публикаций, содержащих материалы по ремонтно-эксплуатационной базе, применены приемы информационного поиска, как библиографический поиск, оперирование материалами Интернета и других источников информации, а также информационный фонд, сформированный ранее авторами. Так же использованы приемы, отработанные при формировании общей идеологии разработки подобных баз знаний в виде информационных систем [7], по разработке электронного глоссария [8] и ранее сформированная структура информационного пространства знаний по технической эксплуатации машин в АПК.

В результате выполнения данных методических процедур на компьютере формируются следующие общие информационные рубрики:

1) общие сведения о разработанной ИЭДПБЗ по ТО и ТД грузовых автомобилей, являющимися для пользователя руководством по ее использованию;

2) структура ИЭДПБЗ по ТО и ТД грузовых автомобилей;

3) алфавитный указатель наименований смысловых единиц контента, включённых в состав ИЭДПБЗ. Эта рубрика отражает смысловые компоненты, положенные в основу ПБЗ. Рубрика применима и в случаях, когда пользователь имеет лишь предварительное представление о данной ИЭДПБЗ или о ТО и ТД;

4) подсписки наименований смысловых единиц контента, сформированных с учетом структуры информационного пространства знаний. С ее помощью пользователь может сориентироваться в общем массиве контента, собранных в рассматриваемом варианте ПБЗ с учетом многообразия вариантов фрагментов контента;

5) непосредственно часть самого текста ИЭДПБЗ.

В конце каждого наименования блока через символ «–» представлено множество символов в качестве знака гиперссылки, нажав на который пользователь осуществляет переход к месту ИЭДПБЗ, в котором приведен нужный текст знания или же ниже расположенные узлы информационного пространства. В случаях наличия ниже расположенных узлов информационного пространства приводятся соответствующие областям подобласти с необходимыми гиперссылками.

Результаты и их обсуждение. ИЭДПБЗ сформирована в виде комплекса информационно-знаниевых компонентов нормативного и организационного характера по имеющимся моделям ПТО, с указанием их оснащенности. ИЭДПБЗ может быть реализована на персональном компьютере с использованием формата, пригодного при практическом использовании при обеспечении нормативно-документальной поддержки выполнения всех операций ТО и ТД с помощью приборов, приспособлений, имеющихся в обеспечении данных ПТОР.

Взаимоувязка информационных блоков, комплексно обеспечивающих необходимыми сведениями, помещенными в цельно-структурно взаимоувязанные файлы (компоненты) и многоуровневая иерархическая, древовидного типа, гипертекстовая структура позволяют удобно и быстро получать искомый НТМ, значительно сокращая временные показатели на оперирование данными сведениями.

Имеющиеся 468 элементов ИЭДПБЗ содержат полную и подробную информацию по оборудованию, оснастке, запчастям, инструментам и приборам, ГСМ используемым в технологическом процессе ТО и ТД грузовых автомобилей в количестве 101 части описанных объектов. Общий объем ИЭДПБЗ описывается 437 страницами с информационным нормативно-техническим материалом, в том числе 132 рисунками, 76 таблицами. Размер информации ИЭДПБЗ составляет около 151 МБ.

ИЭДПБЗ, объединяющий в себе принципы документальной и фактографической баз, предусматривающий использование в качестве элемента базы знаний, текстового файла в формате DOC представляет собой гипертекстовую базу с элементами иерархичности,

ИЭДПБЗ будет полезна пользователю, не обладающему высокой квалификацией в области вычислительной техники, поэтому важен простой, удобный, легко осваиваемый интерфейс, что обеспечивается структурой формирования и алгоритмом закладываемой работы. Время включения ПК и запуска операционной системы определяют время подготовки ИЭДПБЗ к работе.

Структура ИЭДПБЗ. Общая структура ИЭДПБЗ отображена совокупностью информационных блоков: 1) Общие сведения о пунктах (постах, участках) ТО автомобильной техники; 2) пункт (площадка) ЕТО; 3) пункт ТО; 4) пункт (площадка) ЕТО на 4 поста; 5) пункт (площадка) ЕТО на 8 постов; 6) пункт ТО на 2 поста; 7) пункт ТО на 3 поста; 14) участок ТД и ТО №2; 15) пост водителя; 16) пост автослесаря; 17) пост автоэлектрика; 27) участок, обеспечивающий хранение и приведение в рабочее состояние сухозаряженных аккумуляторных батарей; 28) специализированные участки.

Головной блок работает как связывающее для всех блоков. В нем сформированы и представлены гиперссылки переходов к просмотру нормативно-технических контентов соответствующих блоков с учетом их многоуровневого представления и возможных вариантов оперирования ими в ИЭДПБЗ. Для входа в необходимый раздел/подраздел ИЭДПБЗ пользователь должен нажать на знак гиперссылки соответствующей строки.

Сама информационная структура контента «Пункты технического обслуживания автомобилей» представлена на рисунке 1.

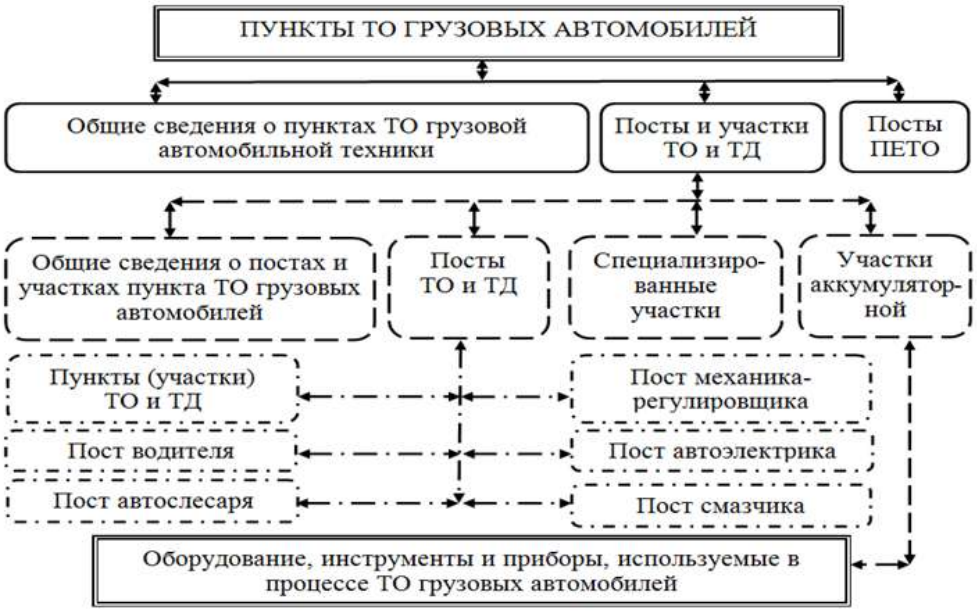


Рисунок 1 – Информационная структура блока «Пункты технического обслуживания грузовых автомобилей»

В гипертекстовую структуру (многоуровневую иерархическую, древовидного типа) включены структурно взаимоувязанные файлы (компоненты) с информационными блоками ИЭДПБЗ, для каждого из которых характерна своя структура и разрабатываются они как автономные. Эти блоки могут быть использованы и как компоненты в составе других ИС.

Алфавитный указатель наименований смысловых единиц контента, включённых в состав ИЭДПБЗ

Сформированный компьютеризированный инструментарий ИЭДПБЗ позволяет отобразить текстовые и графические документы. возможность работы с блоками системы путем вызова ссылок без возвращения в исходное меню; возможность приспособления ИС к новым условиям, к новым потребностям предприятия, к новым требованиям современных программных и аппаратных средств.

ИЭДПБЗ располагает НТМ, который распределен по составляющим структурам ПТОР, выполняемым в них работах согласно их оснащенности. ИЭДПБЗ включает описание и детализацию процессов пользования инструментами, приборами, горюче-смазочными и расходными материалами, Необходимо учитывать регулировочные параметры, нормативно-технические потоки, отображение как текстовых документов, так и графических (схемы, рисунки и т.д.), а также другие характеристики и обеспечивает удобный, быстрый и корректный доступ к информации.

Подсписки наименований смысловых единиц контента, сформированных с учетом структуры информационного пространства знаний.

Каждая компонента базы знаний структуры блока «Пункты технического обслуживания автомобилей» представляется как иерархически сформированная часть. Данный контент включает в себя отдельные директории, содержащие по своим направлениям базу знаний с компонентами представленными связующим текстом и выступающим в качестве меню данного контента. Все компоненты имеют свой код гиперссылки. Для просмотра выбранного компонента необходимо нажать на его гиперссылку. Компоненты сформированы в соответствии с направлением деятельности и размещены в директориях: общие сведения о ПТО автомобильной техники; посты ПЕТО; посты и участки ТО и ТД.

В нижней части списка строк для пользователя предусмотрена подсказка в виде текстов двух абзацев (для выделения они здесь даны в другом шрифте):

«Для перехода к просмотру знаний и сведения по интересующей области базы знаний нажать на гиперссылку выбранной рубрики раздела.

Обратный возврат к предыдущей точке перехода осуществляется нажатием на кнопку «Назад», размещаемой на инструментальной панели текстового редактора специальной его настройкой».

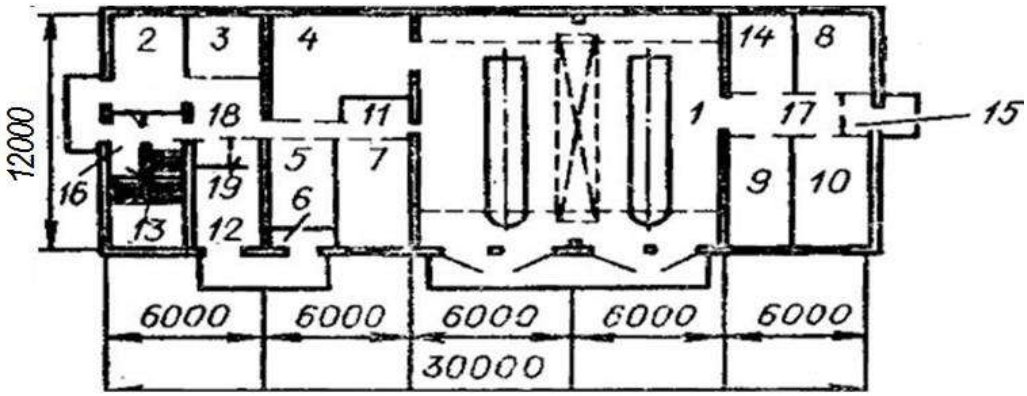
Пользователь по своему усмотрению может нажать на гиперссылки его интересующих строк, а затем возвращается обратно к предыдущим разделам ИЭДПБЗ.

В директории «Общие сведения о ПТО автомобильной техники» имеется полноценная база знаний (ПБЗ), включающая в себя общие сведения о ПЕТО, общие сведения о ПТО. В директорию «Посты ПЕТО» имеется ПБЗ, включающая в себя варианты различных ПЕТО, куда помещены схемы проектов и экспликацией помещений. В директории «Посты и участки ТО и ТД» содержатся поддиректории, в которых скомпонованы участки аккумуляторных батарей, специализированные участки, посты ТО и ТД, в соответствии с выполняемыми работами.

Далее рассмотрим раскрытие некоторых контентов ИЭДПБЗ в виде информационных таблиц и текста знаний.

Непосредственно часть самого текста ИЭДПБЗ.

В информационный материал знаний «Пункты технического обслуживания автомобилей» заложены сведения о типовых проектах ПТО: их общая характеристика, состав и расстановка оборудования и другие нормативно-технические компоненты. В том же блоке располагают сведения об имеющихся оригинальных и эффективных проектах ПТО. Полноценная база знаний «Пункт технического обслуживания на 2 поста» содержит сведения по планировке и размещению оборудования ПТО, с описанием конструкций необходимого такого оборудования (рисунок 2).



1 – зона технического обслуживания; 2 – столярный участок; 3 – шиноремонтный участок; 4 – участок слесарно-механических работ; 5 – участок ремонта электрооборудования; 6 – участок ремонта топливной аппаратуры; 7 – душевая; 8 – место ремонта аккумуляторных батарей; 9 – участок обслуживания аккумуляторных батарей; 10 – место заряда аккумуляторных батарей; 11 – коридор; 12 – агрегатная; 13 – вентиляционная камера вытяжной и приточных установок;14 – участок приема аккумуляторных батарей; 15 – тамбур-шлюз; 16 – пост диагностики машин; 17 – тамбур; 18 – участок текущего ремонта агрегатов, 19 – склад ЗИП.

Рисунок 2 – Фрагмент контента «Пункт технического обслуживания на 2 поста» (по проекту № ХФ-80/14-72-КК).

В полноценной базе знаний «Участок хранения и приведения в рабочее состояние сухозаряженных и приведенных в рабочее состояние аккумуляторных батарей» размещены сведения о компоновке оборудования и инструментов. отмечено назначение участка аккумуляторных батарей (АКБ) - проверка технического состояния при их приеме и выдаче из аккумуляторной.

Фрагмент содержания контента «Участок хранения и приведения в рабочее состояние сухозаряженных и приведенных в рабочее состояние аккумуляторных батарей» представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Оборудование и инструмент

№ п/п	Наименование	Количество, шт
1	Ареометр аккумуляторный с пределом измерения от 1,1 до 1,3 г/см	1
2	Амперметр с набором шунтов, допускающих измерение тока от 3 до 2000 А, и не ниже 1 класса точности	1
…	……..	…
17	Термометр	1-2
18	Часы (секундомер)	1

На участке имеется специально остекленный шкаф с приборами и принадлежностями, стеллажи и рольганги для перемещения АКБ на заряд, стол для приема и выдачи АКБ. Все это также описано в контенте. Кроме того, участок должен быть оснащен стулом, умывальником с холодной водой, запасами дистиллированной воды и электролита, тележкой-штативом, столами для промывки аккумуляторов с вытяжной вентиляцией, для промывки и сушки деталей и слива электролита из аккумуляторов и их промывки, верстаком однотумбовым для обслуживания аккумуляторов и батарей с набором инструментов и металлическими ящиками для хранения ветоши и тары с лакокрасочными материалами, крацевальным станком для зачистки корпусов и каркасов металлических АКБ.

Фрагмент содержания информационного материала знаний «Пост автоэлектрика» продемонстрирован в таблице 2 и на рис. 3.

Таблица 2 – Примерный перечень оборудования и инструмента

№ п/п	Наименование	Количество, шт
1	Ареометр кислотный	1
2	Ампервольтметр типа 4352	1
3	Верстак слесарный	1
4	Ванна для промывки деталей 2	1
….	……	
56	Универсальный прибор для проверки электрооборудования автомобиля К-301	1

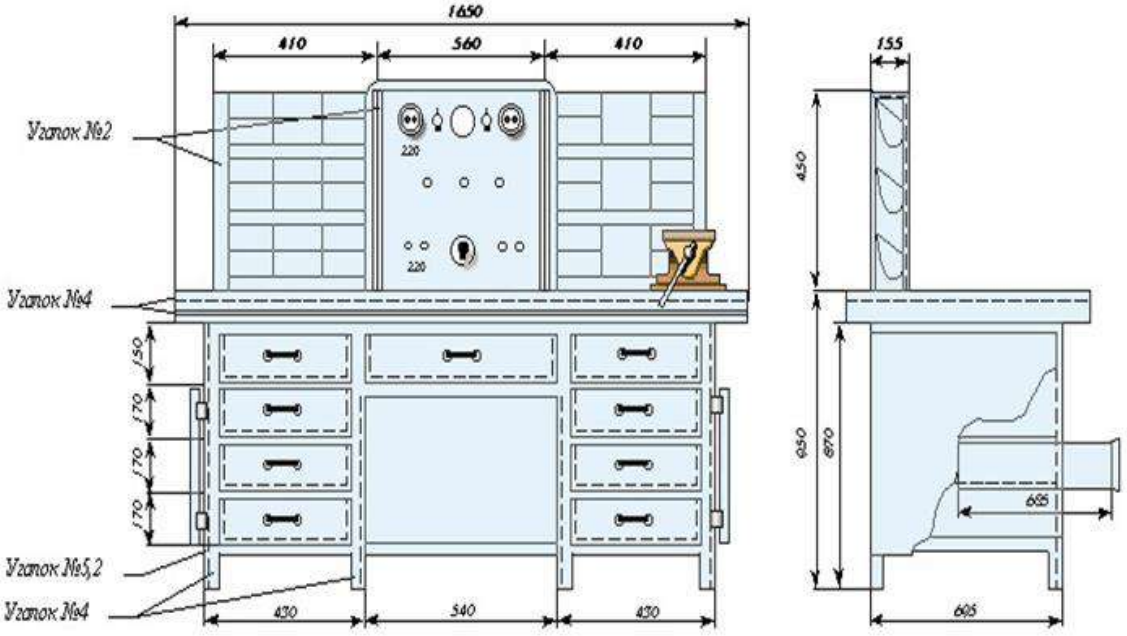


Рисунок 3 – Оформление рабочего стола автоэлектрика.

Идентичную составляющую имеют и остальные контенты. Необходимую полноценную базу знаний компонентов разрабатывают и подбирают во время формирования данных контентов,. Информация о каждом рассматриваемом объекте применяемого для проведения операций ТО и ТД, входящем в состав контента, включает гиперссылки для перехода к базе знаний просмотра на них. В данной базе знаний имеется техническая характеристика объекта, его изображение, перечислены наименования всех составных частей, дано описание принципа работы и приведена подробная инструкция по его применению. В контент включаются ссылки на другие объекты, их описания и гиперссылки на них.

Подробное описание и технические характеристики устройств для выполнения операций по ТО и ТД грузовых автомобилей, описания и характеристики измерительных инструментов и приборов, применяемых для этих целей приведены в контенте базы знаний «Оборудование, инструменты и приборы, используемые в процессе обслуживания автомобилей».

Обеспечивается систематизация приспособлений, установок, приборов различных моделей, выполняющих одну и ту же операцию по группам. Допускается компоновка в одном информационном узле ванн и емкостей для мойки деталей и промывки узлов и агрегатов, в другом - маслозаправочных агрегатов, емкостей для слива масла и т.д. В узел «другие объекты» относят приспособления, стенды или установки, не имеющие аналогов.

Блок подвижный, допускает достаточно быстрое дополнение новыми моделями, в связи с тем, что приспособления и приборы постоянно совершенствуются и модернизируются, и исключение старых, что позволяет совершенствовать как процесс ТО и ТД грузовых автомобилей, так и ИЭДПБЗ, в том

числе применительно и к другим видам техники и предоставляет возможность пользователю сделать корректный выбор приспособлений и оборудования для выполнении определенных операций ТО.

Выводы. Для формирования ИЭДПБЗ по ТО и ТД грузовых автомобилей осуществляют подбор необходимых компонентов с целью обеспечения полноты их актуализации, систематизации, структуализации и взаимоувязки в единое целое в виде гипертекстовой среды. Формирование материалов с вариантами, отличающимися степенью детализации представления информации также предусматривается

Структурирование ИЭДПБЗ обеспечивается формированием около 3705 гиперссылок, с переходами на другие контенты порядка 1464 раз, а на рисунки по устройству, размещению и порядку проведения операций около 2241 раза, что соответствует приближенному результату количества обращений ремонтно-обслуживающим персоналом к НТД за необходимыми сведениями при проведении ТО и ТД автомобиля.

В ИЭДПБЗ имеются 468 элементов и содержится полная и подробная информация об оборудовании, оснастке, запчастях, инструментах и приборах, ГСМ, используемых в технологическом процессе ТО и ТД грузовых автомобилей в количестве 101 части описанных объектов. Общий объем ИЭДПБЗ состоит из 437 страниц с информационным нормативно-техническим материалом, в том числе 132 рисунка, 76 таблиц. Размер информации ИЭДПБЗ составляет около 151 МБ.

Использование ИЭДПБЗ способствует более квалифицированно решать производственные вопросы реформирования существующих объектов и средств ТО и ТД, и тем самым более эффективно решать задачи обеспечения работоспособности имеющихся средств механизации.

Совершенствование ИЭДПБЗ должно происходить во взаимосвязи с развитием передовых информационных технологий, эффективным использованием нормативно-документального обеспечения.

Список литературы

1. Кушнарев Л.И. и др. Модернизация системы технического сервиса агропромышленного комплекса / Монография. /Кушнарев Л.И. Чепурина Е.Л., Кушнарев С.Л., Чепурин А.В., Корнеев В.М./Под редакцией Л.И. Кушнарева. М.: МЭСХ. – 2015. – 440 с.

2. Кушнарев Л.И., Дидманидзе О.Н. Состояние и направления инновационного развития инженерно-технической службы АПК //Международный технико-экономический журнал. –№ 1. – 2014. – С. 31–40.

3. Аллилуев В.А., Ананьин А.Д., Михлин В.М. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка. – М.: Агропромиздат, 1991. – 367 с.

4. Научные основы технической эксплуатации сельскохозяйственных машин. Москва, ГОСНИТИ. 1996. –360 с.

5. Криков А.М., Федоров А.Г. Комплекс информационных и программно-алгоритмических компонентов в системе технического обслуживания грузовых автомобилей: научно-практическое пособие. Новосибирск, СФНЦА РАН, 2019. – 128 с.

6. Федоров А.Г. Система информационного обеспечения технического обслуживания грузовых автомобилей АПК / А.Г. Федоров, А.М. Криков // Труды ГОСНИТИ. – Т. 124, ч. 1. Материалы Международной научно-практической конференции «Научные проблемы технического сервиса с.-х. машин». – М.: ГОСНИТИ, 2016. – 36–41 с.

7. Гипертекстовые базы знаний по сельскохозяйственным механизированным системам. Концептуально-методологические основы построения: метод. рекомендации /подгот. А.М. Криков, В.Л. Мартынова и др. – Новосибирск, 2002. – 120 с.

Криков А.М., Немцев А.Е. Глоссарий системы информационного обеспечения специалистов по технической эксплуатации машин/ Актуальные проблемы эксплуатации машинно-тракторного парка, технического сервиса, энергетики и экологической безопасности в агропромышленном комплексе: Матер. междунар. науч.-практ. конф., посвященной 75-летию со дня рождения Ивана Петровича Терских (Иркутск, 25-27 сентября 2007 г.) ИГСХА. – Иркутск, 2007. – С. 35-37.

References

1. Kushnarev L.I. i dr. Modernizaciya sistemy tekhnicheskogo servisa agropromyshlennogo kompleksa / Monografiya. /Kushnarev L.I. CHepurina E.L., Kushnarev S.L., CHepurin A.V., Korneev

V.M./Pod redakciej L.I. Kushnareva. M.: MESKH. – 2015. – 440 s.

2. Kushnarev L.I., Didmanidze O.N. Sostoyanie i napravleniya innovacionnogo razvitiya inzhenerno-tekhnicheskoj sluzhby APK //Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal. –№ 1. – 2014. – S. 31–40.

3. Alliluev V.A., Anan'in A.D., Mihlin V.M. Tekhnicheskaya ekspluataciya mashinno-traktornogo parka. – M.: Agropromizdat, 1991. – 367 s.

4. Nauchnye osnovy tekhnicheskoj ekspluatacii sel'skohozyajstvennyh mashin. Moskva, GOSNITI. 1996. –360 s.

5. Krikov A.M., Fedorov A.G. Kompleks informacionnyh i programmno-algoritmicheskih komponentov v sisteme tekhnicheskogo obsluzhivaniya gruzovyh avtomobilej: nauchno-prakticheskoe posobie. Novosibirsk, SFNCA RAN, 2019. – 128 s.

6. Fedorov A.G. Sistema informacionnogo obespecheniya tekhnicheskogo obsluzhivaniya gruzovyh avtomobilej APK / A.G. Fedorov, A.M. Krikov // Trudy GOSNITI. – T. 124, ch. 1. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Nauchnye problemy tekhnicheskogo servisa s.-h. mashin». – M.: GOSNITI, 2016. – 36–41 s.

7. Gipertekstovye bazy znanij po sel'skohozyajstvennym mekhanizirovannym sistemam. Konceptual'no-metodologicheskie osnovy postroeniya: metod. rekomendacii /podgot. A.M. Krikov, V.L. Martynova i dr. – Novosibirsk, 2002. – 120 s.

8. Krikov A.M., Nemcev A.E. Glossarij sistemy informacionnogo obespecheniya specialistov po tekhnicheskoj ekspluatacii mashin/ Aktual'nye problemy ekspluatacii mashinno-traktornogo parka, tekhni¬cheskogo servisa, energetiki i ekologicheskoj bezopasnosti v agropromysh¬lennom komplekse: Mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 75-letiyu so dnya rozhdeniya Ivana Petrovicha Terskih (Irkutsk, 25-27 sentyabrya 2007 g.) IGSKHA. – Irkutsk, 2007. – S. 35-37.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Иванов Николай Михайлович – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, руководитель Сибирского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук», Россия, г. Новосибирск.

Криков Аркадий Максимович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Сибирского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук», Россия, г. Новосибирск, e-mail: krikov2010@mail.ru.

Немцев Анатолий Егорович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Сибирского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук».

Федоров Александр Георгиевич – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский военный институт имени генерала армии И.К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации», Россия, г. Новосибирск.

Author credentials

Affiliations

Ivanov Nikolay – Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, Siberian Federal Scientific Centre of Agro-Bio Technologies of the Russian Academy of Sciences, Russia, Novosibirsk.

Krikov Arkady – Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, Siberian Federal Scientific Centre of Agro-Bio Technologies of the Russian Academy of Sciences, Russia, Novosibirsk, e-mail: krikov2010@mail.ru.

Nemtsev Anatoly – Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, Siberian Federal Scientific Centre of Agro-Bio Technologies of the Russian Academy of Sciences, Russia, Novosibirsk.

Fedorov Alexander – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal state official military establishment of higher education "Novosibirsk military Institute named after general of the Army I.K. Yakovlev of National Guard Troops of the Russian Federation", Russia, Novosibirsk.

Поступила в редакцию (Received): 07.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 03.08.2021

УДК 621.822.6.004.67: 668.3: 631.3.02
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-106-115

ПАРАМЕТРЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ РАСТВОРОВ ЭЛАСТОМЕРНОГО НАНОКОМПОЗИТА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

[1]Ли Роман Иннакентьевич,
[2]Псарев Дмитрий Николаевич,
[3]Киба Мария Романовна
[1]Мельников Антон Юрьевич

[1]ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»
[2]ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»
[3]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный горный университет»

Реферат. *Деформационно-прочностные полимерных композитов в значительной мере определяются видом смешения компонентов и характером распределения частиц наполнителя по объему полимерной матрицы, наличием агломератов. Эффективность смешения и диспергирования растворов полимерных композитов можно повысить, используя ультразвуковую обработку. Исследовали влияние ультразвуковой обработки на качество диспергирования и дегазацию раствора эластомерного нанокомпозита, качество нанокомпозитных покрытий. Вязкость раствора нанокомпозита на основе эластомера Ф-40С определяли по методике ГОСТ 18249-72. Температуру раствора нанокомпозита измеряли инфракрасным пирометром Testo 830-T4, а остаточную массу в ходе дегазации – весами лабораторными M-ER 122ACF-3000.05. Деформационно-прочностные свойства пленок нанокомпозита оценивали прочностью пленок, относительным удлинением и удельной работой деформации при разрыве пленок по методике ГОСТ 14236-81. Дефектность образцов оценивали по ГОСТ 9407-84. По результатам эксперимента определен рациональный режим ультразвукового диспергирования раствора нанокомпозита на основе эластомера Ф-40С, наполненного углеродными нанотрубками «Таунит-М»: мощность ультразвуковой обработки 55 Ватт, время озвучивания – 6 мин. Ультразвуковая обработка способствует дегазации раствора. Испарение ацетона составляет около 10% от первоначальной массы раствора нанокомпозита, что способствует уменьшению пористости покрытия. По сравнению с ручным смешением, концентрация пор уменьшилась в 1,6 раза, а площадь разрушенной поверхности покрытия в 1,33 раза. Ультразвуковое диспергирование и дегазация раствора нанокомпозита повышают деформационно-прочностные свойства эластомерных нанокомпозитных покрытий: прочность увеличивается на 4%, деформация в 1,09 раза, а удельная работа разрушения на 6%. Улучшение деформационно-прочностных свойств нанокомпозита после ультразвуковой обработки повысит эффективность восстановления посадочных отверстий в корпусных деталях автомобилей.*

Ключевые слова: *восстановление, корпусная деталь, эластомер, углеродные нанотрубки, раствор нанокомпозита, ультразвуковое диспергирование, дегазация, покрытие, качество.*

ULTRASONIC DISPERSION PARAMETERS OF ELASTOMERIC NANOCOMPOSITE SOLUTIONS FOR RESTORATION WORN BODY PARTS OF VEHICLES

[1]Li Roman,
[2]Psarev Dmitry,
[3]Kiba Maria,
[1]Melnikov Anton

[1]FSBEI HE "Lipetsk State Technical University"
[2]FSBEI HE "Michurinsk State Agrarian University"
[3]FSBEI HE "St. Petersburg State Mining University"

Abstract*. Deformation-strength polymer composites are largely determined by the type of mixing of components and the nature of the distribution of filler particles over the volume of the polymer matrix, the presence of agglomerates. The mixing and dispersion efficiency of polymer composite solutions can be improved using ultrasonic treatment. Effect of ultrasonic treatment on dispersion quality and degassing of elastomeric nanocomposite solution, quality of nanocomposite coatings was investigated. Viscosity of the elastomer-based nanocomposite solution was F-40S determined according to the procedure GOST 18249-72. Temperature of solution of a nanocomposite was taken an infrared pyrometer of Testo 830-T4, and residual weight during decontamination - scales laboratory M-ER 122ACF-3000.05. Strain-strength properties of nanocomposite films were evaluated by film strength, relative elongation and specific deformation operation at film break according to the procedure GOST 14236-81. Defects of samples were evaluated according to GOST 9407-84. According to the results of the experiment, the rational mode of ultrasonic dispersion of the nanocomposite solution based on the elastomer F-40S filled with Taunit-M carbon nanotubes was determined: ultrasonic processing power 55 Watt, sounding time - 6 minutes. Ultrasonic treatment contributes to the degassing of the solution. The evaporation of acetone is about 10% of the initial weight of the nanocomposite solution, which helps to reduce the porosity of the coating. Compared to manual mixing, the concentration of pores decreased by 1.6 times, and the area of the destroyed surface of the coating was 1.33 times. Ultrasonic dispersion and degassing of the nanocomposite solution increase the deformation-strength properties of elastomeric nanocomposite coatings: strength increases by 4%, deformation by 1.09 times, and specific fracture operation by 6%. Improving the strain-strength properties of the nanocomposite after ultrasonic processing will increase the efficiency of restoring the landing holes in the body parts of cars.*

Keywords: *restoration, body part, elastomer, carbon nanotubes, nanocomposite solution, ultrasonic dispersion, degassing, coating, quality.*

Введение. Восстановление подшипниковых отверстий в корпусных деталях полимерными композитами эффективно компенсирует износ отверстий, повышает ресурс корпусных деталей и подшипниковых узлов, существенно сокращает затраты на ремонт автомобилей [1…4]. Наполнение термо- и реактопластов углеродными нанотрубками (УНТ) повышает деформационно-прочностные свойства материалов [1, 5…7]. Представляют большой научный и практический интерес исследования наполнения эластомеров УНТ с целью разработки перспективного эластомерного нанокомпозита для восстановления посадочных отверстий в корпусных деталях автомобилей.

Деформационно-прочностные полимерных композитов в значительной мере определяются видом смешения компонентов и характером распределения частиц наполнителя по объему полимерной матрицы, наличием (отсутствием) агломератов [7…13]. Эффективность смешения и диспергирования растворов полимерных композитов можно повысить, используя ультразвуковую обработку (УЗО) [14…17].

В работе Колесникова А.А. определены основные параметры, влияющие на процесс ультразвукового диспергирования раствора полимерного композита: амплитуда звукового давления и время ультразвуковой обработки [15]. По результатам теоретических исследований получена формула по которой рекомендуется рассчитывать амплитуду звукового давления P_A

$$P_A = \sqrt{\frac{2W}{S_t}} \sqrt[4]{\frac{\rho}{\beta_{ад}}}, \quad (1)$$

где W – мощность УЗО; S_t – площадь поверхности преобразователя; ρ и $\beta_{ад}$ – плотность и коэффициент адиабатической сжимаемости жидкости.

Сформулированы два условия, которые обеспечивают эффективное диспергирование раствора полимерного композита:

1) значения амплитуды звукового давления при УЗО должны находиться в интервале

$$2{,}0P_{атм} \le P_A \prec 10P_{атм}, \quad (2)$$

где $P_{атм}$ – атмосферное давление;

2) максимально допустимый уровень раствора полимерного композита в ультразвуковой ванне $H_{доп}$ не должен быть больше N

$$H_{доп} \le N, \quad (3)$$

где N – естественный фокус преобразователя.

Естественный фокус для дискового излучателя следует рассчитывать по формуле [16]

$$N = \frac{D^2}{4\lambda}, \quad (4)$$

где D – диаметр излучателя; λ – длина волны.

При восстановлении подшипниковых отверстий в корпусных деталях раствор полимерного материала наносят на изношенную поверхность последних. Полимерное покрытие после термической обработки имеет пористость. Поры являются инициаторами разрушения покрытия в процессе эксплуатации. Возникновение пор обусловлено испарением растворителя в жидком полимерном материале в ходе его отверждения. Поэтому снижение пористости покрытия, является важной технологической задачей [10, 15, 18, 19].

Дегазация – процесс уменьшения содержания газа в жидкости под воздействием ультразвуковых колебаний, который находится в ней в растворенном состоянии и в виде пузырьков [17]. Ультразвуковая дегазация состоит из двух этапов. На первой этапе дегазации пузырьки газа колеблются в акустическом поле. При этом размеры пузырьков увеличиваются благодаря диффузии в них растворенного газа. Рост пузырьков также обусловлен коалесценцией – это слияние пузырьков благодаря гидродинамическим потокам (силы Бернулли) и акустическим течениям (силы Бьеркнесса). На втором этапе ультразвуковой дегазации пузырьки газа, выросшие до определенного размера, всплывают на поверхность жидкости и лопаются.

В работе [15] исследовано влияние УЗО на дегазацию раствора эластомера Ф-40, наполненного микроразмерными частицами алюминия и бронзы. Установлено, что с уменьшением вязкости раствора эластомерного микрокомпозита наблюдается увеличение скорости всплытия пузырьков газа на поверхность и формируются более благоприятные условия для дегазации. С увеличением частоты и интенсивности ультразвуковых колебаний, возрастает скорость дегазации и уменьшается концентрация газа в жидкости. Благодаря УЗО раствора эластомерного микрокомпозита, количество испарившегося ацетона в 2,5 раза превышает аналогичный параметр при ручном смешении. В итоге значительно повышается качество полимерных покрытий: размер пор уменьшается до 2 раз, концентрация пор снижается до 30%, а площадь разрушенного покрытия уменьшается до 1,36 раза.

Представляют большой научный и практический интерес исследования влияния ультразвуковой обработки на качество диспергирования и дегазацию раствора композита

эластомера Ф-40С, наполненного углеродными нанотрубками «Таунит-М», качество эластомерных нанокомпозитных покрытий.

Цель работы – исследование влияния ультразвуковой обработки на качество диспергирования и дегазацию раствора эластомерного нанокомпозита, качество эластомерных нанокомпозитных покрытий (Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90070\20).

Материалы и методы. В качестве оценочного критерия качества смешения приняли вязкость раствора нанокомпозита после УЗО. Чем меньше вязкость, тем более равномерно распределен наполнитель в объеме полимерной матрицы [12]. Время при котором значения вязкости стабилизируются приняли за рациональное время озвучивания.

Вязкость раствора нанокомпозита определяли методом капиллярной вискозиметрии по ГОСТ 18249-72 [20]. Температуру раствора нанокомпозита измеряли инфракрасным пирометром Testo 830-T4, а остаточную массу в ходе дегазации – весами лабораторными M-ER 122ACF-3000.05.

Состав нанокомпозита: раствор эластомера Ф-40С (ТУ 6-06-246-92) – 100 масс.ч., углеродные нанотрубки «Таунит-М» – 0,1 масс.ч.

Образцы представляли собой пленки прямоугольной формы размерами: 50×10×0,15 мм. Расчетная длина образца составляла 30 мм. Образцы подвергали двухступенчатой термической обработке в шкафу сушильном СНОЛ-3.5,3.5,3.5/3: первая ступень T=50°Св течение t=1ч, вторая ступень T=150°Св течение t=2ч. После термической обработки образцы кондиционировали при комнатной температуре в течение 16 ч [21]. Предельное отклонение размеров образцов по длине и ширине не превышало ±0,1 мм.

Деформационно-прочностные свойства пленок нанокомпозита на основе эластомера Ф-40С оценивали прочностью пленок при одноосном растяжении σ, относительным удлинением ε и удельной работой деформации при разрыве пленок $\alpha_р$ [22]. При испытании образцов использовали разрывную машину ИР 5082-50.

Дефектность образцов оценивали по ГОСТ 9407-84 [23]. Образцами являлись пленки нанокомпозитов, растворы которых подвергали ручному смешению и ультразвуковому диспергированию. Качество пленок оценивали по концентрации пузырьков (количество пузырьков на единицу площади) и площади разрушенного покрытия. При исследовании использовали микроскоп МПБ-2, обеспечивающий 24-х кратное увеличение

Результаты исследования. Эксперимент показал, что вязкость раствора нанокомпозита с увеличением времени УЗО понижается с 0,164 до 0,135 Па·с (рисунок 1). Максимальную вязкость η=0,164 Па раствор нанокомпозита имеет после УЗО в течение 2 мин. Затем, с увеличением времени УЗО, вязкость раствора падает. После УЗО в течение t=6 мин и более, значения вязкости раствора стабилизируются, достигнув минимального значения η=0,135 Па·с. Поэтому, чтобы добиться эффективного диспергирования, равномерного распределения частиц наполнителя по объему раствора нанокомпозита, необходимо последний подвергать УЗО в течение 6 мин.

Уменьшение вязкости объясняется не только диспергированием частиц наполнителя, но и повышением температуры раствора нанокомпозита в ходе УЗО. Благодаря кавитации, когда захлопываются полости третьей группы, это приводит к возникновению в микрообъемах очень высоких давлений – до 100 МПа, а также увеличению температуры в них до 1000°С. Поэтому при УЗО увеличивается температура раствора нанокомпозита (рисунок 2). В начале эксперимента, до начала УЗО раствор нанокомпозита имеет температуру T=20°С. С увеличением времени УЗО до t=8 мин температура раствора нанокомпозита повышается по нелинейной зависимости до значения T=53,5°С.

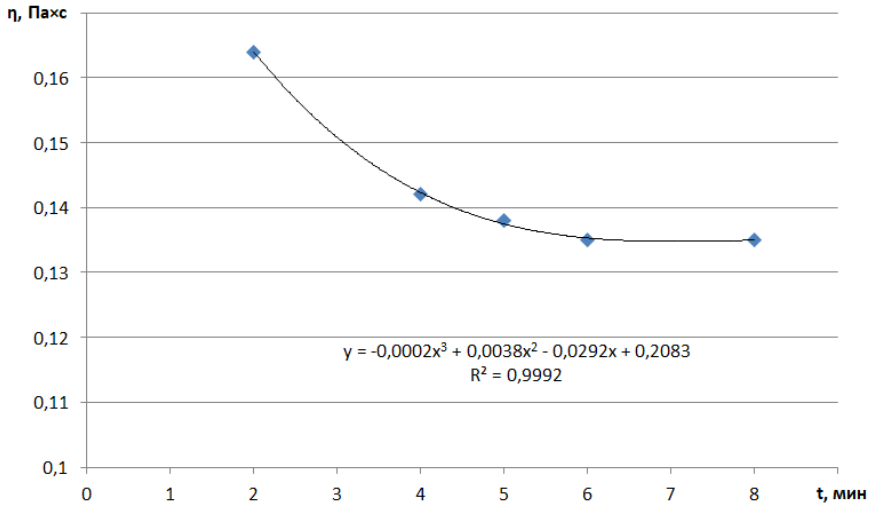


Рисунок 1 – Зависимость вязкости η раствора нанокомпозита эластомера Ф-40С от времени ультразвуковой обработки t

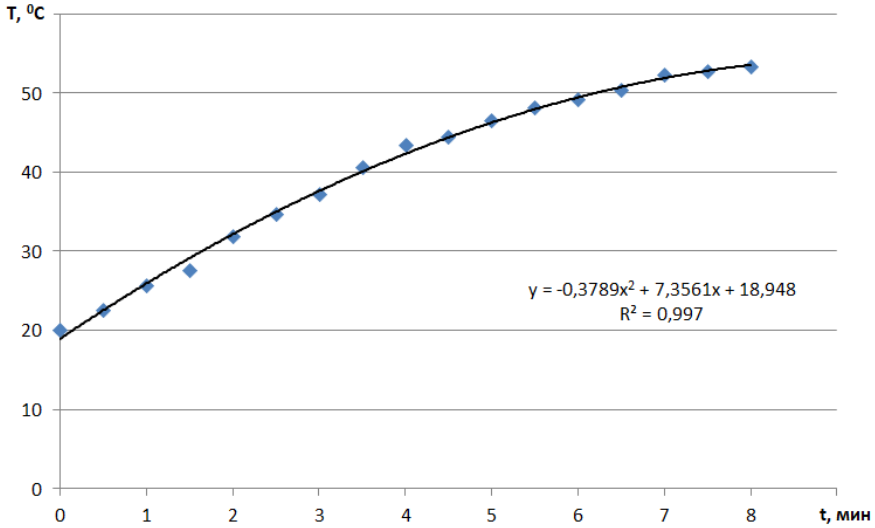


Рисунок 2 – Зависимость температуры Т раствора нанокомпозита от времени t УЗО

При УЗО в течение t=10 мин температура раствора нанокомпозита достигает T=56°С и ацетон в растворе закипает, что не допустимо. Поэтому, чтобы добиться эффективного диспергирования, равномерного распределения частиц наполнителя по объему раствора нанокомпозита, необходимо последний подвергать УЗО в течение 6 мин.

На следующем этапе эксперимента исследовали дегазацию раствора нанокомпозита по изменению остаточной массы материала после УЗО. Результаты исследования представлены на рисунке 3. Масса раствора нанокомпозита до начала УЗО составляет m=200 г. С увеличением времени УЗО, благодаря испарению ацетона, остаточная масса раствора нанокомпозита уменьшается по не линейной зависимости. После УЗО в течение остаточная масса раствора нанокомпозита имеет минимальное значение . Испарение ацетона составляет 19,5 г или около 10% от первоначальной массы раствора нанокомпозита. Столь существенное испарение ацетона способствует формированию минимальной пористости в эластомерном нанокомпозитном покрытии.

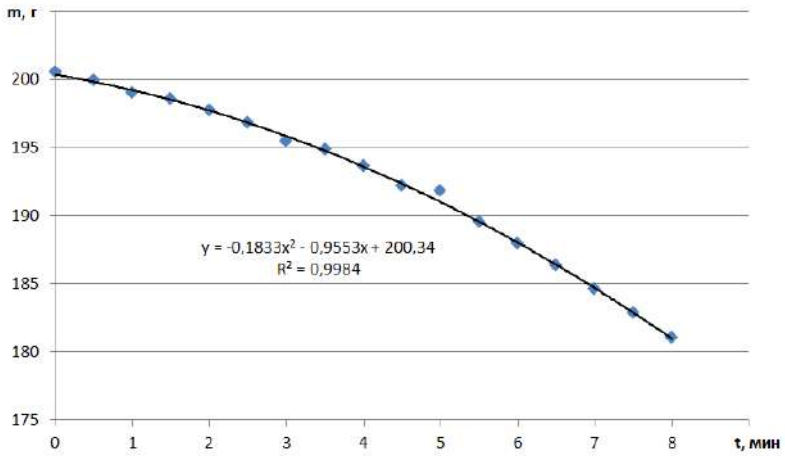
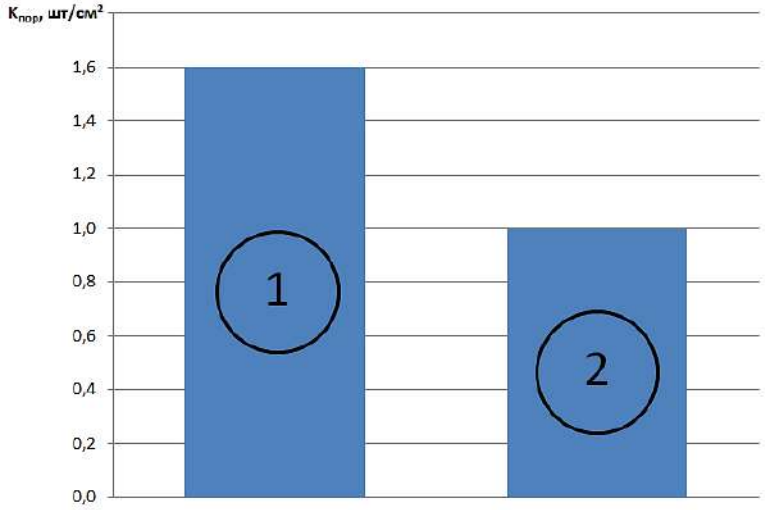


Рисунок 3 – Зависимость остаточной массы m раствора нанокомпозита от времени УЗО t

После формирования пленок нанокомпозита оценивали дефектность последних. На рисунке 4 показана пористость образцов. Образцы, полученные при ручном смешении, имеют концентрацию пор $K_{пор}$=1,6 шт/см^2. Дефектность образцов, полученных после УЗО в 1,6 раза ниже и составляет $K_{пор}$=1,0 шт/см^2. Площадь разрушенной поверхности образцов, полученных при ручном смешении, составляет $S_р$=20% (рисунок 5). Аналогичный параметр дефектности для образцов, полученных после УЗО, в 1,33 раза ниже и составляет $S_р$=15%.

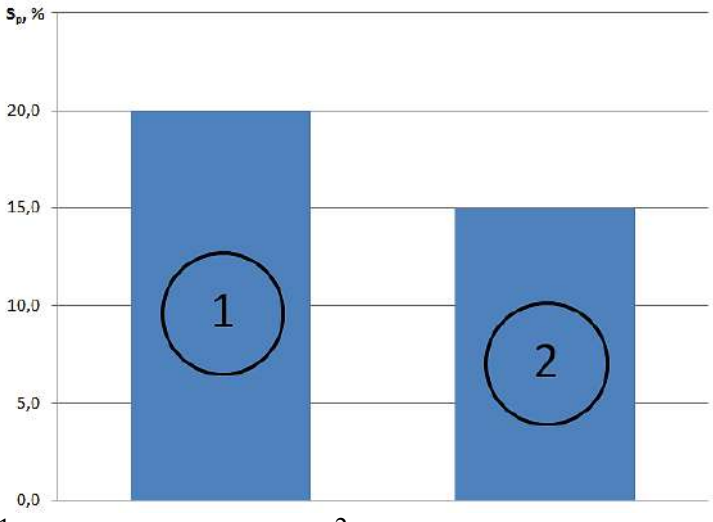
На завершающем этапе эксперимента исследовали деформационно-прочностные свойства пленок нанокомпозита, полученных ручным смешением и после УЗО. Образцы, полученные при ручном смешении, имеют прочность σ=28,0 МПа. Прочность образцов, полученных после УЗО увеличилась в 1,04 раза, до σ=29,2 МПа.

Деформация пленок, полученных при ручном смешении, составляет ε=221%. Аналогичный параметр для образцов, полученных после УЗО, в 1,09 раза выше и составляет ε=240%.



1 – после ручного смешения; 2 –ультразвукового диспергирования

Рисунок 4 – Концентрация пор в нанокомпозитных покрытиях $K_{пор}$



1 – после ручного смешения; 2 –ультразвукового диспергирования

Рисунок 5 – Площадь разрушенного покрытия в нанокомпозитных покрытиях $S_р$

Удельная работа разрушения образцов при одноосном растяжении для образцов, полученных при ручном смешении, составила $\alpha_р$=35,8 МДж/м^3. Аналогичный параметр для образцов, полученных после УЗО, в 1,06 раза выше и составляет $\alpha_р$=37,8 МДж/м^3.

Исходя из вышеизложенного, ультразвуковая обработка раствора нанокомпозита улучшает качество нанокомпозитных покрытий и повышает их деформационно-прочностные свойства.

Выводы 1. Определен рациональный режим ультразвуковой обработки раствора нанокомпозита на основе эластомера Ф-40С, наполненного углеродными нанотрубками «Таунит-М»: *N*=55 Ватт, *t*=6мин.

2. Ультразвуковая обработка способствует дегазации раствора. Испарение ацетона составляет около 10% от первоначальной массы раствора нанокомпозита, что способствует уменьшению пористости эластомерного нанокомпозитного покрытия. По сравнению с ручным смешением, концентрация пор уменьшилась в 1,6 раза, а площадь разрушенной поверхности покрытия в 1,33 раза.

3. Ультразвуковое диспергирование и дегазация раствора нанокомпозита повышают деформационно-прочностные свойства эластомерных нанокомпозитных покрытий: прочность увеличивается на 4%, деформация в 1,09 раза, а удельная работа разрушения на 6%. Улучшение деформационно-прочностных свойств нанокомпозита после ультразвуковой обработки повысит эффективность восстановления посадочных отверстий в корпусных деталях автомобилей.

Список литературы

1. Кононенко А.С., Дмитраков К.Г. Повышение стойкости полимерных композитов холодного отверждения к воздействию рабочих жидкостей использованием наноматериалов // Международный технико-экономический журнал. 2015. № 1. С. 89–94.

2. Жачкин С.Ю., Пеньков Н.А., Мандрыкин И.А., Беленцов В.Г. Интенсификация восстановления деталей сельхозмашин дисперсно-упрочненным композитным покрытием на основе хрома // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. №3 (32) . С. 49-54.

3. Коломейченко, А.В. Технология восстановления с упрочнением деталей машин на основе применения микродугового оксидирования / Коломейченко А.В., Кравченко И.Н., Пузряков А.Ф., Логачёв В.Н., Титов Н.В. Строительные и дорожные машины. 2014. № 10. С. 16-21.

4. Технологии восстановления и упрочнения деталей автотракторной техники / Р.И. Ли // Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2014. – 379 с.

5. Ли, Р. И. Полимерные композиционные материалы для фиксации подшипников качения в узлах машин монография / Р.И. Ли. – Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2017. − 224 с.

6. Углеродный наноматериал "Таунит" // Нанометр URL: http://www.nanometer.ru/2009/09/25/taunit_157057.html

7. Полимерные нанокомпозиты : многообразие структурных форм и приложений / А.К. Микитаев, Г.В. Козлов, Г.Е. Заиков; Ин-т биохим. физики им. Н.М. Эмануэля РАН. – М. : Наука, 2009. – 278 с.

8. Ли, Р.И. Условия формирования равномерного полимерного покрытия на наружной поверхности вращающейся цилиндрической детали / Р.И. Ли // Клеи. Герметики. Технологии – 2015. – №4. – С. 33-38.

9. R. I. Li, M. R. Kiba. Production Technology of Metallopolymer Rolling Bearings. ISSN 1995_4212, Polymer Science, Series D. Glues and Sealing Materials, 2016, Vol. 9, No. 2, pp. 161–164.

10. Машин, Д. В. Повышение эффективности восстановления посадочных отверстий в корпусных деталях сельскохозяйственной техники композицией на основе эластомера Ф – 40С: дис. ... канд. техн. наук / Машин Д. В. – Мичуринск, 2013. – 149 с.

11. Ли, Р.И. Перспективный полимерный материал для восстановления корпусных деталей машин [Текст] / Ли Р.И., Псарев Д. Н., Мироненко А. В., Киба М. Р. // Клеи. Герметики. Технологии. – № 5. 2017. – С. 34-37.

12. R. I. Li, D. N. Psarev, M. R. Kiba. Teoretical Concerns in Selection of Metall Nanosized Fillers for the F-40 Elastomer Composition. ISSN 1995_4212, Polymer Science, Series D. Glues and Sealing Materials, 2019, Vol. 12, No. 1, pp. 15-19.

13. R. I. Li, D. N. Psarev, V. A. Malyugin. A Polymeric Nanocomposite for Fixing Bearings during Assembly and Repair of Equipment. ISSN 1995_4212, Polymer Science, Series D, 2019, Vol. 12, No. 3, pp. 261-265.

14. Агранат, Б. А. Ультразвуковая технология / учебное пособие / Б. А. Агранат [и др.]. – Москва.: изд-во «Металлургия»,1974. – 503 с.

15. Колесников, А. А. Повышение качества восстановления корпусных деталей автомобилей полимерными композиционными материалами после ультразвуковой обработки: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10: / Колесников А. А. – Орел, 2017. – 179 с.

16. Агранат, Б.А. Основы физики и техники ультразвука / учеб. пособие для вузов / Б. А. Агранат [и др.]. – М. : Высш. шк., 1987. – 352 с.

17. Бронин, Ф. А. Исследование кавитационного разрушения и диспергирования твердых тел в ультразвуковом поле высокой интенсивности: дис. …канд. техн. наук. / Бронин Ф. А. – М., 1966. – 264 с.

18. Мироненко, А. В. Повышение долговечности роликоподшипниковых узлов в корпусных деталях автомобилей, восстановленных композицией адгезива АН-110: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10: / Мироненко А. В. – Орел, 2017. – 179 с.

19. Малюгин, В. А. Восстановление посадок подшипников качения автомобилей нанокомпозитом на основе анаэробного герметика АН-111: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.03: / Малюгин В. А. – Мичуринск, 2019. – 169 с.

20. ГОСТ 18249-72. Пластмассы. Метод определения вязкости разбавленных растворов полимеров. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 6 с.

21. ГОСТ 12423-66. Пластмассы. Условия кондиционирования и испытания образцов (проб). – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 6 с.

22. ГОСТ 14236-81. Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 10 с.

23. ГОСТ 9.407-84. Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 8 с.

References

1. Kononenko A.S., Dmitrakov K.G. Povyshenie stojkosti polimernyh kompozitov holodnogo otverzhdeniya k vozdejstviyu rabochih zhidkostej ispol'zovaniem nanomaterialov // Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal. 2015. № 1. S. 89–94.

2. ZHachkin S.YU., Pen'kov N.A., Mandrykin I.A., Belencov V.G. Intensifikaciya vosstanovleniya detalej sel'hozmashin dispersno-uprochnennym kompozitnym pokrytiem na osnove hroma // Innovacii v sel'skom hozyajstve. 2019. №3 (32) . S. 49-54.

3. Kolomejchenko, A.V. Tekhnologiya vosstanovleniya s uprochneniem detalej mashin na osnove primeneniya mikrodugovogo oksidirovaniya / Kolomejchenko A.V., Kravchenko I.N., Puzryakov A.F., Logachyov V.N., Titov N.V. Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. 2014. № 10. S. 16-21.

4. Tekhnologii vosstanovleniya i uprochneniya detalej avtotraktornoj tekhniki / R.I. Li // Lipeck : Izd-vo LGTU, 2014. – 379 s.

5. Li, R. I. Polimernye kompozicionnye materialy dlya fiksacii podshipnikov kacheniya v uzlah mashin monografiya / R.I. Li. – Lipeck: Izd-vo Lipeckogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2017. − 224 s.

6. Uglerodnyj nanomaterial "Taunit" // Nanometr URL: http://www.nanometer.ru/2009/09/25/taunit_157057.html

7. Polimernye nanokompozity : mnogoobrazie strukturnyh form i prilozhenij / A.K. Mikitaev, G.V. Kozlov, G.E. Zaikov; In-t biohim. fiziki im. N.M. Emanuelya RAN. – M. : Nauka, 2009. – 278 s.

8. Li, R.I. Usloviya formirovaniya ravnomernogo polimernogo pokrytiya na naruzhnoj poverhnosti vrashchayushchejsya cilindricheskoj detali / R.I. Li // Klei. Germetiki. Tekhnologii – 2015. – №4. – S. 33-38.

9. R. I. Li, M. R. Kiba. Production Technology of Metallopolymer Rolling Bearings. ISSN 1995_4212, Polymer Science, Series D. Glues and Sealing Materials, 2016, Vol. 9, No. 2, pp. 161–164.

10. Mashin, D. V. Povyshenie effektivnosti vosstanovleniya posadochnyh otverstij v korpusnyh detalyah sel'skohozyajstvennoj tekhniki kompoziciej na osnove elastomera F – 40S: dis. ... kand. tekhn. nauk / Mashin D. V. – Michurinsk, 2013. – 149 s.

11. Li, R.I. Perspektivnyj polimernyj material dlya vosstanovleniya korpusnyh detalej mashin [Tekst] / Li R.I., Psarev D. N., Mironenko A. V., Kiba M. R. // Klei. Germetiki. Tekhnologii. – № 5. 2017. – S. 34-37.

12. R. I. Li, D. N. Psarev, M. R. Kiba. Teoretical Concerns in Selection of Metall Nanosized Fillers for the F-40 Elastomer Composition. ISSN 1995_4212, Polymer Science, Series D. Glues and Sealing Materials, 2019, Vol. 12, No. 1, pp. 15-19.

13. R. I. Li, D. N. Psarev, V. A. Malyugin. A Polymeric Nanocomposite for Fixing Bearings during Assembly and Repair of Equipment. ISSN 1995_4212, Polymer Science, Series D, 2019, Vol. 12, No. 3, pp. 261-265.

14. Agranat, B. A. Ul'trazvukovaya tekhnologiya / uchebnoe posobie / B. A. Agranat [i dr.]. – Moskva.: izd-vo «Metallurgiya»,1974. – 503 s.

15. Kolesnikov, A. A. Povyshenie kachestva vosstanovleniya korpusnyh detalej avtomobilej polimernymi kompozicionnymi materialami posle ul'trazvukovoj obrabotki: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.10: / Kolesnikov A. A. – Orel, 2017. – 179 s.

16. Agranat, B.A. Osnovy fiziki i tekhniki ul'trazvuka / ucheb. posobie dlya vuzov / B. A. Agranat [i dr.]. – M. : Vyssh. shk., 1987. – 352 s.

17. Bronin, F. A. Issledovanie kavitacionnogo razrusheniya i dispergirovaniya tverdyh tel v ul'trazvukovom pole vysokoj intensivnosti: dis. …kand. tekhn. nauk. / Bronin F. A. – M., 1966. – 264 s.

18. Mironenko, A. V. Povyshenie dolgovechnosti rolikopodshipnikovyh uzlov v korpusnyh detalyah avtomobilej, vosstanovlennyh kompoziciej adgeziva AN-110: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.10: / Mironenko A. V. – Orel, 2017. – 179 s.

19. Malyugin, V. A. Vosstanovlenie posadok podshipnikov kacheniya avtomobilej nanokompozitom na osnove anaerobnogo germetika AN-111: dis. ...kand. tekhn. nauk: 05.20.03: / Malyugin V. A. – Michurinsk, 2019. – 169 s.

20. GOST 18249-72. Plastmassy. Metod opredeleniya vyazkosti razbavlennyh rastvorov polimerov. – M.: Izd-vo standartov, 1974. – 6 s.

21. GOST 12423-66. Plastmassy. Usloviya kondicionirovaniya i ispytaniya obrazcov (prob). – M.: Izd-vo standartov, 1989. – 6 s.

22. GOST 14236-81. Plenki polimernye. Metod ispytaniya na rastyazhenie. – M.: Izd-vo standartov, 1982. – 10 s.

23. GOST 9.407-84. Pokrytiya lakokrasochnye. Metod ocenki vneshnego vida. – M.: Izd-vo standartov, 1984. – 8 s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Ли Роман Иннакентьевич – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Липецкий государственный технический университет», Россия, г. Липецк, e-mail: romanlee@list.ru.

Псарев Дмитрий Николаевич – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г. Мичуринск, e-mail: psarev_380@mail.ru.

Киба Мария Романовна – старший преподаватель Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Россия, г. Санкт-Петербург, e-mail: damsel_91@mail.ru.

Мельников Антон Юрьевич – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Липецкий государственный технический университет», Россия, г. Липецк, e-mail: reks1r@yandex.ru

Author credentials

Affiliations

Li Roman – Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Lipetsk State Technical University”, e-mail: romanlee@list.ru.

Psarev Dmitry – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Michurinsk state agrarian University”, Russia, Michurinsk, e-mail: psarev_380@mail.ru.

Kiba Maria – Candidate of Technical Sciences, assistant of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “St. Petersburg State University of Architecture and Construction”, Russia, St. Petersburg, e-mail: loseroff@mail.ru.

Melnikov Anton – graduate student of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Lipetsk State Technical University”, e-mail: reks1r@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 05.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 16.08.2021

УДК 621.892.2
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-115-123

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС ВНЕДРЕНИЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПОВЕРХНОСТЬ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ И ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ ПОЛИМЕРОВ

[1]Воронин Николай Владимирович
[1]Филатов Иван Сергеевич
[1]Родионов Юрий Викторович
[1]Никитин Дмитрий Вячеславович
[1]Махмуд Мохаммед Али Сами

[1]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
ТОГБПОУ «Приборостроительный колледж»

Реферат. *Ряд деталей сельскохозяйственной техники изготовляется из термопластичных материалов, одним из основных недостатков которых является недостаточная стойкость поверхности к трению при длительной работе. Для решения данной проблемы предлагается внедрение в трущиеся участки поверхности деталей из полимерных материалов частиц металла, обладающего гораздо большей износостойкостью и твердостью. Исследовали влияние параметров процесса внедрения ферромагнитных частиц железа, никеля и кобальта в поверхностный слой образцов из полипропилена. Использовано совместное воздействие внешнего теплового потока, направленного на модифицируемую поверхность полимера, и магнитного поля, действующего с обратной стороны поверхности полимера. Показано влияние расстояния от среза сопла теплогенератора до поверхности полимера, температуры, скорости движения потока нагретого воздуха и напряженности магнитного поля на поверхностную плотность распределения частиц в поверхностном слое полипропилена. Установлены наиболее эффективные*

параметры процесса магнито-термического насыщения поверхности образцов из полипропилена: напряженность магнитного поля H=42 кА/м, температура на срезе сопла $T_{нагр}$=230°С, расстояние от среза сопла до образца 80 мм, сила тока I=4 А, напряжение U=10 В. Показана принципиальная возможность получения армированного ферромагнетиком поверхностного слоя в изделиях из термореактивных полимеров непосредственно в процессе их изготовления. Указаны дальнейшие пути совершенствования данной технологии и области ее применения.

Ключевые слова: *трение, износ, полимерные материалы, поверхностное упрочнение, магнитотермия.*

THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE PROCESS OF INTRODUCING FERROMAGNETIC MATERIALS INTO THE SURFACE OF THERMOPLASTIC AND THERMOSETTING POLYMERS FOR AGRICULTURAL MACHINERY PARTS

[1]Voronin Nikolay
[1]Filatov Ivan
[1]Rodionov Yuri
[1]Nikitin Dmitry
[1]Mahmood Mohammed Ali Sami
[1]FSBEI HE "Tambov state technical university"
[2]Instrument making College

Abstract. *A number of parts of agricultural machinery are made of thermoplastic materials, one of the main disadvantages of which is the insufficient resistance of the surface to friction during long-term operation. The introduction of metal particles with a much higher wear resistance and hardness into the rubbing areas of the surface of parts made of polymeric materials is proposed to solve this problem. The influence of the parameters of the process of introducing ferromagnetic particles of iron, nickel and cobalt into the surface layer of polypropylene samples was investigated. A combined effect of an external heat flux directed at the modified polymer surface and a magnetic field acting on the reverse side of the polymer surface was used. The influence of the distance from the cutoff of the heat generator nozzle to the polymer surface, temperature, speed of heated air flow and magnetic field intensity on the surface density of the distribution of particles in the surface layer of polypropylene is shown. The most effective parameters of the process of magneto-thermal saturation of the surface of polypropylene samples were established: magnetic field strength H = 42 kA / m, temperature at the nozzle exit T heat = 230 °C, distance from the nozzle exit to the sample 80 mm, current I = 4 A, voltage U = 10 V. The fundamental possibility of obtaining a surface layer reinforced with a ferromagnet in articles made of thermosetting polymers directly in the process of their manufacture is shown. Further ways of improving this technology and areas of its application are indicated.*

Keywords*: friction, wear, polymer materials, surface hardening, magnetic thermia.*

Введение. В настоящее время ряд деталей сельскохозяйственной техники изготовляются из термопластичных материалов - это, в частности, втулки звездочек сеялки СКП-2.1, лопатки рабочих колес жидкостнокольцевых вакуум-насосов и т.д. [3-4,8-10]. Одним из основных недостатков деталей из полимерных материалов является недостаточная стойкость поверхности к трению при длительной работе. Это ведет к необходимости частой смены быстроизнашивающихся узлов, переводя их в разряд «расходников» и влечет за собой частую сборку-разборку узлов и механизмов, снижая общую надежность техники. Для решения данной проблемы предлагается внедрение в трущиеся участки поверхности деталей из полимерных материалов частиц металла, обладающего гораздо большей износостойкостью и твердостью по отношению к практически любым термопластичным полимерам.

Цель работы. В данной работе рассматривается практическая возможность осуществления метода упрочнения поверхности деталей из термопластических материалов и показываются степени влияния основных технологических параметров метода на процесс активного внедрения металлических частиц в их поверхность.

Материалы и методы. Изучением различных свойств полимерных материалов и путей улучшения их эксплуатационных характеристик занимается большое количество как зарубежных, так и отечественных ученых, среди которых Баронин Г.С., Кербера М.Л. и других [3-7]. Температура структурной деструкции наиболее широко применяемых в промышленности и технике термопластичных полимеров не превышает 150 °С. В то же время удельная теплоемкость термопластов составляет 1,93-2,9 кДж/(кг·°С), коэффициент теплопроводности – 0,1-0,35 Вт/(м·°С), а удельная теплоемкость конструкционных металлов и сплавов металлов и сплавов – 0,1-2 кДж/(кг·°С), коэффициент теплопроводности имеет очень широкий диапазон – 15-550 Вт/(м·°С). Все это ведет к тому, что в случае нагрева тепловым потоком извне дисперсных и ультрадисперсных металлических частиц, помещенных на поверхность термопластичного полимера, до температуры выше температуры его размягчения, эти частицы вплавятся в полимерную поверхность и после остывания надежно зафиксируются в ней за счет обхватывания их остывшим термопластом [1-3, 8-10].

Вместе с этим необходимо обеспечить четкое расположение этих частиц и создать дополнительное усилие для внедрения их в поверхность. В связи с этим в настоящей работе было использовано совместное воздействие внешнего теплового потока, направленного на модифицируемую поверхность полимера, и магнитного поля, действующего с обратной стороны поверхности полимера.

Естественно, в качестве металлов для упрочнения возможно использовать явно выраженные ферромагнетики – железо, никель и кобальт.

Экспериментальная установка для прототипирования технологии показана на рисунке 1.

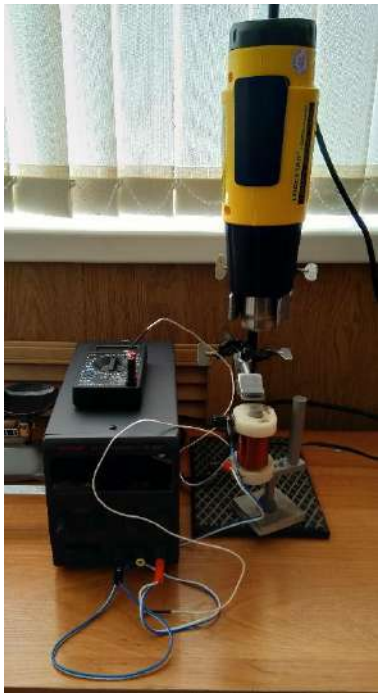


Рисунок 1 – Экспериментальная установка для прототипирования технологии магнито-термического упрочнения.

Она состоит из вертикальной штанги с установленными на ней держателями генератора теплового потока, держателя модифицируемых образцов, катушки-электромагнита и регулируемого источника постоянного тока для питания катушки. Генератор теплового потока и образец полимера могут перемещаться в широких диапазонах относительно друг друга и электромагнита. Генератор теплового потока имеет трехступенчатую настройку расхода воздуха и

электронную настройку температуры. Температура в месте контакта металлических частиц и поверхности полимера измерялась электронным термометром с термопарой типа ХК.

В качестве внедряемого материала в настоящей работе использовались порошок никеля ПНК-УТ3 с размерностью частиц 40 и 20 мкм. Данный порошок внедрялся в поверхность образцов из полипропилена «Бален 01270» в виде квадратов со стороной 30 мм и толщиной 1,4 мм, что обеспечивает четкую фиксацию образцов в держателе и позволяет провести насыщение поверхности металлом в любой удобной точке. С целью повышения свободной энергии поверхности образцы матировались до шероховатости поверхности Rz40…Rz80.

На первом этапе экспериментов образцы располагались на сердечнике электромагнита с целью максимального использования энергии магнитного поля, в поверхность внедрялся порошок никеля размерностью 40 мкм, подаваемая на многослойную катушку мощность составляла в среднем 40 Вт (таблица 1), что обеспечивало среднюю напряженность магнитного поля на поверхности образца 42 кА/м, намагничивающая сила катушки составила 1920 А-в.

Таблица 1 – Значения параметров режимов магнито-термической обработки

№ п/п	Материал образца	Расст. от сопла до образца, мм	Температура нагревателя $T_{нагр}$, °С	Температура в месте контакта порошка с образцом $T_{обр}$, °С	Сила тока катушки, А	Напряжение катушки, В	Размерность порошка никеля, мкм
1	Полипропилен	50	170	155	4	10	40
2		50	170	140	4,03	8,7	40
3		50	190	155	4,5	10,3	40
4		50	210	180	4	10	40
5		50	240	210	4,7	10,2	40
6		50	210	195	4,5	10,5	40
7		50	230	210	4	10,5	40
8		50	230	212	4,2	10	40
9		50	230	210	1,1	2,5	40
10		50	220	210	1	2,2	40
11		80	230	202	4	9,7	40
12		80	240	209	4	8,5	20

Результаты и их обсуждение. Перед началом эксперимента были определены зависимости скорости воздушного потока, выдаваемого тепловым генератором на различных режимах, измерения проводились ручным чашечным анемометром. Зависимости скорости воздуха от расстояния до среза сопла на трех стандартных режимах теплогенератора приведены на рисунке 2.

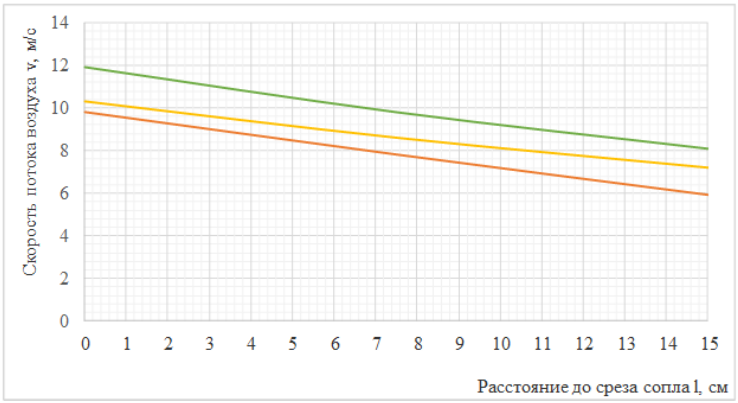


Рисунок 2 – Зависимости скорости воздуха от расстояния до среза сопла на трех стандартных режимах работы источника теплоты

Проведенные эксперименты показали, что оптимальным является расстояние в 80 мм на первой ступени подачи воздуха, что соответствует скорости воздуха в 7,5 м/с. На больших расстояниях недостаточность теплового потока приводила к нестабильности распределения частиц в намагничиваемой области. Меньшее расстояние вело к чрезмерному потоку воздуха, вызывающему эффект заплавления технологической шероховатости поверхностного слоя полимера, повышению поверхностного натяжения и невозможности вплавления дисперсных частиц металла в поверхность.

Несмотря на малую толщину образцов, наблюдался существенный отвод тепла в железный сердечник соленоида. Как следствие, внедрение частиц непосредственно в намагничиваемую область было затруднительно. В то же время на периферии наблюдалось подплавление поверхности с ясно различаемыми вкраплениями металлического порошка (рисунок 3).

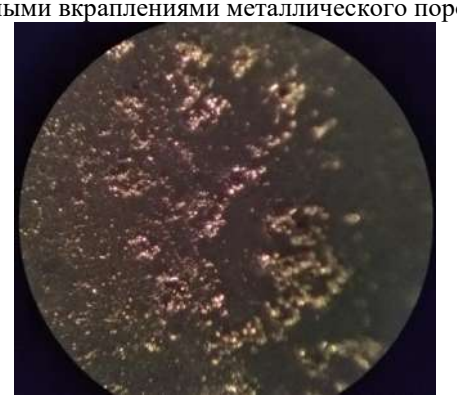


Рисунок 3 – Микроструктура поверхности образца.

Для стабилизации расположения частиц на поверхности расстояние от теплогенератора до поверхности было увеличено до 80 мм, скорость истечения воздуха составила на первой ступени 7,5 м/с. Это дало возможность избавиться от подплавления периферии и получить стабильное распределение частиц порошка по поверхности. В то же время вследствие теплоотвода на сердечник магнита оставалась нестабильность распределения внедренных частиц в намагничиваемой области. Для решения задачи был создан зазор в 1,5 мм между нижней поверхностью образца и сердечником. Плотность магнитного поля уменьшилась несущественно, но отсутствие теплоотвода дало равномерный прогрев поверхности и стабильную плотность распределения внедренных частиц (рисунок 4).

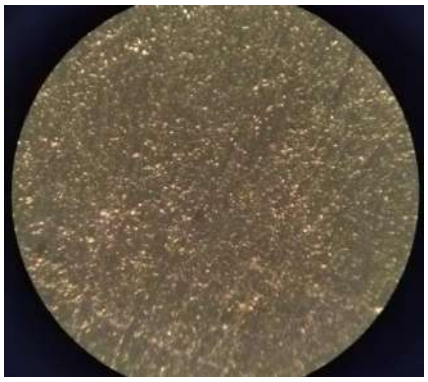


Рисунок 4 – Микроструктура поверхности образца.

Воздействие на поверхность небольшим усилием трения не выявило при последующем микроскопическом исследовании вырывания частиц с поверхности, что можно считать положительным результатом.

Анализируя изменение массы образцов (талица 2), можно судить о количестве внедряемого в поверхность полимеров металла и о средней плотности распределения частиц (площадь намагничиваемой поверхности и дисперсность частиц порошка оставались неизменны).

Таблица 2 – Изменение массы образцов после обработки

№ п/п	Начальная масса образца, г	Масса образца после обработки, г	Размерность порошка никеля, мкм
1	2,42	2,45	40
2	2,20	2,20	40
3	2,20	2,22	40
4	2,20	2,25	40
5	2,10	2,15	40
6	2,50	2,57	40
7	2,00	2,11	40
8	1,90	2,15	40
9	2,00	2,20	40
10	2,30	2,45	40
11	1,80	1,97	40
12	2,10	2,17	20

Таким образом, наиболее эффективным можно считать следующие параметры процесса магнито-термического насыщения поверхности образцов из полипропилена: напряженность магнитного поля H=42 кА/м, температура на срезе сопла $T_{нагр}$=230°C, расстояние от среза сопла до образца 80 мм, сила тока I=4 А, напряжение U=10 В. Это дает температуру материала на поверхности контакта с порошком 200°C, однако при этом отсутствовало заметное размягчение образца.

В случае модификации поверхности термореактивных полимеров отсутствует необходимость нагрева поверхности, так как ферромагнитный порошок внедряется в нее непосредственно в процессе изготовления изделия. Поэтому для проведения эксперимента использовалась только магнитная система из предыдущего эксперимента. В качестве термореактивного полимера использовался двухкомпонентный состав ЭДП на основе эпоксидной смолы. Суть эксперимента заключалась в получении детали с размерами и формой, соответствующей внутренней поверхности стальной формы. Частицы порошка удерживались на внутренней поверхности формы магнитным полем напряженностью H = 42 кА/м. Подготовленный состав внедрялся в форму под давлением до полного ее заполнения. После извлечения образца из формы была проведена оценка изменения массы и под микроскопом изучена полученная поверхность (рисунок 5).

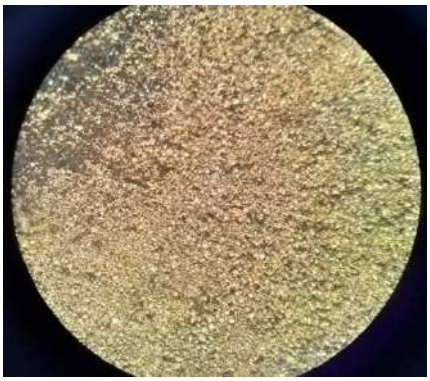


Рисунок 5 – Микроструктура поверхности образца термореактивного полимера магнито-термического воздействия. Увеличение 100х.

Выяснено, что при удельном давлении 5 кг/см^2 в процессе запрессовки процент площади занимаемой порошком поверхности составляет не менее 95%, т.е. весь порошок внедрился в поверхность. Также было проведено абразивное воздействие на поверхность трением ее по поверхности детали из дюралюминия Д16 с удельным усилием 1 кг/см^2 и скоростью 10 см/сек. После 10-секундного абразивного воздействия измерение массы и структуры показало отсутствие изменения массы у полимерного образца и неизменную плотность распределения частиц порошка.

Это показывает достаточную прочность удержания частиц на поверхности. Изучение под микроскопом поверхности дюралюминия выявило следы абразивного износа, т.е. по факту поверхностная твердость полимера практически равна поверхностной твердости внедренного порошка (рисунок 6).

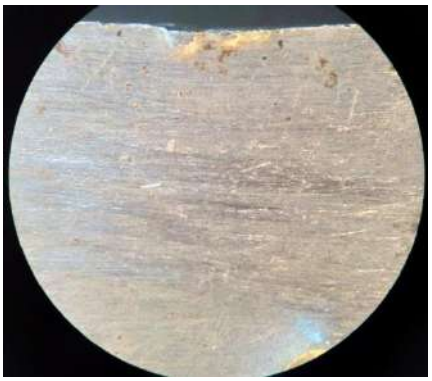


Рисунок 6 – Поверхность образца из дюралюминия после абразивного воздействия армированного образца. Увеличение 30х.

Разрабатываемая технология позволит улучшить эксплуатационные характеристики различных деталей маши и оборудования АПК – зубчатых колес, уплотнений, лопаток жидкостнокольцевых вакуум-насосов и т.д. В настоящее время активно проводятся дополнительные исследования, направленные на расширение сферы применения данной технологии и отработку процесса внедрения значительно более мелкодисперсных частиц ферромагнетика и металлизацию поверхности образцов термопластичных и термореактивных полимеров [8-10].

Выводы. Показана возможность применения новой технологии поверхностного упрочнения деталей из полимерных материалов, сочетающий в себе совместное действие магнитного и термического полей для диффузии частиц металлического порошка внутрь поверхности полимера. Для этого в работе был применен порошок никеля (средний размер частиц порошка – 40 мкм). В процессе проведения экспериментов было установлено, что температура поверхности в процессе ее металлизации должна быть не менее 100°С, а индукция магнитного поля – не менее 650 Гс. В случае металлизации поверхности изделий из термореактивных полимеров было установлено, что напряженность магнитного поля, удерживающая внедряемый порошок на поверхности формы, должна быть не менее 20 кА/м, чтобы исключить как самопроизвольное смещение порошка, так и в его движение при воздействии вязкого реактопласта на стенки формы.

Намечены направления дальнейших экспериментальных исследований для практического применения разрабатываемой технологии, разрабатывается математическая модель, описывающая происходящие процессы.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ №20-33-90298/20, конкурс «Аспиранты», 2020г.

Список литературы

1. Н. В. Воронин, Ю. В. Родионов, И. С. Филатов, Д. В. Никитин. Современное состояние использования и производства деталей и узлов из полимеров для техники агропромышленного комплекса // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции "Цифровизация агропромышленного комплекса". В 2-х т. - Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – Том 2, стр. 29-34.

2. Воронин Н.В., Родионов Ю.В., Никитин Д.В., Филатов И.С. Влияние шероховатости поверхности конструкционных материалов на их биологическую и коррозионную активность. // Сборник научных трудов Седьмой Международной научно-практической конференции СЭТТ-2020. - М.: ООО "Мегаполис", 2020. - С. 196-200.

3. Баронин Г.С., Бузник В.М., Мищенко С.В., Родионов Ю.В., Воробьев Ю.В., Ушаков Н.В., Завражин Д.О., Кобзев Д.Е., Кузьмин А.П., Хрущев С.П., Воронин Н.В. Полимерные нанокомпозиты и изделия на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (свмпэ), полученные

объемной штамповкой в твердой фазе / В сборнике: Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент Материалы VIII Международной научно-инновационной молодёжной конференции. 2016. С. 28-33.

4. Костенко В.А., Бичевий Л.С., Горбаткина Ю.А., Корохин Р.А., Кербер М.Л., Иванова-Мумжиева В.Г., Горбунова И.Ю. Адгезионные свойства эпоксидного олигомера, модифицированного смесью двух термопластов // Клеи. Герметики. Технологии. 2019. № 9. С. 10-15.

5. Kobzev D.Y., Kombarova P.V., Blokhin A.N., Tarov V.P., Baronin G.S. Resource-saving production technology of products made of polymeric material: problem and solution // / В сборнике: 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2018 Conference proceedings. 2018. С. 275-280.

6. D. D. L. Chung. Thermoelectric polymer-matrix structural and nonstructural composite materials. Advanced Industrial and Engineering Polymer Research. Volume 1, Issue 1. October 2018, Pages 61-65. https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2018.04.001

7. Junjie Chen, Baofang Liu, Xuhui Gao. Thermal properties of graphene-based polymer composite materials: A molecular dynamics study. Results in Physics, Volume 16, March 2020, Article 102974. https://doi.org/10.1016/j.rinp.2020.102974

8. Родионов Ю.В., Никитин Д.В., Махмуд М.А.С., Горюшин Р.С. Конструктивные пути и принципы автоматизации повышения эффективности жидкостно-кольцевых вакуум-насосов // В сборнике: Научные достижения высшей школы 2020. сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса. Петрозаводск, 2020. С. 99-105.

9. Родионов Ю.В., Селиванов Ю.Т., Никитин Д.В., Сычев М.В., Комбарова П.В. Новая конструкция жидкостнокольцевого вакуумного насоса // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2019. № 6. С. 22-25.

10. Воронин Н.В., Родионов Ю.В., Скоморохова А.И., Никитин Д.В., Галкин П.А., Филатов И.С. Теоретические исследования контактных и изгибных напряжений лопаток рабочего колеса и корпуса жидкостнокольцевого вакуумного насоса из полимеров // Наука в центральной России. 2020. № 3 (45). С. 85-97.

References

1. N. V. Voronin, YU. V. Rodionov, I. S. Filatov, D. V. Nikitin. Sovremennoe sostoyanie ispol'zovaniya i proizvodstva detalej i uzlov iz polimerov dlya tekhniki agropromyshlennogo kompleksa // Sbornik trudov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii "Cifrovizaciya agropromyshlennogo kompleksa". V 2-h t. - Tambov: Izdatel'skij centr FGBOU VO «TGTU», 2020. – Tom 2, str. 29-34.

2. Voronin N.V., Rodionov YU.V., Nikitin D.V., Filatov I.S. Vliyanie sherohovatosti poverhnosti konstrukcionnyh materialov na ih biologicheskuyu i korrozionnuyu aktivnost'. // Sbornik nauchnyh trudov Sed'moj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii SETT-2020. - M.: OOO "Megapolis", 2020. - S. 196-200.

3. Baronin G.S., Buznik V.M., Mishchenko S.V., Rodionov YU.V., Vorob'ev YU.V., Ushakov N.V., Zavrazhin D.O., Kobzev D.E., Kuz'min A.P., Hrushchev S.P., Voronin N.V. Polimernye nanokompozity i izdeliya na osnove sverhvysokomolekulyarnogo polietilena (svmpe), poluchennye ob"emnoj shtampovkoj v tverdoj faze / V sbornike: Sovremennye tverdofaznye tekhnologii: teoriya, praktika i innovacionnyj menedzhment Materialy VIII Mezhdunarodnoj nauchno-innovacionnoj molodyozhnoj konferencii. 2016. S. 28-33.

4. Kostenko V.A., Bichevij L.S., Gorbatkina YU.A., Korohin R.A., Kerber M.L., Ivanova-Mumzhieva V.G., Gorbunova I.YU. Adgezionnye svojstva epoksidnogo oligomera, modificirovannogo smes'yu dvuh termoplastov // Klei. Germetiki. Tekhnologii. 2019. № 9. S. 10-15.

5. Kobzev D.Y., Kombarova P.V., Blokhin A.N., Tarov V.P., Baronin G.S. Resource-saving production technology of products made of polymeric material: problem and solution // / V sbornike: 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2018 Conference proceedings. 2018. S. 275-280.

6. D. D. L. Chung. Thermoelectric polymer-matrix structural and nonstructural composite materials. Advanced Industrial and Engineering Polymer Research. Volume 1, Issue 1. October 2018, Pages 61-65. https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2018.04.001

7. Junjie Chen, Baofang Liu, Xuhui Gao. Thermal properties of graphene-based polymer composite materials: A molecular dynamics study. Results in Physics, Volume 16, March 2020, Article 102974. https://doi.org/10.1016/j.rinp.2020.102974

8. Rodionov YU.V., Nikitin D.V., Mahmud M.A.S., Goryushin R.S. Konstruktivnye puti i principy avtomatizacii povysheniya effektivnosti zhidkostno-kol'cevyh vakuum-nasosov // V sbornike: Nauchnye dostizheniya vysshej shkoly 2020. sbornik statej Mezhdunarodnogo nauchno-issledovatel'skogo konkursa. Petrozavodsk, 2020. S. 99-105.

9. Rodionov YU.V., Selivanov YU.T., Nikitin D.V., Sychev M.V., Kombarova P.V. Novaya konstrukciya zhidkostnokol'cevogo vakuumnogo nasosa // Himicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. 2019. № 6. S. 22-25.

10. Voronin N.V., Rodionov YU.V., Skomorohova A.I., Nikitin D.V., Galkin P.A., Filatov I.S. Teoreticheskie issledovaniya kontaktnyh i izgibnyh napryazhenij lopatok rabochego kolesa i korpusa zhidkostnokol'cevogo vakuumnogo nasosa iz polimerov // Nauka v central'noj Rossii. 2020. № 3 (45). S. 85-97.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Воронин Николай Владимирович – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: voronin.nikolay.1994@yandex.ru

Филатов Иван Сергеевич – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: ridder@mail.ru

Родионов Юрий Викторович – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, rodionow.u.w@rambler.ru.

Никитин Дмитрий Вячеславович – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: dmitryndv@gmail.com.

Махмуд Мохаммед Али Сами – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: mr.mohammedali1993@gmail.com.

Author credentials

Affiliations

Voronin Nikolay – post graduate student of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: voronin.nikolay.1994@yandex.ru.

Philatov Ivan – Candidate of Technical Sciences, associate professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, email: ridder@mail.ru.

Rodionov Yury – Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru.

Nikitin Dmitry – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: vacuum2008@yandex.ru.

Mahmood Mohammed Ali Sami – post graduate student of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: voronin.nikolay.1994@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 12.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 19.08.2021

УДК 665.11
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-124-137

РАСЧЁТ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА, СИНТЕЗИРОВАННОГО ИЗ ЖИДКИХ И ТВЁРДЫХ ЖИРОВ

[1]Романцова Светлана Валерьевна
[1]Гладышева Ирина Владимировна
[1]Вервекина Наталья Владимировна
[2]Нагорнов Станислав Александрович
[2]Ликсутина Анна Павловна
[3]Романцов Сергей Николаевич
[1]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина»
[2]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
[3]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Реферат. *Удешевить биодизельное топливо можно путем использования в качестве сырья жировых отходов и автоматизации процесса синтеза. Для создания программ, эффективно управляющих технологическим процессом, подбирающих оптимальные режимы работы и оптимальный состав сырья для синтеза, необходимо иметь функциональные зависимости, учитывающие влияние особенностей строения молекул биодизельного топлива на его основные физико-химические характеристики. Установлено, что биодизельное топливо, синтезированное из твёрдых отходов жирового производства, не всегда можно использовать в качестве самостоятельного топлива для дизельного двигателя из-за высокой вязкости. Но его добавление к нефтяному топливу улучшает эксплуатационные и экологические свойства последнего. Происходит увеличение цетанового числа и высшей теплоты сгорания топлива, благодаря высокому содержанию эфиров высших предельных карбоновых кислот без увеличения скорости окислительных процессов при хранении. Добавление до 40 об. % такого биодизельного топлива не увеличивает значения плотности и вязкости у смесевого топлива выше нормируемых. Проанализирована работоспособность ряда функциональных зависимостей для расчёта плотности, вязкости, йодного и цетанового чисел и теплотворной способности биодизельного топлива в зависимости от молекулярной массы и числа двойных связей в его молекулах. Сделан вывод, что рассматриваемые формулы можно использовать для технологических расчётов, учитывая, что расчёт для топлив с высоким содержанием эфиров высокомолекулярных кислот даёт завышенное значение цетанового числа. Предложены формулы для определения вязкости и плотности биодизельного топлива. В отличие от ранее известных формул, расчётные значения для биодизельных топлив, синтезированных из растительных масел, соответствуют температуре, нормируемой ГОСТ Р 53605-2009. Погрешность вычисления вязкости не превышает 5 %, плотности – 1,5 %. Установлено, что расчётные формулы не подходят для определения вязкости и плотности биодизельных топлив, синтезированных их твёрдых жиров с высоким содержанием эфиров высших предельных кислот.*

Ключевые слова*: биодизельное топливо, плотность, кинематическая вязкость, йодное число, цетановое число, степень непредельности.*

CALCULATION OF PHYSICO-CHEMICAL AND OPERATIONAL CHARACTERISTICS BIODIESEL FUELS SYNTHESIZED FROM LIQUID AND SOLID FATS

[1]Romantsova Svetlana
[1]Gladysheva Irina
[1]Vervekina Natalia
[2]Nagornov Stanislav
[2]Lixutina Anna

[3]***Romantsov Sergey***
[1]*FSBEI HE "Tambov State University named after G.R. Derzhavin"*
[2]*All-Russian Scientific and Research Institute of Use of Techniques and Oil Products in Agriculture*
[3]*FSBEI HE «Tambov State Technical University»*

Abstract. *It is possible to reduce the cost of biodiesel fuel by using fat waste as raw materials and automating the synthesis process. Functional dependencies, taking into account the influence of the structural features of biodiesel fuel molecules on its basic physicochemical characteristics, must be available to create programs that effectively control the technological process, select the optimal operating modes and the optimal composition of raw materials for synthesis. It was found that biodiesel fuel synthesized from solid waste of fat production cannot always be used as an independent fuel for a diesel engine due to its high viscosity. But its addition to fuel oil improves the operational and environmental properties of the latter. An increase in the cetane number and higher heat of combustion of the fuel occurs due to the high content of esters of higher saturated carboxylic acids without increasing the rate of oxidative processes during storage. Adding up to 40 vol. % of such biodiesel fuel does not increase the density and viscosity of the composite fuel above the standard values. The performance of a number of functional dependencies for calculating the density, viscosity, iodine and cetane numbers and calorific value of biodiesel fuel, depending on the molecular weight and the number of double bonds in its molecules, has been analyzed. It is concluded that the considered formulas can be used for technological calculations, taking into account that the calculation for fuels with a high content of esters of high molecular weight acids gives an overestimated value of the cetane number. Formulas for determining the viscosity and density of biodiesel fuel are proposed. The calculated values for biodiesel fuels synthesized from vegetable oils correspond to the temperature standardized by GOST R 53605-2009, in contrast to the previously known formulas. The error in calculating the viscosity does not exceed 5%, the density - 1.5%. It was found that the calculation formulas are not suitable for determining the viscosity and density of biodiesel fuels, synthesized from their solid fats with a high content of esters of higher saturated acids.*

Key words*: biodiesel fuel, density, kinematic viscosity, iodine number, cetane number, degree of unsaturation.*

Введение. С каждым годом потребность в топливах для совершенствующихся двигателей внутреннего сгорания увеличивается. При этом и вопросы охраны окружающей среды от разливов топлив и выбросов вредных веществ, содержащихся в отработавших газах, становятся всё более актуальными. Совокупность этих проблем стимулирует поиск как более совершенных процессов переработки нефти, так и новых компонентов для топливных смесей, в том числе ненефтяного происхождения (например, синтезируемых из возобновляемого сырья и подвергающихся биоразложению) [1-2]. От разработки и внедрения высокоэффективных машин зависит и развитие агропромышленного комплекса страны. Его глубокое техническое перевооружение является одной из задач, с решением которой связана и разработка экологически чистого и высокоэффективного моторного топлива, прежде всего дизельного.

Добиться улучшения экологических характеристик дизельного топлива можно модернизацией процесса переработки нефти, например, введением дополнительных операций гидроочистки. Однако при этом ухудшаются противоизносные свойства топлива и снижается цетановое число. Эффективным способом их улучшения является создание топливной смеси, содержащей нефтяное и биодизельное топливо.

Сложноэфирные молекулы биодизельного топлива по своему строению отличаются от углеводородов нефтяного топлива. В них нет атомов серы и ароматических фрагментов, но при этом присутствует два атома кислорода. Это позволяет добиться более полного сгорания топлива в двигателе, снизить выбросы токсичных веществ в атмосферу с отработавшими газами; увеличить цетановое число топлива и улучшить его смазывающие свойства. Молекулы биодизельного топлива легче разлагаются природными агентами, например, бактериями и имеют высокую температуру вспышки, что облегчает его хранение и транспортировку [3-4].

Один из основных недостатков биодизельного топлива – его высокая себестоимость, определяемая, в первую очередь, ценой исходного сырья. [4-5]. Сырьём для синтеза биодизельного топлива являются молекулы триацилглицеринов, входящие в состав любых жиров.

По реакции переэтерификации между триацилглицеринами и низкомолекулярными алифатическими спиртами и образуются сложные эфиры высших алифатических кислот – молекулы биодизельного топлива. Использование в качестве сырья для производства биодизельного топлива сельскохозяйственных масличных культур не целесообразно, т.к. они имеют пищевое значение. Больший интерес представляют несъедобные или малопригодные в пищу культуры. Так, ранее нами была подтверждена возможность использования для синтеза биодизельного топлива масло рыжика, который является непищевым маслом, обладающим рядом преимуществ возделывания: короткий период вегетации, засухоустойчивость, высокая устойчивость к вредителям, низкая требовательность к плодородию почвы и увлажнению. Его выращивание возможно в большем числе регионов, оно дешевле и экологичнее за счёт исключения пестицидов и инсектицидов [6-7].

Более дешёвым сырьём непищевого назначения для синтеза биодизельного топлива могут быть как жидкие, так и твёрдые жировые отходы (прежде всего, образующиеся на предприятиях пищевой промышленности). Использование таких отходов в качестве сырья для производства компонентов топливной смеси будет более эффективным способом утилизации, чем вывоз и дальнейшее захоронение.

В себестоимость биодизельного топлива входят также и затраты на технологический процесс его синтеза. Есть различные способы снижения второй составляющей, один из них – автоматизация всего процесса синтеза, создание программ, позволяющих более эффективно управлять технологическим процессом синтеза биодизельного топлива, подбирать оптимальные режимы работы и оптимальный состав сырья для синтеза. Для этого необходимо иметь функциональные зависимости (формулы), учитывающие влияние особенностей строения молекул биодизельного топлива на его основные физико-химические характеристики.

В состав молекул триацилглицеринов конкретного жира входит свой набор остатков высших алифатических (жирных) кислот. Метиловые эфиры именно этих конкретных кислот и будут входить в состав молекул синтезируемого биодизельного топлива. Все свойства их метиловых эфиров (т.е. биодизельного топлива) будут зависеть от его жирнокислотного состава. Наличие вышеупомянутых зависимостей позволит быстро определить ряд важных характеристик биодизельного топлива непосредственно в хозяйстве и там же в правильных пропорциях приготовить топливную смесь (надо сделать только хроматографический анализ масла, а не целый ряд анализов для определения, например, плотности, вязкости, йодного или цетанового числа, теплотворной способности).

Цель работы – исследование возможности использования в качестве компонента топливной смеси биодизельного топлива, синтезированного из твёрдых жиров, а также функциональные зависимости физико-химических и эксплуатационных характеристик биодизельного топлива от строения его молекул.

Экспериментальная часть. Синтез биодизельного топлива осуществляли по реакции переэтерификации. Субстрат реакции – триацилглицерины различных масел и жиров; реагент – метанол; катализатор – гидроксид калия; температура 60 °С; продолжительность реакции – 60 мин. В качестве сырья для синтеза биодизельного топлива использованы рапсовое, подсолнечное, льняное, кукурузное масла, масла рыжика, редьки и крамбе, а также два образца твердых жиров: смесь жиров птиц (отходы производства) и жировая фракция с жироуловителя предприятия мясной отрасли.

Состав компонентов биодизельного топлива определяли методом газовой хроматографии, используемый прибор – «Кристалл-2000М». Программа для обработки результатов хроматографического анализа – «Хроматэк-Аналитик».

Квантово-химический расчёт исследуемых молекул проводили в программе HyperChem (версия 7), используя полуэмпирический метод AM1, который является одним из наиболее точных методов для расчёта органических молекул, содержащих атомы углерода, водорода и кислорода.

Физико-химические параметры биодизельного топлива определяли с помощью стандартизованных методик (ГОСТ Р 53605-2009 и ГОСТ Р 52368-2005).

В обсуждаемых формулах (1) – (11) присутствуют одни и те же переменные: M_i – относительная молекулярная масса молекулы i-го сложного эфира, входящего в состав

биодизельного топлива; N_i – число двойных связей в той же молекуле эфира; w_i – массовая доля данного сложного эфира в биодизельном топливе (% масс).

Результаты и их обсуждение. Правильный выбор сырья для производства биодизельного топлива позволит получить топливо с необходимыми физико-химическими и эксплуатационными характеристиками, т.к. они определяются структурными характеристиками жирных кислот, входящих и в состав молекул биодизельного топлива и триацилглицеринов исходного сырья.

Жирнокислотный состав жидких или твёрдых жиров сильно отличается. В состав триацилглицеринов жидких жиров преимущественно входят остатки высших непредельных кислот, а в составе триацилглицеринов твёрдых жиров преобладают остатки предельных (насыщенных) карбоновых кислот. Но и жирнокислотный состав разных видов растительных масел заметно отличается. Есть масла с преобладанием остатков моноеновых кислот, содержащих в радикале одну двойную связь, а есть масла, в молекулах которых больше остатков кислот с тремя или четырьмя двойными связями. Молекулы триацилглицеринов твёрдых жиров разных видов животных также заметно отличаются друг от друга по типу остатков высших карбоновых кислот, например, по их молекулярной массе.

Важными характеристиками биодизельного топлива являются цетановое и йодное число, теплотворная способность, вязкость и плотность. Значения данных характеристик регламентируются ГОСТ Р 53605-2009.

Йодное число (ЙЧ) численно оно равно массе йода (в г), которая может присоединиться к двойным связям в молекулах биодизельного топлива массой 100 г. Двойные связи более реакционноспособны, чем простые, именно атомы углерода, связанные двойной связью, подвергаются атаке окислителей в процессе хранения топлива. Те же атомы углерода вступают в реакции полимеризации с образованием полимеров с высокой молекулярной массой. Все эти процессы приводят к ухудшению качества топлива при хранении [8]. В соответствии с требованиями ГОСТ Р 53605-20093, йодное число биодизельного топлива не должно быть выше 120. Топливо, синтезированное из растительных масел с высоким содержанием линоленовой или арахидоновой кислот (соевое, льняное масла), может иметь более высокие йодные числа, что приведёт к снижению их окислительной стабильности [9]. Твёрдые жиры характеризуются высоким содержанием остатков предельных алифатических кислот, следовательно, в синтезированных из них молекулах биодизельных топлив двойных связей будет меньше, чем в биотопливе из растительных масел и стабильность таких топлив при хранении будет выше.

Для расчёта йодного числа можно использовать формулу (1), предлагаемую в работе [10]:

$$ЙЧ = \sum(254 \cdot N_i \cdot w_i) / M_i, \quad (1)$$

ЙЧ численно оно равно массе йода (в г), которая может присоединиться к 100 г топлива.

Нами были синтезированы и проанализированы биодизельные топлива, сырьём для которых служили жидкие и твёрдые жиры. Для них методом газовой хроматографии был определён жирнокислотный состав (таблица 1).

Таблица 1 – Жирнокислотный состав образцов биодизельного топлива

Масло для синтеза	Метиловые эфиры кислот, %														
	C14:0	C15:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:1	C20:4	C22:0	C22:1	C22:2	C24:0	C24:1
жидкие растительные масла															
рапсовое	0,33		3,99	–	–	59,53	20,29	6,03	0,66	4,32	0,25	4,60	–	–	–
рыжиковое	0,49		1,67	0,78	2,76	3,0	31,82	–	–	–	3,84	41,1	8,49	1,09	2,4
подсолнечн.	4,56		8,61	0,6	4,77	49,25	9,42	18,12	0,34	2,43	1,9	–	–	–	–
льняное	7,56		6,46	–	2,25	7,89	23,32	46,73	–	2,14	–	–	–	–	–
редьки	10,64		11,85	–	3,53	31,82	24,59	9,38	8,19	–	–	–	–	–	–
кукурузное	1,76	2,07	5,59		3,85	30,93	51,79	1,73		2,28					
крамбе	0,45		2,13			26,97	0,86		0,88	4,97	1,65	62,1			
твёрдые животные жиры															
Жир для синтеза															
жир птиц	41,92	5,06	3,52	3,72	2,83			2,17	1,66	3,66	8,78	14,4	8,99	0,76	2,52
жироуловитель	4,6		25,6	14,9	45,3	8,9	0,7								

В таблице кислоты обозначены общепринятой краткой записью, где первая цифра обозначает число атомов углерода в молекуле кислоты, вторая – число двойных связей в её радикале.

По формуле (1) было рассчитано йодное число для всех этих видов биодизельного топлива, оно характеризует степень непредельности биодизельного топлива. Но невозможно оказалось получить зависимости йодного числа от общего содержания предельных или непредельных кислот в биодизельном топливе, если брать только концентрации этих кислот. Это объясняется тем, что в углеводородных радикалах высших непредельных кислот содержится разное число двойных связей, а йод реагирует с каждой из двойных связей. Так, например, остаток олеиновой кислоты содержит одну двойную связь, линолевой – две, линоленовой – три, а арахидоновой – четыре двойные связи. Соответственно, с одной молекулой олеиновой кислоты прореагирует 1 молекула йода, а с одной молекулой линоленовой кислоты – четыре молекулы йода. Если мы введём понятие степени непредельности биодизельного топлива (S) как сумму произведений доли непредельной кислоты на число двойных связей, то получим зависимость йодного числа от степени непредельности (рисунок 1). Линия тренда выражается уравнением ЙЧ = 88,771·S – 5,4697, достоверность аппроксимации 0,994.

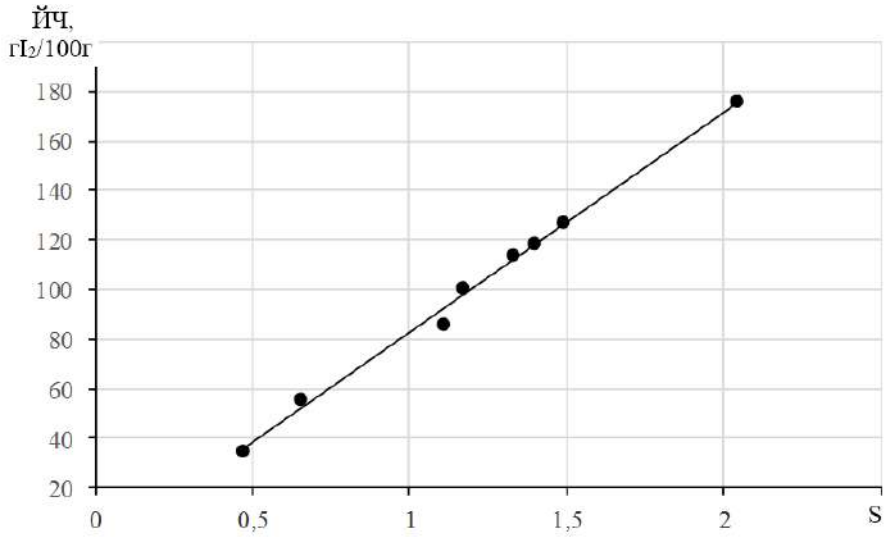


Рисунок 1 – Зависимость йодного числа от степени непредельности биодизельного топлива

Для биодизельного топлива, синтезированного из твёрдого куриного жира, наблюдается самая низкая степень непредельности (0,47) и, соответственно, самое низкое йодное число (34,8 гI_2/100г). В этом топливе самое высокое содержание метиловых эфиров высших кислот с предельными радикалами (65,93 %). Самые высокие величины характеризуют биодизельное топливо из льняного масла, в котором присутствует 46,73 % только линоленовой кислоты с тремя двойными связями, а общее содержание метиловых эфиров непредельных кислот составляет 80 %, степень его непредельности составляет 2,04, а расчётное йодное число 176 гI_2/100г.

Биодизельное топливо, синтезированное из льняного масла, будет иметь самые маленькие сроки хранения, в нем легко будут протекать окислительные реакции, ухудшающие качество топлива. Поэтому его добавка в смесевое топливо, которое предполагается хранить, нежелательно. А вот добавление биодизельного топлива, синтезированного из твёрдых отходов жирового производства, не будет иметь негативных последствий.

Одной из важнейших эксплуатационных характеристик топлив для дизельных двигателей является цетановое число. Оно определяет временной интервал от момента впрыска топлива до начала горения. Чтобы горение топливной смеси было плавным и спокойным, цетановое число дизельного топлива (в соответствии с ГОСТ Р 52368-2005) должно быть не ниже 47 для зимнего и 51 для летнего топлива. Работа дизельного двигателя на топливе, имеющем слишком низкие или

слишком высокие цетановые числа, нестабильна, сопровождается высоким износом деталей двигателя и снижением экономичности его работы.

Современные нефтяные дизельные топлива, имеющие высокие экологические характеристики (соответствующие Евро-4 и Евро-5) получают путём глубокой гидроочистки, удаляя углеводороды, содержащие гетероатомы (сера, азот). В результате этого снижаются не только смазывающие свойства, но и цетановое число. Биодизельное топливо имеет довольно высокие цетановые числа (иногда более 70) и его добавление в топливную смесь может довести его значение до нужного уровня.

Поэтому при приготовлении смесевого топлива из нефтяного и биодизельного топлива необходимо знать цетановое число биодизельного топлива. Его экспериментальное определение – дорогая процедура, установки для его определения находятся в специализированных лабораториях. Устройства для экспресс-определения откалиброваны для углеводородов нефтяного топлива и не подходят для сложноэфирных молекул биодизельного топлива. Наличие формул, позволяющих рассчитать значение цетанового числа, исходя из строения молекул биодизельного топлива, позволит правильно составить топливную смесь даже непосредственно на территории нефтесклада хозяйства.

Для расчёта цетанового числа можно использовать формулу (2), предлагаемую в работе [11]:

$$ЦЧ = \sum(w_i\ (-7{,}8 + 0{,}302 \cdot M_i - 20 \cdot N_i)), \quad (2)$$

или по формуле (3), предлагаемую в работе [12]:

$$ЦЧ = \sum(w_i\ (-4{,}92 + 0{,}30 \cdot M_i - 22{,}8 \cdot N_i)), \quad (3)$$

Для анализа работоспособности формул использовали экспериментально определённые значения цетанового числа для индивидуальных метиловых эфиров высших алифатических кислот (таблица 2).

Таблица 2 – Расчёт цетанового числа метиловых эфиров высших алифатических кислот

Исследуемый сложный эфир		Эксперимен-тальное ЦЧ	Расчётное ЦЧ по формуле (2)	Разница значений	Расчётное ЦЧ по формуле (3)	Разница значений
метилкаприлат	C9:0	33,6	39,92	6,32	42,28	8,68
метилкапринат	C11:0	47,2	48,37	1,17	50,88	3,68
метиллаурат	C13:0	61,4	56,83	- 4,57	59,28	- 2,12
Метилмиристат	C15:0	66,2	65,28	- 0,92	67,68	1,48
пальмитиновой кислоты	C17:0	74,5	73,74	- 0,76	76,08	1,58
пальмитоолеиновой кислоты	C17:1	51,0	53,14	2,14	52,68	1,68
стеариновой кислоты	C19:0	86,9	82,19	-4,71	84,48	- 2,42
олеиновой кислоты	C19:1	59,3	61,59	2,29	61,08	1,78
линолевой кислоты	C19:2	38,2	40,99	2,79	57,68	- 0,52
линоленовой кислоты	C19:3	22,7	20,38	- 2,32	14,28	- 6,1

Анализ полученных данных показывает, что в целом обе формулы корректно отражают изменение цетанового числа в зависимости от строения молекулы сложного эфира. Так, в соответствии с экспериментом и литературными данными [13] расчётное значение цетанового числа тем больше, чем длиннее углеродный радикал в молекуле и чем меньше двойных связей в ней. Так, в молекуле метилкаприлата 9 атомов углерода, а в молекуле метилстеарата 19 атомов и значения ЦЧ закономерно увеличиваются с 39,92 до 82,19 (по формуле (2)) и с 42,28 до 84,48 (по формуле (3)). В молекулах метиловых эфиров стеариновой, олеиновой, линолевой и линоленовой кислот содержится 19 атомов углерода, но стеариновая кислота – предельная, остальные отличаются увеличивающимся числом двойных связей и расчётные значения ЦЧ закономерно снижаются. Можно отметить, что расчёт по формуле (2) даёт меньшую погрешность для эфиров с меньшей молекулярной массой, а по формуле (3) – с большей молекулярной массой.

При переходе к биодизельному топливу мы установили, что указанная тенденция, в общем, сохраняется. Чаще всего в литературе указывается, что цетановое число тем выше, чем больше содержание предельных кислот в составе триацилглицеринов масла. Но если сопоставить

значения цетанового числа и концентрацию предельных кислот в топливе, никаких закономерностей не наблюдается. Как и в случае с йодным числом, наилучшая корреляция наблюдается со степенью непредельности биодизельных топлив (таблица 3, рисунок 2).

Таблица 3 – Зависимость цетанового числа биодизельного топлива от его степени непредельности

Жир для синтеза	Степень непредельности S	Расчётное ЦЧ по формуле (2)	Расчётное ЦЧ по формуле (3)
жир птиц	0,467	71,93	70,94
жировая фракция с жироуловителя	0,652	66,3	65,82
масло крамбе	1,108	69,32	70,23
масло редьки	1,17	54,92	55,91
подсолнечное масло	1,33	52,17	53,61
рапсовое масло	1,4	52,39	54,05
кукурузное масло	1,49	50,69	48,82
масло рыжика	1,5	53,3	51,39
льняное масло	2,04	38,21	34,82

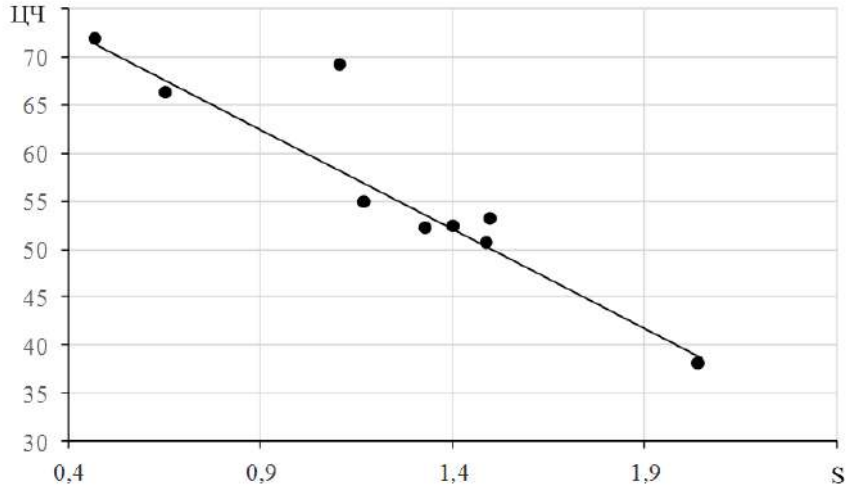


Рисунок 2 – Зависимость цетанового числа, рассчитанного по формуле (2), от степени непредельности биодизельного топлива

На рисунке 2 представлена зависимость цетанового числа, рассчитанного по формуле (2), от степени непредельности биодизельного топлива. Для расчётных значений по формуле (3) наблюдается аналогичная зависимость. Видно, что в целом тенденция сохраняется, самые высокие цетановые числа у образцов биодизельного топлива, синтезированного из твёрдых жиров с высоким содержанием предельных радикалов в молекулах. Сами цифры близки к экспериментально определяемым, так, ЦЧ биодизеля, полученного из говяжьего жира, определённое экспериментально, составило 69 [11]. То есть добавление даже небольшого количества биодизельного топлива, синтезированного из твёрдых жиров, может заметно увеличить цетановое число современного гидроочищенного нефтяного топлива, обеспечив нормальную работу и долговечность двигателя.

Для большинства расчётных значений характерна линейная обратно пропорциональная зависимость от степени непредельности, достоверность аппроксимации 0,992. Из общего ряда выбиваются очень высокие расчётные значения цетанового числа образцов биодизельного топлива, синтезированных из масел рыжика и крамбе. В этих образцах очень велико содержание

метилового эфира эруковой кислоты (44 и 62 % соответственно). Эти же образцы имеют самую высокую вязкость. Топлива с высокой вязкостью характеризуются пониженной испаряемостью, что приводит к его несвоевременному воспламенению. Такие топлива не могут иметь высокие цетановые числа. Можно сделать вывод, что рассматриваемые формулы можно использовать для технологических расчётов, но расчёт для топлив с высоким содержанием эфиров высокомолекулярных кислот даёт завышенное значение цетанового числа.

Такой важный параметр, как теплота сгорания биодизельного топлива, также зависит от состава исходного сырья. Его значение увеличивается с ростом содержания в биодизельном топливе эфиров предельных карбоновых кислот с длинной углеродной цепью.

Расчёт высшей теплоты сгорания (МДж/кг) можно вести по формуле (4), предлагаемой в работе [14]:

$$Q_B = \sum(w_i\,(46{,}19 - 1794/M_i - 0{,}21 \cdot N_i)), \quad (4)$$

или по формуле (5), предлагаемой в работе [12]:

$$Q_B = \sum(w_i\,(25{,}7 + 0{,}057 \cdot M_i - 3{,}16 \cdot N_i)), \quad (5)$$

Результаты расчёта приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Зависимость высшей теплоты сгорания биодизельного топлива от его степени непредельности

Жир для синтеза	Степень непредельности S	Расчётное значение по формуле (4)	Расчётное значение по формуле (5)
жир птиц	0,467	39,75	40,85
жировая фракция с жироуловителя	0,652	39,78	39,99
масло крамбе	1,108	40,52	41,11
масло редьки	1,17	39,69	38,44
подсолнечное масло	1,33	39,68	38,06
рапсовое масло	1,4	39,86	38,24
кукурузное масло	1,49	39,72	37,65
масло рыжика	1,5	40,96	40,21
льняное масло	2,04	39,49	35,63

Видно, что расчёт по формуле (5) более чувствителен к различиям в жирнокислотном составе биодизельного топлива. Самые высокие значения высшей теплоты сгорания получены для биодизельного топлива, синтезированного из твёрдых жиров с высоким содержанием эфиров предельных кислот 66 и 45 % соответственно. Для сравнения в исследованных биодизельных топливах, синтезированных из растительных масел, содержание эфиров предельных кислот колеблется от 5 до 26 %. Примерно такие же значения высшей теплоты сгорания биодизельного топлива, синтезированного из масел крамбе и рыжика объясняются высоким содержанием в них эруковой кислоты с высокой молекулярной массой и одной двойной связью (62 и 41 % соответственно).

Но высокое содержание высокомолекулярных предельных эфиров приведёт к увеличению вязкости получаемого биотоплива. При этом может увеличиваться дальнобойность струи топлива и оно может достигать стенок камеры сгорания. Следствием будет увеличение лако- и нагароотложения на деталях двигателя и снижение его производительности [15]. Поэтому при приготовлении смесевого топлива обязательно надо знать вязкость биодизельного компонента, для чего также можно воспользоваться формулами, приведёнными в литературных источниках.

Для расчёта кинематической вязкости биодизельного топлива в работе [14] предлагается выражение (6):

$$\eta = \exp\,(\sum w_i \cdot ln(\eta_i)) \quad (6)$$

где $ln(\eta_i) = -12.53 + 2.496 \cdot ln(M_i) - 0{,}178 \cdot N_i$

а в работе [12] предложено выражение (7):

$$\eta = \sum(w_i \cdot (-5{,}59 + 0{,}03644 \cdot M_i - 0{,}784 \cdot N_i) \quad (7)$$

Однако в этих статьях не указано, к какой температуре относятся эти величины. Ранее [16] нами были проведены исследования расчёта кинематической вязкости по формуле (6). Определено, что расчётная величина кинематической вязкости ближе всего к величине вязкости при 50°С, в то время как ГОСТ нормирует значение вязкости при 40°С. Расчёт по формуле (7) показал: несмотря на то, что эта формула была получена позднее, величины, полученные с её помощью, также не соответствуют температуре, нормируемой ГОСТ (таблица 5).

Таблица 5 – Кинематическая вязкость (ν) образцов биодизельного топлива

Температура, °С	ν ($мм^2/с$) для биодизельного топлива, синтезированного из масла						
	льна	редьки	рапса	подсолнечника	рыжика	жир птиц	жир с жироуловителя
40	4,44	4,94	5,00	5,08	6,38	17,11	5,5
50	3,54	4,07	4,15	3,98	5,26	13,68	4,3
Расчёт по формуле (6)	3,51	4,15	4,32	4,14	5,48	4,679	4,495
Расчёт по формуле (7)	3,27	4,009	4,165	3,996	5,289	4,672	4,355
Расчёт по формуле (8)	4,232	4,972	5,160	4,969	6,378	5,644	5,312

Для образцов биодизельного топлива, синтезированного из растительных масел, полученные по новой формуле значения ещё ближе к величине вязкости при 50°С. Очень сильно отличаются расчётные значения вязкости от реальных величин для биодизельного топлива, полученного из жира птиц. Возможно, это связано с тем, что в составе исследуемого жира очень велика доля метиловых эфиров предельных кислот (особенно миристиновой), обладающих не только высокой вязкостью, но и сравнительно высокой температурой плавления (табл. 6).

Таблица 6 – Температуры плавления метиловых эфиров предельных и непредельных алифатических кислот

Кислота	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:1	C22:0	C22:1
$T_{ПЛ}$ эфира, °С	- 12,8	5,0	19,1	30,5	37,8	- 20,0	- 35,0	- 45,5	46,4	- 34,0	54-56	- 1,25

Как видно из таблицы, температуры плавления предельных кислот закономерно увеличиваются с ростом молекулярной массы и при комнатной температуре метилмиристат имеет уже другое агрегатное состояние, представляет собой воскообразную массу, а метилстеарат будет твёрдым веществом. Но появление в молекуле двойных связей резко снижает температуры плавления и метилолеат – уже бесцветная жидкость. Это явление непосредственно связано с особенностями структуры молекул предельных им непредельных эфиров.

Нами был проведён квантово-химический расчёт компонентов биотоплива (рисунок 3).

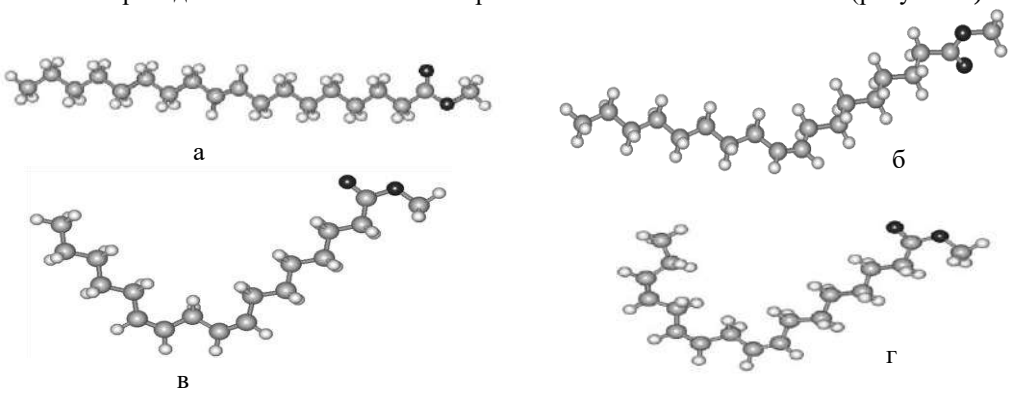


Рисунок 3 – Шаростержневые модели молекул метиловых эфиров стеариновой (а), олеиновой (б), линолевой (в) и линоленовой (г) кислот.

Видно, что с увеличением числа двойных связей (в цис-конфигурации) молекула становится всё более изогнутой, поэтому в твёрдом состоянии плотная их упаковка невозможна, молекулы в кристаллическом состоянии находятся на большем расстоянии друг от друга, их температура плавления ниже.

Поэтому синтезированный из жира птиц образец биодизельного топлива переходит в жидкое состояние только при температуре 40°С. А вот в образце из жироуловителя, несмотря на высокое содержание метиловых эфиров предельных кислот (45,1 %), содержится практически такое же количество эфиров олеиновой кислоты, и в результате получается жидкий при комнатной температуре образец биодизельного топлива.

Для того, чтобы для биодизельного топлива, полученного из жидких жиров, можно было получать расчётным путём значения кинематической вязкости, близкие к нормируемой температуре 40°С, нами была проведена корректировка коэффициентов в уравнении (7). Предлагается следующая формула для расчётов:

$$\eta = \sum(w_i \cdot (-5{,}59 + 0{,}0398 \cdot M_i - 0{,}782 \cdot N_i)) \quad (8)$$

Результаты расчёта представлены в табл. 5. Погрешность вычисления вязкости не превышает 5 %, кроме биодизельного топлива, синтезированного из жира птиц.

Слишком высокая вязкость биодизельного топлива, синтезированного из жира птиц, не позволит использовать его как самостоятельный вид топлива, но его добавление к нефтяному дизельному топливу позволит получить смесевое топливо, удовлетворяющее нормируемым требованиям по значению кинематической вязкости даже при содержании биодизельного топлива 40 %об (таблица 7).

Таблица 7 – Кинематическая вязкость смесевого топлива

Содержание биодизельного топлива 40 %об	0	20	30	40
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм^2/с	2,49	3,32	4,03	4,91

Ещё одной важной характеристикой биодизельного топлива является его плотность.

Для расчёта плотности биодизельного топлива в работе [11] предлагается выражение (9):

$$\rho = \sum(w_i \cdot (0{,}8463 + 4{,}9/M_i + 0{,}0118 \cdot N_i)) \quad (9)$$

а в работе [12] выражение (10):

$$\rho = \sum(w_i \cdot (881{,}86 - 0{,}065 \cdot M_i + 11{,}9 \cdot N_i)) \quad (10)$$

Ранее [29] нами были проведены исследования расчёта плотности по формуле (9). Определено, что расчётная величина ближе всего к величине плотности в интервале от 20 до 30 °С (кроме масла рыжика с высоким содержанием эруковой кислоты), в то время как нормируются значения вязкости при 15°С. Расчёт по формуле (10) показал: несмотря на то, что коэффициенты в этой формуле отличаются, величины, полученные с её помощью, практически не отличаются (табл. 8). Так же, как и в случае с кинематической вязкостью, большая ошибка наблюдается для расчёта плотности биодизельного топлива, синтезированного из твёрдого жира.

Для того, чтобы для биодизельного топлива, полученного из жидких жиров, можно было получать расчётным путём значения плотности, близкие к нормируемой температуре 15°С, нами была проведена корректировка коэффициентов в уравнении (10). Предлагается следующая формула для расчётов:

$$\rho = \sum(w_i \cdot (881{,}84 - 0{,}047 \cdot M_i + 12{,}2 \cdot N_i)) \quad (11)$$

Результаты расчётов представлены в таблице 8.

Погрешность вычисления плотности не превышает 1,5 %.

Выводы. По реакции переэтерификации синтезированы образцы биодизельного топлива, сырьём для которого служили как растительные масла подсолнечника, рапса, льна, редьки, рыжика, крамбе, так и твёрдые жиры птиц (отходы производства) и жиры с жироуловителя. Для полученных образцов определены плотность и вязкость, а также хроматографически установлен жирнокислотный состав.

Для полученных образцов рассчитаны йодные числа. Не найдена зависимость йодного числа биодизельного топлива от общего содержания предельных или непредельных кислот в нём.

Таблица 8 – Плотность образцов биодизельного топлива

Температура, °С	Плотность (г/см^3) для биодизельного топлива, синтезированного из масла						
	редьки	подсолнечника	рапса	льна	рыжика	жир птиц	жир с жироуловителя
15	0,879	0,882	0,886	0,894	0,896	–	0,884
20	0,877	0,880	0,883	0,890	0,893	–	0,880
30	0,872	0,875	0,876	0,882	0,886	–	0,874
Расчёт по формуле (9)	0,877	0,877	0,879	0,887	0,876	0,869	0,871
Расчёт по формуле (10)	0,877	0,877	0,879	0,887	0,876	0,868	0,871
Расчёт по формуле (11)	0,882	0,883	0,885	0,893	0,882	0,874	0,876

Введено понятие степени непредельности биодизельного топлива (S) как суммы произведений доли непредельной кислоты на число двойных связей. Показано, что йодное число практически прямопропорционально увеличивается с ростом этого коэффициента. Анализ работоспособности двух формул для расчёта цетанового числа на индивидуальных метиловых эфирах высших кислот показала, что в целом обе формулы корректно отражают изменение цетанового числа в зависимости от строения молекулы сложного эфира. Определено, какая функциональная зависимость даёт меньшую погрешность для эфиров с меньшей молекулярной массой, а какая – для эфиров с большей молекулярной массой.

Установлено, что рассматриваемые формулы можно использовать для расчёта цетановых чисел биодизельного топлива, но расчёт для топлив с высоким содержанием эфиров высокомолекулярных кислот даёт завышенный результат.

Выбрана формула, более адекватно отражающая зависимость теплотворной способности биодизельного топлива от строения его молекул.

Анализ работоспособности двух функциональных зависимостей для расчёта кинематической вязкости показала, что и экспоненциальная и линейная функции дают удовлетворительные результаты для биодизельного топлива, синтезированного из растительного масла. Для биодизельного топлива, синтезированного из твёрдого жира с высоким содержание эфиров предельных кислот, формулы неприменимы.

Предложена формула для расчёта кинематической вязкости биодизельных топлив, синтезированных из растительных масел, которая даёт значения, близкие к нормируемой температуре 40 °С (ошибка не превышает 5 %).

Предложена формула для расчёта плотности биодизельных топлив, синтезированных из растительных масел, которая даёт значения, близкие к нормируемой температуре 15 °С (ошибка не превышает 1,5 %).

Установлено, что биодизельное топливо, синтезированное из твёрдых отходов жирового производства, не всегда можно использовать в качестве самостоятельного топлива для дизельного двигателя, но его добавление к нефтяному топливу улучшит эксплуатационные и экологические свойства такого смесевого топлива. Так, его добавление не будет увеличивать скорость окислительных процессов при хранении, увеличит цетановое число и высшую теплоту сгорания топлива. Добавление до 40 % об. такого биодизельного топлива не увеличивает значения плотности и вязкости у смесевого топлива выше нормируемых.

Список литературы

1. Гафуров Н.М., Хисматуллин Р.Ф. Преимущества биодизельного топлива // Инновационная наука, 2016. – № 5. – С. 72-74.

2. Nabi M.N., Rasul M.G., Anwar M. Energy, exergy, performance, emission and combustion characteristics of diesel engine using new series of non-edible biodiesels // Renewable energy, 2019. – Vol. 140. – P. 647-657.

3. Плотников С.А., Бузиков Ш.В., Товстыка В.С., Черемисинов П.Н. Определение эксплуатационных показателей трактора "Беларус-922" при работе на смесевом топливе // Вестник Мордовского университета, 2018. – Том 28. – № 3. – С. 445-458.

4. Горохов Д.Г., Бабурина М.И., Иванкин А.Н., Прошина О.П. Жидкое биотопливо из растительного и животного сырья: технические и экономические аспекты // Лесной вестник, 2010. – № 4. – С. 74-78.

5. Иванкин А.Н., Бабурина М.И., Горбунова Н.А., Неклюдов А.Д. Экологическая система получения биотоплива из липидсодержащих отходов сельскохозяйственного производства // Экологические системы и приборы, 2008. – № 6. – С. 57-59.

6. Романцова С.В., Нагорнов С.А., Гаврилова В.А., Конькова Н.Г. Определение состава смесевого топлива // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2012. – № 1. – С. 28-29.

7. Романцова С.В., Гаврилова В.А., Конькова Н.Г., Нагорнов С.А. Рыжик – перспективная масличная культура для производства биодизельного топлива // Агро XXI, 2013. – № 1-3. – С. 43-44.

8. Knothe G. Some aspects of biodiesel oxidative stability // Fuel Processing Technology, 2007. – № 88. – P. 669-677.

9. Систер В.Г., Нагорнов С.А., Романцова С.В., Бодягина С.В. Исследование стабильности биодизельного топлива при хранении // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. Казань, 2012. – №1/2. – С. 13-18.

10. Kalayasiri P., Jayashke N., Krisnangkura K. Survey of seed oils for use as diesel fuels // Journal of the American Oil Chemists' Society, 1996. – № 73. – P. 471–474.

11. Ramirez-Verduzco L.F., Rodriguez-Rodriguez J.E., Jaramillo-Jacob A.D.R. Predicting cetane number, kinematic viscosity, density and higher heating value of biodiesel from its fatty acid methyl ester composition // Fuel, 2012. – № 91. – P. 102-111.

12. Srinivasan G.R., Jambulingam R. Theoretical Prediction of Thermo-physical Properties of Waste Beef Tallow Biodiesel // FME Transactions, 2020. – № 48. – P. 600-610.

13. Xiao M., Shin H.-J., Dong Q. Advances in cultivation and processing techniques for microalgal biodiesel: A review // Korean Journal of Chemical Engineering, 2013. – № 30. – P. 2119-2126

14. Knothe G. Fuel properties of highly polyunsaturated fatty acid methyl esters // Energy Fuels, 2012. – № 26. – P. 5265–5273.

15. Anis S., Budiandono G.N. Investigation of the effects of preheating temperature of biodiesel-diesel fuel blends on spray characteristics and injection pump performances // Renewable energy, 2019. – Vol. 140. – P. 274-280.

16. Nagornov S.A., Kornev A.Y., Liksutina A.P., Romantsova S.V., Sinyutina S.Ye. Correction of properties of modern diesel fuels using additives // Journal of Agriculture and Environment, 2020. – № 4. – С. 24-28.

References

1. Gafurov N.M., Khismatullin R.F. Preimushchestva biodizel'nogo topliva // Innovatsionnaya nauka, 2016. – № 5. – S. 72-74.

2. Nabi M.N., Rasul M.G., Anwar M. Energy, exergy, performance, emission and combustion characteristics of diesel engine using new series of non-edible biodiesels // Renewable energy, 2019. – Vol. 140. – P. 647-657.

3. Plotnikov S.A., Buzikov SH.V., Tovstyka V.S., Cheremisinov P.N. Opredeleniye ekspluatatsionnykh pokazateley traktora "Belarus-922" pri rabote na smesevom toplive // Vestnik Mordovskogo universiteta, 2018. – Tom 28. – № 3. – S. 445-458.

4. Gorokhov D.G., Baburina M.I., Ivankin A.N., Proshina O.P. Zhidkoye biotoplivo iz rastitel'nogo i zhivotnogo syr'ya: tekhnicheskiye i ekonomicheskiye aspekty // Lesnoy vestnik, 2010. – № 4. – S. 74-78.

5. Ivankin A.N., Baburina M.I., Gorbunova N.A., Neklyudov A.D. Ekologicheskaya sistema polucheniya biotopliva iz lipidsoderzhashchikh otkhodov sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva // Ekologicheskiye sistemy i pribory, 2008. – № 6. – S. 57-59.

9. Varfolomeyev S.D., Moiseyev I.I., Myasoyedov B.F. Energonositeli iz vozobnovlyayemogo syr'ya // Vestnik RAN, 2009. – № 79 (7). – S. 595-604.

10. Sawangkeaw R., Ngamprasertsith S. A review of lipid-based biomasses as feedstocks for biofuels production // Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013. – № 25. – P. 97-108.

6. Romantsova S.V., Nagornov S.A., Gavrilova V.A., Kon'kova N.G. Opredeleniye sostava smesevogo topliva // Mekhanizatsiya I elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva, 2012. – № 1. – S. 28-29.

7. Romantsova S.V., Gavrilova V.A., Kon'kova N.G., Nagornov S.A. Ryzhik – perspektivnaya kul'tura dlya proizvodstva biodizel'nogo topliva // Agro XXI, 2013. – № 1-3. – S. 43-44.

8. Knothe G. Some aspects of biodiesel oxidative stability // Fuel Processing Technology, 2007. – № 88. – P. 669-677.

9. Sister V.G., Nagornov S.A., Romantsova S.V., Bodyagina S.V. Issledovaniye stabil'nosti biodizel'nogo topliva pri khranenii // Izvestiya VUZov. Problemy energetiki. Kazan', 2012. – №1/2. – S. 13-18.

10. Kalayasiri P., Jayashke N., Krisnangkura K. Survey of seed oils for use as diesel fuels // Journal of the American Oil Chemists' Society, 1996. – № 73. – P. 471–474.

11. Ramirez-Verduzco L.F., Rodriguez-Rodriguez J.E., Jaramillo-Jacob A.D.R. Predicting cetane number, kinematic viscosity, density and higher heating value of biodiesel from its fatty acid methyl ester composition // Fuel, 2012. – № 91. – P. 102-111.

12. Srinivasan G.R., Jambulingam R. Theoretical Prediction of Thermo-physical Properties of Waste Beef Tallow Biodiesel // FME Transactions, 2020. – № 48. – P. 600-610.

13. Xiao M., Shin H.-J., Dong Q. Advances in cultivation and processing techniques for microalgal biodiesel: A review // Korean Journal of Chemical Engineering, 2013. – № 30. – P. 2119-2126

14. Knothe G. Fuel properties of highly polyunsaturated fatty acid methyl esters // Energy Fuels, 2012. – № 26. – P. 5265–5273.

15. Anis S., Budiandono G.N. Investigation of the effects of preheating temperature of biodiesel-diesel fuel blends on spray characteristics and injection pump performances // Renewable energy, 2019. – Vol. 140. – P. 274-280.

16. Nagornov S.A., Kornev A.Y., Liksutina A.P., Romantsova S.V., Sinyutina S.Ye. Correction of properties of modern diesel fuels using additives // Journal of Agriculture and Environment, 2020. – № 4. – S. 24-28.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Романцова Светлана Валерьевна – кандидат химических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный университет им Г.Р. Державина», Россия, г. Тамбов, e-mail: svromantsova@yandex.ru.

Гладышева Ирина Владимировна – кандидат химических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный университет им Г.Р. Державина», Россия, г. Тамбов, e-mail: gladysheva_irina78@mail.ru

Вервекина Наталья Владимировна – кандидат химических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный университет им Г.Р. Державина», Россия, г. Тамбов, e-mail: vervekinanv@mail.ru

Нагорнов Станислав Александрович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: snagornov@yandex.ru.

Ликсутина Анна Павловна – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научноисследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: vniitinlab7@yandex.ru.

Романцов Сергей Николаевич – магистрант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: r.s.n.1996@yandex.ru.

Author credentials

Affiliations

Romantsova Svetlana – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tambov State University named after G.R. Derzhavin», Russia, Tambov, e-mail: svromantsova@yandex.ru.

Gladysheva Irina – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tambov State University named after G.R. Derzhavin», Russia, Tambov, e-mail: gladysheva_irina78@mail.ru.

Vervekina Natalia – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tambov State University named after G.R. Derzhavin», Russia, Tambov, e-mail: vervekinanv@mail.ru

Nagornov Stanislav – Full Doctor of Technical sciences, Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture", Russia, Tambov, e-mail: snagornov@yandex.ru.

Lixutina Anna – Candidate of Technical Sciences, Deputy Director for Science of Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture", Russia, Tambov, e-mail: viitinlab7@yandex.ru.

Romantsov Sergey – undergraduate of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Tambov State Technical University", Russia, Tambov, e-mail: r.s.n.1996@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 12.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 19.08.2021

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.
За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.
При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.
Отпечатано в типографии «Студия печати Галины Золотовой».
Адрес типографии: 392032, Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Кленовая, д. 24.
E-mail: studiapechati@bk.ru.
Дата выхода в свет 30.06.2021. Заказ № 21.
Формат 84x108/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Гарнитура Times. Объем – 14,49 усл. печ. л. Тираж 100 экз.