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

Научно-производственный периодический журнал The research-production periodic magazine
Включен в международную базу данных Agris
№2 (20), 2016 г.

снован в 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»

ЗАЗУЛЯ Александр Николаевич — главный редактор, д-р техн. наук, профессор, директор ФГБНУ ВНИИТиН

НАГОРНОВ Станислав Александрович — зам. главного редактора, д-р техн. наук, профессор, зам. директора по научной работе ФГБНУ ВНИИТиН

ГОЛУБЕВ Иван Григорьевич — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки Московской области, зав. отделом ФГБНУ «Росинформагротех»

ГОРБАЧЕВ Иван Васильевич — член-корреспондент РАН, д-р техн. наук, профессор

ЕРОХИН Михаил Никитьевич — академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ

ЖАЛНИН Эдуард Викторович — д-р техн. наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, ФГБНУ ВИМ

ЗАВРАЖНОВ Анатолий Иванович — академик РАН, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО МичГАУ

КУШНАРЕВ АРТУР СЕРГЕЕВИЧ — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент УААН, заслуженный работник народного образования, заведующий кафедрой теоретической механики и теории машин и механизмов Таврического государственного агротехнологического университета, Украина

ЛАРЮШИН Николай Петрович — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный работник сельского хозяйства, профессор кафедры ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА»

ЛЯЛЯКИН Валентин Павлович — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, ФГБНУ ГОСНИТИ

МИЩЕНКО Сергей Владимирович — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат премии Правительства РФ в области образования, член Национального комитета по теплофизическим свойствам веществ РАН, ФГБОУ ВПО ТГТУ

ПОПОВ Владимир Дмитриевич — академик РАН, д-р техн. наук, профессор, президент Региональной областной организации "Санкт-Петербургская ассоциация инженеров сельского хозяйства – СПА-ИСХ", член Правления Ассоциации содействия полевым экспериментам и исследованиям, директор ФГБНУ «ИАЭП»

СТРЕБКОВ Дмитрий Семенович — академик РАН, д-р техн. 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, директор ФГБНУ ВИЭСХ

ФЕДОРЕНКО Вячеслав Филиппович — член-корреспондент РАН**,** д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, директор ФГБНУ «Росинформагротех»

REZA Ambrishambaf — vice Rector of Eastern Mediterranean University, PhD, Centro Algoritmi University of Minho Campus of Azurem. Portugal

MAJID Hashemipour — prof., PhD Manufacturing Engineering, Vise Rector for Technical Administration and International Affairs of Eastern Mediterranean University, Turkey

Редакция

Журнал «Наука в Центральной России Science in the central Russia»
Учредитель: ФГБНУ ВНИИТИН
Главный редактор: Зазуля А.Н.
№ 2 (20) 27.04.2016, Тираж - 100 экз. Свободная цена
Адрес редакции и издателя: **392022, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, 28, к. 21,** тел. 8(4752)440-241; e-mail: naukacr@yandex.ru
Отпечатано в типографии ООО «Максимал информационные технологии» 398017, г. Липецк, ул. Ушинского, 8
СМИ зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) ПИ № ФС77-51695 от 07.12.2012 г.
Технический редактор: Левина Эмма Владимировна**, тел. +7 (920) 246-20-64**
Зав. отделом по развитию: Левин Максим Юрьевич**, тел. +7 (920) 240-71-96**

© «Наука в центральной России», 2016

«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» **«SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»**
Научно-производственный периодический журнал The research-and-production periodic magazine
№2 (20), 2016 г.
Основан в 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)

ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА
«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ»

Процессы и машины агроинженерных систем, агропромышленные инновационные технологии в животноводстве и растениеводстве, эффективное использование отечественной и зарубежной сельскохозяйственной техники

ОСТРИКОВ Валерий Васильевич — д-р техн. наук, зав. лабораторией использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов ФГБНУ ВНИИТиН

ШУВАЛОВ Анатолий Михайлович — д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией использования

ПЕТРАШЕВ Александр Иванович — д-р техн. наук, зав. лабораторией организации хранения и защиты техники от коррозии ФГБНУ ВНИИТиН

ЕРОХИН Геннадий Николаевич — к-т техн. наук, зав. лабораторией эксплуатационных требований к сельхозтехнике ФГБНУ ВНИИТиН

Технология продовольственных продуктов

ТИШАНИНОВ Николай Петрович — д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве ФГБНУ ВНИИТиН

ДОРОВСКИХ Владимир Иванович – к-т техн. наук, зав. лабораторией управления качеством

Агрономия

ТРУНОВ Юрий Викторович – д.с.-х.н., профессор, Всероссийский институт садоводства им. И.В. Мичурина

САВЕЛЬЕВ Николай Иванович – д.с.-. х.н., профессор, академик РАН

Ветеринария и Зоотехния

ЭНГОВАТОВ Василий Федорович – д.с.-х.н., главный научный сотрудник лаборатории технологии производства свинины ФГБНУ ВНИИТиН

ШУЛАЕВ Геннадий Михайлович — канд. с.-х. наук, зав. лабораторией технологии производства свинины ФГБНУ ВНИИТиН

Экономика и управление народным хозяйством (АПК и сельское хозяйство)

САЗОНОВ Сергей Николаевич — д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией использования производственных ресурсов в фермерских хозяйствах ФГБНУ ВНИИТиН

СОЛОПОВ Владимир Алексеевич— д-р эконом. наук, профессор, проректор по научной и инновационной работе ФГБОУ ВПО МичГАУ

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.

© «Наука в центральной России», 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЗАВРАЖНОВ А.И., МАНАЕНКОВ К.А., СОЛОВЬЁВ С.В., ОМАРОВ А.Н., БАЛАШОВ А.В.
ТЕХНОЛОГИЯ И КОМБИНИРОВАННОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ УХОДА ЗА ПОСЕВАМИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ 5
ZAVRAZHNOV A.I., MANAYENKOV K.A., SOLOVYYOV S.V., LOBSTERS A.N., BALASHOV A.V.
TECHNOLOGY AND THE COMBINED MEANS FOR CARE OF CROPS OF SUGAR BEET ... 5
ПЕНЬКОВ В.Б., ЛЕВИНА Л.В., ЛЕВИН М.Ю., КУЗЬМЕНКО Н.В.
НОВЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ УПРУГОГО ТЕЛА ОТ МАССОВЫХ СИЛ, ПОРОЖДАЕМЫХ НАНОДИСПЕРСНЫМИ МАГНИТНЫМИ ЖИДКОСТЯМИ 12
PENKOV V.B., LEVINA L. V., LEVIN M. YU., KUZMENKO N.V.
A NEW METHOD FOR ANALYZING THE EFFECT OF BODY FORCES INDUCED BY NANODISPERSED MAGNETIC FLUIDS ON STATES OF ELASTIC SOLIDS 12
ШУВАЛОВ А.М., МАШКОВ А.Н., ЧЕРНОВ Д.С., ШУЛАЕВ Г.М., ВОТАНОВСКАЯ Н.А.
ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕМПЕРИРОВАНИЯ СОИ В ПРОЦЕССЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ 16
SHUVALOV A.M., MASHKOV A.N., CHERNOV D.S., SHULAEV G.M., VOTANOVSKAJA N.A.
JUSTIFICATION OF THE MODES OF TEMPERING OF SOY IN THE COURSE OF HYDROHEAT TREATMENT 17
ГАЛКИН А.В., ФАДЕЕВ Д.Г., ФАДЕЕВ В.Г.
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГРЕБНЕВОГО ОЧЕСЫВАЮЩЕ-ТРАНСПОРТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ОЧЕСОМ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА 21
GALKIN A.V., FADEEV D.G., FADEEV V.G.
DATA OF ENERGY COSTS OF THE WORK OF COMB MODEL OF DECAPSULATION-TRANSPORTING DEVICE WITH CONSISTENT COMBING OF FLAX STEMS 21
ЖАЧКИН С.Ю., ПЕНЬКОВ Н.А., СИДОРКИН О.А.
К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ ОБЪЕМНОГО И СДВИГОВОГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ 27
ZHACHKIN S.JU., PENKOV N.A., SIDORKIN O.A.
THE QUESTION OF CALCULATION BULK AND SHEAR MODULUS OF ELASTICITY OF COMPOSITE MATERIALS 27
ЖАЧКИН С.Ю., ПЕНЬКОВ Н.А., СИДОРКИН О.А., НЕЛЫСОВ С.В.
РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЙ В ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫХ КОМПОЗИТНЫХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЯХ 32
ZHACHKIN S.JU., PENKOV N.A., SIDORKIN O.A., NELYSOV S.V.
CALCULATION OF STRESSES IN DISPERSION-STRENGTHENED COMPOSITE METAL PLATING 32

ИВАНОВ Н.М., КРИКОВ А.М., КОРОТКИХ В.В., ЛИВШИЦ В.М.
ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСОВ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРА 37
IVANOV N.M., KRIKOV A.M., KOROTKIH V.V., LIVSHIC V.M.
THE FORMATION OF COMPLEXES OF PUBLICATIONS ON THE TECHNICAL OPERATION OF AGRICULTURAL MACHINERY USING COMPUTER 37
НАБАТОВ К.А., ХОХЛОВ Д.Ю., МАШКОВ А.Н., БАРАНОВ А.В.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ В СИСТЕМЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЙ 43
NABATOV K.A., HOHLOV D.JU., MASHKOV A.N., BARANOV A.V.
IMPROVEMENT OF PROTECTION OF ELECTRIC CHAINS IN SYSTEM OF POWER SUPPLY OF AGRICULTURAL ENTERPRISES 43
ТАХА Ф.Д., ПЕТРАШЕВ А.И., КУЗНЕЦОВА Е.Г.
ТВЕРДО-ПЛЕНОЧНЫЕ БИТУМНЫЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬХОЗМАШИН ОТ КОРРОЗИИ 50
TAHA F.D., PETRASHEV A.I., KUZNECOVA E.G.
THE SOLID-FILM OF THE BITUMEN COMPOSITION FOR PROTECTION OF AGRICULTURAL MACHINERY AGAINST CORROSION 50
СКОРЛЯКОВ В.И., ЮРИНА Т.А.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЦЕНОК КАЧЕСТВА РАБОТЫ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ 58
SKORLJAKOV V.I., JURINA T.A.
IMPROVEMENT OF THE PERFORMANCE EVALUATION OF SHREDDERS OF COMBINE HARVESTERS 58
АЙТУГАНОВА С.Г., КУСАИНОВА Б.М.
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ИЗ КОКСОВОЙ МЕЛОЧИ 66
AJTUGANOVA S.G., KUSAINOVA B.M.
STUDY OF FUNDAMENTAL PROPERTIES OF FUEL BRIQUETTES FROM COKE BREEZE 66
ЗВЕНИГОРОДСКИЙ И.И., ТЕКУТЬЕВ М.В.
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ПЕРВОЙ РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ В I-S КООРДИНАТАХ 71
ZVENIGORODSKIJ I.I., TEKUTEV M.V.
THERMODYNAMIC MODEL OF THE CENTRAL AIR CONDITIONING SYSTEM WITH THE FIRST RECIRCULATION IN I-S COORDINATES 71

УДК 631.5:632.934:633.5

ТЕХНОЛОГИЯ И КОМБИНИРОВАННОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ УХОДА ЗА ПОСЕВАМИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Завражнов Анатолий Иванович,
доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, гл. научный сотрудник, Мичуринский государственный аграрный университет. г. Мичуринск. E-mail: president@mgau.ru
Манаенков Константин Алексеевич,
доктор технических наук, профессор, директор инженерного института ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ. г. Мичуринск. E-mail:kmanaenrov@yandex.ru
Соловьёв Сергей Владимирович,
доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры «Транспортно-технологические машины и основы конструирования» ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ. г. Мичуринск. E-mail: sergsol6800@yandex.ru
Омаров Акылбек Нурлыбекович
аспирант кафедры «Технологические процессы и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ. г. Мичуринск. E-mail: Akylbek-kaz@mail.ru
Балашов Александр Владимирович
кандидат технических наук, доцент, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов, e-mail: vitin@mail.ru

Реферат. *Известно, что эффективная система защиты посевов сахарной свёклы в период ее вегетации, включающая сочетание механических и химических способов борьбы с сорняками, является одним из наиболее рациональных направлений в обработке посевов. На основании анализа современных технологий возделывания сахарной свеклы предложены схема комбинированной обработки посевов. Рекомендован способ, позволяющий вносить растворы регуляторов роста и гербицидов в интервал между растениями в рядке в пределах защитной зоны без отложения их на листовой поверхности с одновременным проведением механических междурядных обработок в зависимости от фазы развития растений. Для реализации запатентованного способа предложен комбинированный агрегат, позволяющий проводить ленточное внесение гербицидов, внекорневую подкормку растений микроудобрениями и росторегулирующими препаратами и механические междурядные обработки. На раме пропашного культиватора устанавливают емкости для рабочих растворов гербицидов и микроудобрений. На грядилях с лапами монтируют распылители, расположенные с двух сторон рядка растений для ленточного внесения гербицидов и верхний распылитель для внекорневой подкормки с возможностью регулировки по высоте и углу наклона. Применение комбинированного агрегата позволяет сократить площадь гербицидной обработки посевов сахарной свеклы до 30-35% от суммарной площади междурядий и в 2-2,5 раза количество внесенного рабочего раствора, по сравнению со сплошным опрыскиванием растений.*

Ключевые слова: *сахарная свекла, способ, комбинированный агрегат, механическая и химическая обработка посевов, внекорневая подкормка.*

TECHNOLOGY AND THE COMBINED MEANS FOR CARE OF CROPS OF SUGAR BEET

Zavrazhnov Anatoly Ivanovich,
Full Doctor of Technical science, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Senior Researcher, Michurinsk State Agrarian University. Michurinsk.

E-mail: president@mgau.ru
Manayenkov Konstantin Alekseevich,
Full Doctor of Technical science, Professor, the director of Michurinsk State Agrarian University. Michurinsk/
Solovyyov Sergey Vladimirovich,
Full Doctor of of agricultural sciences, associate professor, professor of "Transport Technological Machines and Bases of Designing" department Michurinsk State Agrarian University. Michurinsk. E-mail: sergsol6800@yandex.ru
Lobsters Akylbek Nurlybekovich
graduate student of "Technological Processes and Technosphere Safety" department Michurinsk State Agrarian University. Michurinsk. E-mail: Akylbek-kaz@mail.ru
Balashov Alexander Vladimirovich
Candidate of Technical Sciences, associate professor, All-Russian research institute of use of equipment and oil products in agriculture". Tambov. E - mail: vitin@mail.ru

Abstract. *It is known that an effective system for the protection of sugar beet crops during its vegetation, which includes a combination of mechanical and chemical methods of weed control, is one of the most rational directions in the treatment crops. Scheme of crops combined processing of is offered on the basis of the analysis of modern technologies of cultivation of sugar beet. The method allows to make solutions of herbicides and growth regulators in the interval between plants in a row within the protection zone without deposits them on the leaf surface with simultaneous mechanical row cultivation, depending on the phase of plant development is recommended. Combination unit, allowing to carry out band application of herbicides, foliar fertilizer plant with the help of micro fertilizer and growth regulating agents and mechanical interrow treatments is offered for the implementation of the patented method. Containers for working solutions with herbicides and micro fertilizer are set on the frame of Rotary Cultivator. Sprayers, located on both sides of the row of plants for band application of herbicides and upper sprayer for foliar feeding with the possibility of adjusting the height and angle, is mounted on the stands with paws. Application of the combined unit area allows reducing herbicidal crops processing of sugar beets to 30-35% of the total area between the rows and in 2-2,5 times the amount of introduced working solution, compared with continuous spraying plants.*

Keywords: *sugar beet, a way, the combined unit, mechanical and chemical processing of crops, extra root top dressing.*

Введение. Для получения высоких урожаев сахарной свеклы наряду с применением высокоурожайных гибридов и семян необходимо внедрять прогрессивные технологии, основанные на совмещении технологических приёмов с использованием комбинированных агрегатов для основной и предпосевной обработки почвы, химических методов борьбы с сорняками и болезнями и механической междурядной обработкой посевов. При неправильном уходе за посевами сорная растительность способна нанести значительный ущерб урожаю сахарной свеклы. В первую половину вегетации сахарная свекла неспособна успешно конкурировать с сорняками, даже при незначительном их количестве в защитных зонах недобор урожая составляет от 20 до 50 %. Сорняки конкурируют со свеклой в потреблении воды, элементов питания, света и потребляют их в 3- 5 раз больше, чем растения свеклы[1].

Материалы и методы. Выбор метода борьбы с сорняками зависит, прежде всего, от исходного уровня засорённости поля. При незначительной засорённости проводят механическую обработку посевов, а при высокой - применяют химические средства защиты от вредителей и болезней [2,3]**.**

Механическая обработка почвы в междурядьях и в рядках, как один из элементов технологии возделывания сахарной свеклы, обоснована на всестороннем изучении биологических

особенностей этой культуры, её требований к водно-воздушному и питательному режимам, а также необходимостью систематического уничтожения сорняков. Механическое уничтожение сорняков пропашным культиватором эффективно в междурядьях, но в защитной зоне уничтожить сорняки механическим способом практически невозможно.

В рекомендациях по борьбе с сорняками в посевах сахарной свёклы, как правило, в основном обращают внимание на тип засорённости (видовой состав и фазу развития сорняков), но практически не учитывают её уровень. В результате часто даже четырьмя-пятью химическими обработками в период вегетации не удаётся полностью очистить посевы от сорных растений [4]. В то же время исследования по изучению сочетания различных приёмов, показывают, что применение рациональной системы ухода за посевами действеннее, чем только химические способы, а максимальный эффект достигается при их совместном использовании [5,6].

Поэтому эффективная система защиты посевов сахарной свёклы в период ее вегетации, включающая сочетание механических и химических способов борьбы с сорняками, является одним из наиболее рациональных направлений в обработке посевов. Данное направление может быть успешно решено путем создания нового многофункционального агрегата или модернизацией базовых моделей машин, позволяющих проводить ленточное внесение гербицидов, внекорневую подкормку с одновременной междурядной обработкой посевов[7].

Результаты и обсуждение.

На основании анализа современных технологий предложена схема ухода за посевами сахарный свеклы (рисунок 1).

Практика показывает, что эффективность листовых подкормок возрастает при совмещении механической обработкой почвы с химической. Для сахарной свеклы очень важный фактор – сохранение интенсивности роста и развития в ранние фазы [2,9]. Начальный период роста является критическим в минеральном питании сахарной свеклы. Применение комплексных удобрений в качестве стартового удобрения обеспечит сбалансированное минеральное питание растений в начале вегетации и интенсивный начальный рост. В фазе первой-второй пары настоящих листьев проводят первую междурядную обработку пропашным культиватором на глубину 5 см с защитной зоной шириной 5-6 см и опрыскивают комплексными удобрениями на площадь листовой поверхности растений сахарной свёклы.

Первую внекорневую подкормку проводят от смыкания в рядках до смыкания в междурядьях, а вторую - в конце июля - начале августа. В засуху необходима третья внекорневая подкормка.

Вторую и последующие междурядные обработки проводят по мере необходимости на глубину 6-8 см пропашным культиватором с защитной зоной шириной 10-12 см. Одновременно с междурядными обработками можно вносят гербициды, инсектициды, фунгициды. Сроки обработки и их количество рекомендуется проводить в зависимости от степени засоренности посевов: от трех до пяти химических обработок и столько же междурядных. Первая обработка проводится через 10-15 дней после посева, а последующие обработки проводят через 10-15 дней после предыдущей.

Вид обработки	Фазы развития растений					
	Всходы	1-я пара настоящих листьев	3-я пара настоящих листьев	Смыкание листьев в рядках	Смыкание листьев в междурядьях	Уборка
	Наилучшие сроки обработки после посева, дни					
	До 14	21	35	56	70	140
Механические междурядные обработки		1	2	3		+
	Ленточное внесение химических средств защиты растений					
гербицидов	+	+	+	+	+	
инсектицидов	+	+	+	+	+	
фунгицидов	+	+	+	+	+	
	Внекорневая подкормка					
микроудобрения	+	+	+	+	+	
регуляторы роста	+	+	+	+	+	

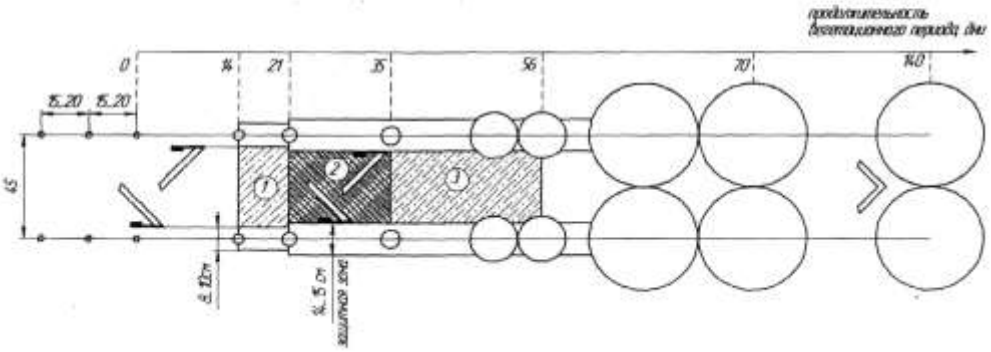


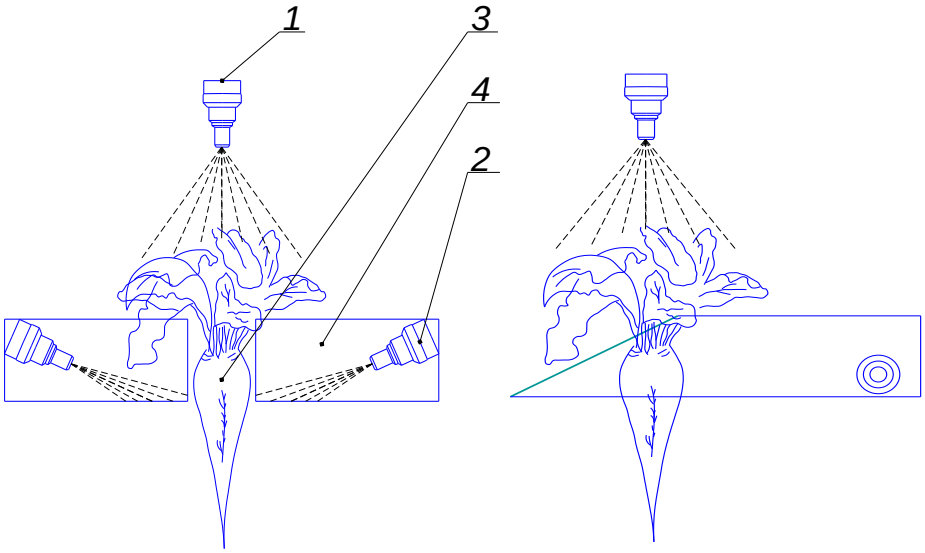
Рисунок 1 – Схема ухода за посевами сахарной свеклы.

В таблице представлена характеристика листового аппарата сахарной свеклы на момент проведения различных видов междурядных обработок.

Таблица – Размеры листьев сахарной свеклы к моменту проведения междурядных обработок посевов

Вид междурядной обработки	Размеры листьев, см	
	длина	ширина
Первая	5,2	2,7
Вторая	12,3	6,8
Третья	26,6	10,3

Для реализации запатентованного нами способа (патент РФ № 25422124), позволяющего вносить гербициды в интервал между растениями в рядке в пределах защитной зоны без отложения их на листовой поверхности и растворы регуляторов роста было предложено устройство, схема которого представлена на рисунке 2 [8].



а) б)

1 – распылитель для внесения регуляторов роста; 2 – распылитель для внесения гербицидов; 3 – растение сахарной свёклы; 4 – защитные щитки.

Рисунок 2 - Схема устройства для внесения регуляторов роста и гербицидов: а) общий вид; б) вид сбоку.

Экспериментальное устройство, при помощи которого предлагается осуществить данный способ, представлено на рисунке 3.

1– культиватор; 2– верхний распылитель; 3 – боковые распылители;

Рисунок 3 - Экспериментальное устройство для внесения регуляторов роста и гербицидов.

Предлагаемое устройство смонтировано на грядилях пропашного культиватора и состоит из рамки, на который закреплены верхний распылитель для внесения регуляторов роста растений и два распылителя для внесения гербицидов, расположенные с двух сторон от рядка растений сахарной свеклы. Данное устройство обеспечивает внесение гербицидов в пристеблевую зону с двух сторон от рядка с перемещением токсифицированной почвы культиваторной лапой с половины ширины ленты к рядку растений с образованием валика из смеси почвы и гербицида в защитной зоне рядка.

Обработка только ленты посевов сахарной свеклы химическими препаратами является эффективным способом уничтожения сорняков в ней. Этот способ обработки посевов имеет несколько преимуществ по сравнению со сплошным опрыскиванием. Прежде всего, уменьшается расход средств на проведение химической обработки, так как препарат вносится не самостоятельно, а одновременно с междурядной механической обработкой, то есть за один проход агрегата выполняются две технологические операции. Подсчитано, что при ленточном внесении гербицидов в посевах сахарной свёклы для междурядий 45 см ширина обработанной гербицидом ленты равна 10-12 см. Площадь внесения препарата в этом случае составляет лишь 30-35% суммарной площади междурядий.

Выводы. При ленточном внесении гербицидов количество внесенного рабочего раствора в 2-2,5 раза меньше по сравнению со сплошным опрыскиванием посевов сахарной свеклы, что приводит к экономии средств на приобретение препарата, приготовление рабочего раствора и затрат времени на заправку агрегатов рабочим раствором. Благодаря своевременной междурядной обработке почвы пропашным культиватором, внесению комплексных удобрений, эффективной борьбе с сорняками и вредителями в хозяйствах Центрального региона достигнуто значительное повышение урожайности сахарной свёклы [10].

Список литературы

1. Бородин, А.А. Планирование защиты сахарной свёклы в зависимости от мониторинга засорённости почвы / А.А. Бородин, А.Д. Четин, Л.Е. Чмелева // Сахарная свёкла. 2007. № 4. – С. 24-27.

2. Нанаенко, А.К. Сочетание обработок в междурядьях и защитных зонах /А.К. Нанаенко, П.Н. Ренгач, А.И. Лоскутов // Сахарная свекла. 2006. №4. – С.14-16.

3. Завражнов А.И. Обоснование возможности и условий применения импульсного метода внесения жидких рабочих растворов / А.И. Завражнов, А.Н. Омаров, А.В. Балашов, М.К. Бралиев // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию Конституции Республики Казахстан и Ассамблеи народа Казахстана «Наука и образование XXI века: опыт и перспективы» (№ II 20-21 ноябрь). Уральск. 2015. – С. 322-325.

4. Доценко, И.М. Какие смеси эффективнее / И.М. Доценко, А.Д. Четин, А.А. Бородин // Сахарная свекла. №4. 2001. – С. 9-11.

5. Бухтояров, Д.Н. Технологический регламент борьбы с сорняками в посевах сахарной свеклы агротехническими и химическими средствами / Д.Н. Бухтояров, И.М. Никульников, Л.С. Пузиков. – Резервы увеличения производства сахарной свеклы и сахара. -Воронеж. 1990. – С. 119-130.

6. Воронин, В.М. Физиологические основы формирования урожая свёклы / В.М. Воронин, Н.В. Щеглов, П.Б. Сухоедов. – Воронеж, 2006. – С. 190.

7. Балашов А.В. Результаты исследования распылительных форсунок при обработки пропашных культур / А.И. Завражнов, С.В. Соловьёв, А.Н. Омаров, А.В. Балашов // «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции-новые технологи и техника нового поколения для растениеводства и животноводства», Сборник научных докладов XVIII международной научно-практической конференции, 23-24 сентября- г. Тамбов. – 2015. – С.61-63.

8. Патент № 25422124 Россииская Федерация, МПК А01В 79/02 Способ для внесения листовых удобрений и гербицидов / В.И. Горшенин, Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, А.Н. Омаров, А.Г. Абросимов, И.А. Дробышев, С.В. Соловьев, Н.В, Папихина. А.В. Алехин,: заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Мичуринский государственный аграрный университет» – №2013111175/13, заяв. 12.03.2013; опубл. 20.02.2015, Бюл. №5. – 8 с.:ил.

9. Зенин, Л.С. Выбор ширины междурядий и схем посева / Л.С. Зенин // Сахарная свёкла. 2008. №3. – С. 24.

10. Омаров, А.Н. Совершенствование технологий и технических средств опрыскивания растений / Ю.А. Тырнов, С.П. Стрыгин, А.Н. Омаров, // «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции-новые технологи и техника нового покаления для растиневодства и животновдства», Сборник научных докладов XVII международной научно-практической конференции, 24-25 сентября. – г. Тамбов. 2013. – С. 137-140.

References

1. Borodin, A.A. Planirovanie zathitih sakharnoyj svyoklih v zavisimosti ot monitoringa zasoryonnosti pochvih /A.A. Borodin, A.D. Chetin, L.E. Chmeleva //Sakharnaya svyokla. 2007. № 4. S. 24-27.

2. Nanaenko, A.K. Sochetanie obrabotok v mezhduryadjyakh i zathitnihkh zonakh /A.K. Nanaenko, P.N. Rengach, A.I. Loskutov // Sakharnaya svekla. 2006. №4. S.14-16.

3. Zavrazhnov A.I. Obosnovanie vozmozhnosti i usloviyj primeneniya impuljsnogo metoda vneseniya zhidkikh rabochikh rastvorov / A.I. Zavrazhnov, A.N. Omarov, A.V. Balashov, M.K. Braliev // Materialih mezhdunarodnoyj nauchno-prakticheskoyj konferencii, posvyathennoyj 20-letiyu Konstitucii Respubliki Kazakhstan i Assamblei naroda Kazakhstana «Nauka i obrazovanie XXI veka: opiht i perspektivih» (№ II 20-21 noyabrj). Uraljsk. 2015. S. 322-325.

4. Docenko, I.M. Kakie smesi ehffektivnee / I.M. Docenko, A.D. Chetin, A.A. Borodin //Sakharnaya svekla. №4. 2001. S. 9-11.

5. Bukhtoyarov, D.N. Tekhnologicheskiyj reglament borjbih s sornyakami v posevakh sakharnoyj sveklih agrotekhnicheskimi i khimicheskimi sredstvami / D.N. Bukhtoyarov, I.M. Nikuljnikov, L.S. Puzikov.- Rezervih uvelicheniya proizvodstva sakharnoyj sveklih i sakhara. - Voronezh. 1990. S. 119-130.

6. Voronin, V.M. Fiziologicheskie osnovih formirovaniya urozhaya svyoklih/ V.M. Voronin, N.V. Theglov, P.B. Sukhoedov. – Voronezh, 2006. S. 190.

7. Balashov A.V. Rezuljtatih issledovaniya raspihliteljnihkh forsunok pri obrabotki propashnihkh kuljtur / A.I. Zavrazhnov, S.V. Solovjyov, A.N. Omarov, A.V. Balashov // «Povihshenie ehffektivnosti ispoljzovaniya resursov pri proizvodstve seljskokhozyayjstvennoyj produkcii-novihe tekhnologi i tekhnika novogo pokoleniya dlya rastenievodstva i zhivotnovodstva», Sbornik nauchnihkh dokladov XVIII mezhdunarodnoyj nauchno-prakticheskoyj konferencii, 23-24 sentyabrya- g. Tambov. 2015. S.61-63.

8. Patent № 25422124 Rossiiskaya Federaciya, MPK A01V 79/02 Sposob dlya vneseniya listovihkh udobreniyj i gerbicidov / V.I. Gorshenin, Yu.A. Tihrnov, A.V. Balashov, A.N. Omarov, A.G. Abrosimov, I.A. Drobihshev, S.V. Solovjev, N.V, Papikhina. A.V. Alekhin,: zayavitelj i patentoobladatelj FGBOU VPO «Michurinskiyj gosudarstvennihyj agrarnihyj universitet» - №2013111175/13, zayav. 12.03.2013; opubl. 20.02.2015, Byul. №5. - 8 s.:il.

9. Zenin, L.S. Vihbor shirinih mezhduryadiyj i skhem poseva / L.S. Zenin //Sakharnaya svyokla. 2008. №3. S. 24.

10. Omarov, A.N. Sovershenstvovanie tekhnologiyj i tekhnicheskikh sredstv oprihskivaniya rasteniyj / Yu.A. Tihrnov, S.P. Strihgin, A.N. Omarov, // «Povihshenie ehffektivnosti ispoljzovaniya resursov pri proizvodstve seljskokhozyayjstvennoyj produkcii-novihe tekhnologi i tekhnika novogo pokaleniya dlya rastinevodstva i zhivotnovdstva», Sbornik nauchnihkh dokladov KhVII mezhdunarodnoyj nauchno-prakticheskoyj konferencii, 24-25 sentyabrya.- g. Tambov. 2013. S. 137-140.

УДК 539.3

НОВЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ УПРУГОГО ТЕЛА ОТ МАССОВЫХ СИЛ, ПОРОЖДАЕМЫХ НАНОДИСПЕРСНЫМИ МАГНИТНЫМИ ЖИДКОСТЯМИ

Пеньков Виктор Борисович,
доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей механики,
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Российская Федерация.
E-mail: vbpenkov@mail.ru
Левина Любовь Владимировна,
кандидат физико-математических наук, **доцент кафедры прикладной математики,**
Липецкий государственный технический университет,
Липецк, Российская Федерация. E-mail: satalkina_lyubov@mail.ru
Левин Максим Юрьевич,
кандидат технических наук, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
Тамбов. Российская Федерация. E-mail: lmu@list.ru
Кузьменко Никита Васильевич
соискатель кафедры общей механики, Липецкий государственный технический университет, Липецк, Российская Федерация. E-mail: nik2.kuzmenko@mail.ru

Реферат. *Расчет упругого состояния тела в классической теории упругости традиционно проводят для консервативных массовых сил. Современные технологии позволяют получать упругие материалы с новыми физическими свойствами (например, при пропитке пористых структур нанодисперсными магнитными жидкостями массовые силы формируются воздействием внешнего магнитного поля и могут принимать почти произвольный характер). Метод построения упругих полей, возникающих от неконсервативных массовых сил, теоретически существует, опирается на интегральные представления через ядра Грина и поэтому не эффективен. В статье представлен и протестирован новый эффективный для практических целей метод построения упругих полей от равномерно-непрерывных сил.*

Ключевые слова: *нанодисперсные магнитные жидкости, массовые силы, гильбертово пространство, напряженно-деформированное состояние, непотенциальные силы.*

A NEW METHOD FOR ANALYZING THE EFFECT OF BODY FORCES INDUCED BY NANODISPERSED MAGNETIC FLUIDS ON STATES OF ELASTIC SOLIDS

Penkov Viktor Borisovich
doctor of physical and mathematical sciences, professor of department of general mechanics,
Lipetsk state technical university, Lipetsk, Russian Federetion. E-mail: vbpenkov@mail.ru
Levina Lyubov Vladimirovna,
candidate of physic and mathematical sciences, associate professor of department of applied mathematics, Lipetsk state technical university, Lipetsk, Russian Federetion.
E-mail: satalkina_lyubov@mail.ru
Levin Maxim Yur'evich,
Candidate of Technical Sciences, All-Russian Research Institute for the use of machinery and petroleum products in agriculture, Tambov, Russian Federetion. E-mail: lmu@list.ru
Kuzmenko Nikita Vasil'evich
seeker of department of general mechanics,
Lipetsk state technical university, Lipetsk, Russian Federetion.
E-mail: nik2.kuzmenko@mail.ru.

Abstract. *The calculation of the elastic state of the body of the classical theory of elasticity is traditionally performed for conservative mass forces. Modern technologies allow to obtain elastic materials with advanced physical properties (e.g., impregnation of the traditional patterns by nanodispersed magnetic fluids) what mass forces are generated by the external magnetic field and can take almost arbitrary character. Method of evaluation of elastic fields, caused from non-conservative mass forces, theoretically exists, relies on the integral nebulosity with kernels of Grin and therefore not effective. In the article, a new efficient for practical purposes method of construction of field due to the non-conservative forces of continuous character is suggested, tested and proved out.*

Keywords: *nanodispersed magnetic fluids, body forces, Hilbert space, stress-strain states, non-potential force.*

Introduction. The observed acceleration of scientific-technical progress has already led to the creation of new materials (composites), effectively used in aerospace industries. These trends in the near future will certainly be gaining ground in other branches, in particular for the improvement of agricultural machinery. A promising technology is the impregnation of the porous framework of nanodispersed fluids, after curing, finished product will have significant functional advantages over their conventional counterparts, but will get also side effects, which will become a necessity for designers, while effective techniques for this do not exist yet. For example, when using nanodispersed magnetic fluids under the influence of external electromagnetic fields will arise the body force in the body construction, the neglect of which is unacceptable from the standpoint of ensuring strength. Such forces obviously will not have a potential nature. Existing effective methods of evaluation of the stress-strain state are guided by the conservative mass forces (gravitational, inertial). Development of a method to analyze the impact of the power factors of the nonconservative nature of the task is current, relevant.

1. Description of the object and method of research

Analysis of linear isotropic elastostatic fields commonly factors in the following basic medium equations: Cauchy equations, Hooke's law, and the equilibrium equation

$$\sigma_{i\,j,j} + \rho K_i = 0, \qquad (1)$$

where σ_{ij} is the stress tensor component, ρ is the density of the material, and K_i is the body force. The next step is decomposition with the solution of the boundary problem presented as the sum of two stress-strain states (SSS), one of which is determined by body forces and the other by the same basic equations as above, but with K_i.=0. The correction from the first solution is taken in boundary conditions. In classical scenarios body forces are assumed to be conservative, as providing an example of a non-conservative force in pure mechanics is a challenge. This makes finding a field corresponding to body forces quite easy [1].

New materials produced by nanotechnology, in particular those produced by impregnation of traditional structures with nanodispersed magnetic fluids, experience the occurrence of random body forces induced by external electromagnetic fields. In theory, there is an extremely inconvenient method for analyzing states (based on random forces) using Green tensor [2], which involves the calculation of infeasible integrals and all it entails.

A general method that would make it possible to efficiently tackle the difficulties commonly arising from the existence of continuous non-conservative body forces would therefore be welcome. Such a method would be contingent on the solution of the following interrelated problems: justifica-

tion of the inverse method for building SSS based on continuous body forces and solution of related specific problems. The authors have devised such a method, with the summary provided below:

Since a displacement field in a continuous solid cannot be discontinuous, every component of the displacement vector may be represented as a series based on the Weierstrass fundamental polynomial system. The monomial $w=x^{\alpha}y^{\beta}z^{\gamma}$ may be placed in any position of the displacement vector u(x,y,z) creating a certain acceptable elastic state. E.g., in the scenario u={w,0,0} we use the sequence "Cauchy formula – generalized Hooke's law" to determine the relevant deformation and stress tensors

$$\hat{\varepsilon}=\frac{w}{2}\begin{pmatrix} 2\alpha x^{-1} & \beta y^{-1} & \gamma z^{-1} \\ \beta y^{-1} & 0 & 0 \\ \gamma z^{-1} & 0 & 0 \end{pmatrix},\quad \hat{\sigma}=w\begin{pmatrix} (\lambda+2\mu)\alpha x^{-1} & \mu\beta y^{-1} & \mu\gamma z^{-1} \\ \mu\beta y^{-1} & \lambda\alpha x^{-1} & 0 \\ \mu\gamma z^{-1} & 0 & \lambda\alpha x^{-1} \end{pmatrix},\quad (2)$$

where λ and μ are Lamé constants. The equilibrium equation (1) allows for formulating the equation for calculating the body force

$$\mathbf{K}=-\frac{w}{\rho}\begin{pmatrix} (\lambda+2\mu)\alpha(\alpha-1)x^{-2}+\mu\beta(\beta-1)y^{-2}+\mu\gamma(\gamma-1)z^{-2} \\ (\lambda+\mu)\alpha\beta x^{-1}y^{-1} \\ (\lambda+\mu)\alpha\gamma x^{-1}z^{-1} \end{pmatrix},\qquad (3)$$

ensuring the closure of relations.

By varying α, β, γ we can devise a set of such states. Various alternatives within α+β+γ≤n produce a multitude of body force vectors, whose components are represented by homogeneous polynomials up to and including the degree of n-2. Does this multitude contain a sufficient basis set for us to present any vector of continuous body forces as a Fourier series using the elements of this basis?

By generating all the alternatives within the cluster n= α+β+γ and testing their linear independence by means of numerical experiments for n= 2…12, the authors established the dependence of the number 3m of linearly independent alternatives of the vector **K** on the cluster number n (table 1):

Table 1 – Content of linearly independent elements of a force basis set depending on cluster

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$3m$	3	9	18	30	45	63	84	108	135	165	198

The cluster n contains (n–1) n /2 linearly independent polynomials, which coincides with the number of linearly independent monomials of the degree n–2. It follows that the basis set of polynomials approximating a random polynomial of the degree n–2 is complete. Thus a numerical experiment provided evidence for the availability of a basis set of vectors generated by various polynomials up to and including the degree of 10. The number of linearly independent vectors generated as per this pattern (up to the cluster n) and approximated to the degree of polynomials n–2 equals $\frac{3}{2}\sum_{i=1}^{n-1} i(i+1)$.

The basis set can be further orthogonalized within the area V with respect to the dot product

$$\left(\mathbf{K}^{(1)},\mathbf{K}^{(2)}\right)=\int_V \mathbf{K}^{(1)}\cdot\mathbf{K}^{(2)}dV$$

Any continuous vector of body forces may be represented as a Fourier series of elements of K(k) of the orthonormalized basis set:

$$\mathbf{K} = \sum_{k=1}^{\infty} c_k \mathbf{K}^{(k)}, \quad c_k = \left(\mathbf{K}, \mathbf{K}^{(k)}\right).$$

We further assess the approximation error using Bessel's inequality:

$$\delta = \sqrt{(\mathbf{K}, \mathbf{K})} - \sqrt{\sum_{k=1}^{N} c_k^2}\ .$$

The value δ is used as reference for selecting the length N of the retained interval of the basis set of the Hilbert space of body forces.

Note. Provided that body forces and density are represented as polynomials, the above algorithm results in precise SSS modeling (with no representation errors).

Each basis vector $\mathbf{K}^{(k)}$ used in the model corresponds to a displacement vector $\mathbf{u}^{(k)}$ and deformation and stress tensors $\hat{\varepsilon}^{(k)}$ and $\hat{\sigma}^{(k)}$, which collectively form an internal state

$$\xi^{(k)} = \left\{\mathbf{u}^{(k)}, \hat{\varepsilon}^{(k)}, \hat{\sigma}^{(k)}\right\}.$$

Any linear combination of vectors $\mathbf{K}^{(k)}$ corresponds to a similar combination of states $\xi^{(k)}$. I.e., by orthogonalizing a body force and expanding it into a series we can efficiently build a linear combination determining the SSS ξ conditioned by the body force **K**.

2. Description and analysis of the results

As an example, we shall analyze the expansion of a non-potential force

$$\rho\mathbf{K} = \left\{0, 0, -z\sqrt{x^2 + y^2}\right\}$$

into a series determined by a basis set interval containing 495 elements. We omit the basis set interval, the result of orthogonalization of the cube $-1 \le x,y,z \le 1$, the result of expansion into a Fourier series, and relevant SSS ξ due to the awkwardness of the required mathematical operations. We shall confine our case to comparing the curves of the given force ρK_3 and its expansion plotted on the main diagonal x=y=z joining the corners of the cube (Fig. 1).

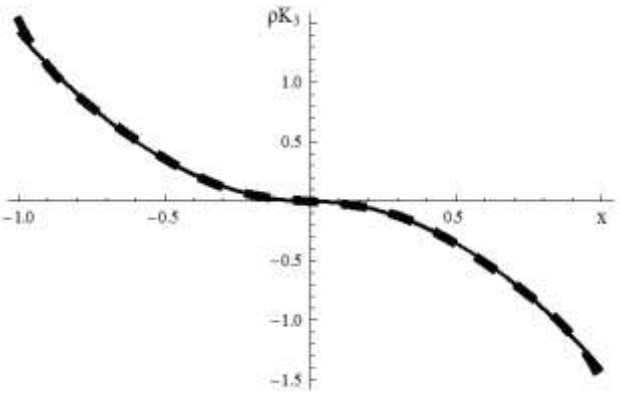


Fig. 1 – Comparing given and estimated values of a body force: dotted line for approximation and solid line for given value

As the curves show, the difference between the two values being compared is marginal. The example analysed testifies to the practical efficiency of the new method for SSS assessment based on non-conservative body forces.

Список литературы

1. Лурье А.И. Теория упругости. М.: Наука, 1970. – 940 с.
2. Лурье А.И. Пространственные задачи теории упругости. М.: Гостехиздат, 1955. – 492 с.

References

1. Lur'e A.I. Teoriya uprugosti. M.: Nauka: 1970.
2. Lur'e A.I. Prostranstvennye zadachi teorii uprugosti. M.: Gostekhizdat: 1955.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 16-41-480729 «р_а».

УДК 631.017.3: 621.181

ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕМПЕРИРОВАНИЯ СОИ В ПРОЦЕССЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Шувалов Анатолий Михайлович,
доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Российская Федерация, E-mail: vniiti@mail.ru
Машков Алексей Николаевич,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно- исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Российская Федерация, E-mail: vniiti@mail.ru
Чернов Денис Серафимович,
научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Российская Федерация, E-mail: vniiti@mail.ru
Шулаев Геннадий Михайлович,
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Российская Федерация, E-mail: tniij@yandex.ru
Вотановская Нина Александровна,
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно- исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Российская Федерация, E-mail: tniij@yandex.ru

Реферат. *Известно, что наиболее подходящим заменителем животного белка является белок сои. В зерне сои содержится 30-45% высоко растворимого (80 %) протеина, до 20% жира и сравнительно мало углеводов. Установлено, что зерно сои нельзя скармливать животным без предварительной обработки. Причина - содержание в сое трипсина, гемагглютенинов, сапонинов, гликозидов, аллергенов, фитатов, уреазы и др. опасных веществ (6-8% от общего содержания белка), блокирующих пищеварительные ферменты животных Доказана перспективность применения термической обработки сои. Изучено влияние комбинированного нагрева (сверху ИК-излучателями, снизу электронагревательной поверхностью транспортирующего устройства) на питательные свойства сои. Выявлены достоинства комбинированного нагрева: высокая равномерность прогрева по всему объему зерна (±3°С), снижение величины конечной температуры нагрева на 10 °С , сокращение времени нагрева на 20 – 40 с. Определено, что использование комбинированного нагрева увеличивает производительность установки в 1.4 раза и сокращает расход энергии на 26,4%, при этом повышается качество обработанного зерна. Определены рациональные режимы темперирования сои – выдержки нагретого зерна в теплоаккумулирующем выгрузном бункере - температоре. Установлено, что температура зерна сои за время нахождения в температоре*

не должна опускаться ниже 90 °С, а время нахождения его в температоре должно быть не менее 15 мин. при этом уровень уреазы не превышает допустимой нормы.

Ключевые слова: *соя, антипитательные вещества, термообработка, инфракрасный нагрев, активность уреазы*.

JUSTIFICATION OF THE MODES OF TEMPERING OF SOY IN THE COURSE OF HYDROHEAT TREATMENT

Shuvalov AnatoliyMichailovich,
Full Doctor of Technical Sciences, professor, laboratory chief, All-Russian Research Institutefor Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation, E-mail: vniiti@mail.ru
Mashkov Alexey Nikolaevich,
Ph.D. (Technical), Senior Researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation, E-mail: vniiti@mail.ru
Chernov Denis Seraphimovich,
researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation, E-mail: vniiti@mail.ru
Shulaev Gennadiy Michailovich,
Ph.D. in agricultural sciences, senior researcher, laboratory chief, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation, E-mail: tniij@yandex.ru
Votanovskaya Nina Alexandrovna,
Ph.D.in biological sciences, senior researcher All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation, E-mail: tniij@yandex.ru

Abstract. *It is known that the most suitable substitute for animal protein is soy protein. The soya grain contains 30-45% highly dissolved (80%) of protein, 20% fat and relatively low in carbohydrates. It is found that the soya grain cannot be fed to animals without pretreatment. The reason is the content in a soya trypsin hemagglutinin, saponin glycosides, allergens, phytates, urease etc. hazardous substances (8.6 % of total protein content) blocking animal digestive enzymes. The prospect of the application of heat treatment soya is proved. Influence of the combined heating (top by IR emitters, the bottom by surface of the electric heating of the conveying device) on the nutritional properties of soya is studied. Advantages of the combined heating, namely, high uniformity for heating of grain over the entire volume (± 3 ° C), reducing of the final heating temperature values at 10 °C, reduction of heating time to 20 – 40 s are revealed. It is determined that use of the combined heat increases the productivity of the plant by 1.4 times and reduced energy consumption of by 26.4%, thus increasing quality of the processed grain. Rational modes of tempering soya - excerpts of heated grains in the heat storage of the unloading hopper - temperator are determined. It is found that the temperature for the soya grain for residence time in temperator should not fall below 90 ° C, and its residence time in the temperature should be at least 15 minutes, while urease level does not exceed the permissible norms.*

Keywords: *soybean, anti-nutritional substances, heat treatment, infrared heating, urease activity.*

Введение. В производстве сои существует проблема ее обработки, из-за которой производители вынуждены продавать зерно по низкой цене. Необработанное зерно требует высоких дополнительных затрат из-за дорогостоящей и энергоемкой обработки зерна.

Проведенные информационно-патентные исследования показали, что для удаления антипитательных веществ наилучшей эффективностью обладает тепловая обработка зерна

при помощи различных способов получения тепла [1-3]. Также многие авторы отмечают необходимость не просто нагревать зерно до определенной температуры, но и выдерживать зерно при этой температуре определенное время. Для удешевления производства некоторые авторы предлагают использовать непродолжительную выдержку обработанного зерна в теплоизолированном бункере [4, 5]. Особенностью обработки зерна сои является также необходимость поддержания определенной влажности перед обработкой зерна сои. Многие авторы указывают на неспособность некоторых способов обработки давать стабильные качественные показатели, если не увлажнять зерно перед обработкой. Параметрами, существенно влияющими на ход технологического процесса, являются температура обработки сои и продолжительность обработки. Дополнительным параметром обработки является влажность сои, поддержание определенной влажности необходимо для увеличения теплопроводности зерна перед обработкой [6]. Проведенные различными авторами исследования показали, что вредно действующие вещества являются белками и вместе с легкорастворимыми полезными белками входят в состав зерна сои. Однако существуют показатели, по которым можно определить наличие вредного белка в сое. О количестве вредного действующего белка в сое можно судить по косвенному показателю – степени активности уреазы. В нативном состоянии в зерне сои активность уреазы составляет 2-3 ΔpH, в обработанном зерне сои безопасном для скармливания активность уреазы не должна превышать 0.2 -0.3ΔpH.

Результаты и обсуждение. В настоящее время наукой разработано достаточно способов и технологических приемов инактивации ядовитых антипитательных веществ в компонентах комбикормов, а также подготовки их к «легкому» и быстрому усвоению организмом животного. Основными способами обработки сои являются: поджаривание, микронизация, экструдирование, СВЧ-обработка, автоклавирование, проращивание и диспергирование. Каждый из них имеют свои достоинства и недостатки. До недавнего времени эффективным способом обработки считалась микронизация сои (инфракрасный нагрев). Недостатком этого способа является неравномерный прогрев внутренней части зерна, так как прогрев зерна с помощью инфракрасного теплоэнергоподвода осуществляется с одной стороны (сверху). В результате верхняя часть зерна прогревается до заданной температуры, нижняя – значительно меньше. Чтобы компенсировать неравномерность при микронизации зерна сои приходится увеличивать температуру нагрева и время обработки, что также увеличивает энергозатраты, уменьшает производительность и снижает качество обработки.

В результате теоретических и экспериментальных исследований сотрудники ФГБНУ ВНИИТ доказали перспективность применения для термической обработки сои комбинированного нагрева (сверху ИК-излучателями, снизу электронагревательной поверхностью транспортирующего устройства) [7-10].

Достоинствами системы энергообеспечения являются:

- высокая равномерность прогрева по всему объему зерна, разность температуры на оболочке зерна и в его центре не превышает ±3°С, в то время, как при некомбинированном одностороннем нагреве разность температур на верхней и нижней части зерна достигает 60°С;

- величина конечной температуры нагрева при комбинированном нагреве не более 130°С, а при некомбинированном нагреве 140°С, снижение температуры позволяет применять более щадящий режим термической обработки;

- при комбинированном нагреве сокращается время нагрева до 50-70с вместо 90с при некомбинированном нагреве, в результате увеличивается производительность установки в 1.4 раза и сокращается расход энергии на 26,4%;

- двухсторонний комбинированный нагрев позволяет увеличить качество обработанного зерна.

Технологией гидротермической обработки сои с комбинированным нагревом предусматривается кратковременный режим нагрева (50 - 70 сек) до заданной температуры и без энергозатратный режим – выдержка нагретого зерна (темперирование) в теплоаккумулирующем выгрузном бункере (температоре). И так как термоизолированный бункер не исключает теплопотери, а, следовательно, снижение температуры зерна, то главным условием является не допустить снижения температуры его в температоре ниже критической, при которой уровень уреазы (индикатор антипитательных веществ) должен быть в пределах допустимой нормы (ΔpH = 0,3…0,2). Кроме температуры зерна при темперировании важно значение имеет время выдержки.

В связи с этим, задачей исследования являлось определить рациональные режимы темперирования сои, при которых уровень уреазы не превышал бы допустимой нормы.

Экспериментальными исследованиями установлено (рисунок 1), что нагрев сои до температуры 70 °С практически не уменьшает уровень уреазы и лишь после этой температуры в диапазоне Δt = 30 °С происходит резкое снижение уреазы.

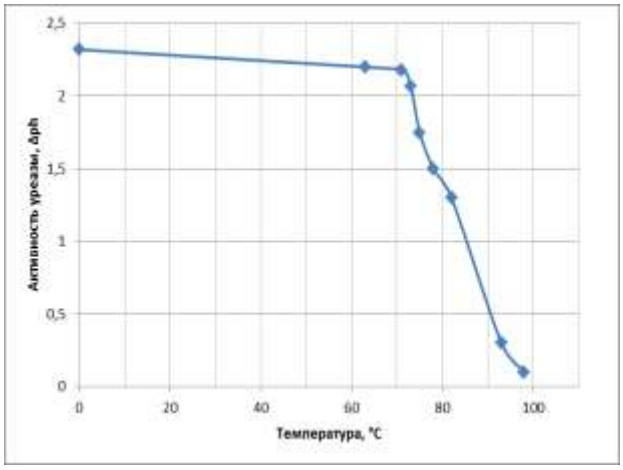


Рисунок 1 – Зависимость активности уреазы от температуры обработанного зерна сои в конце выдержки.

Из графика (рис. 1) следует, что нормативный показатель уровня уреазы достигает при температуре зерна сои в теплоизолирующем бункере равной 90 °С, то есть при более низкой температуре уреаза выше нормы, а при температуре выше 90 °С, уреаза уменьшается до нуля, но поддерживать такой режим не имеет смысла. Следовательно температуру зерна сои в температоре $t_{пд}$=90 °С следует считать предельно допустимой, ниже которой уреаза превышает норму.

Не менее важное значение в процессе термообработки имеет время нахождения зерна сои в температоре с температурой не ниже предельно допустимой. Исследованиями установлено (рис. 2), что достаточно выдерживать разогретое зерно сои в температоре 15 минут, чтобы уровень уреазы снизился до допустимого значения.

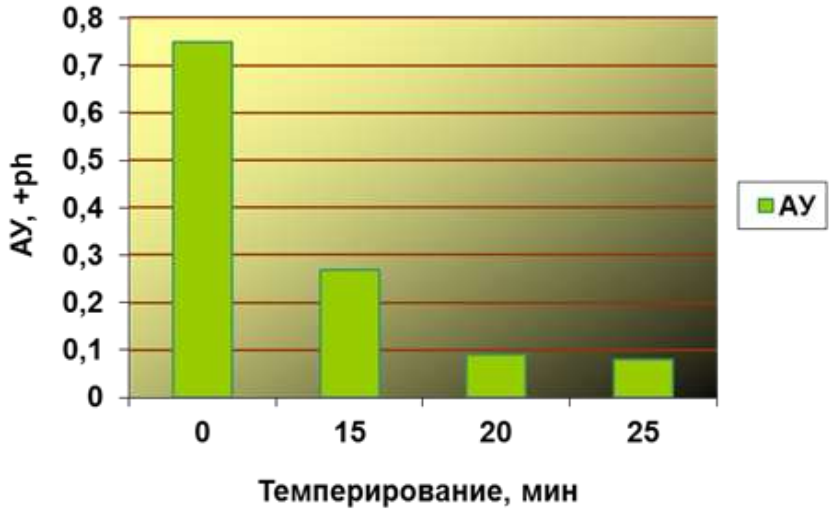


Рисунок 2 – Активность уреазы в сое в зависимости от выдержки времени в теплоизолирующей емкости.

Дальнейшее увеличение времени темперирования частично снижает уровень уреазы, но при этом увеличивается трудоемкость процесса термообработки.

Выводы. Таким образом, температура зерна сои за время нахождения в температоре не должна опускаться ниже 90 °С, а время нахождения его в температоре должно быть не менее 15 мин. При таких режимах темперирования уровень уреазы не превышает допустимой нормы.

Список литературы

1. Шувалов А.М. Перспективы применения, комбинированного электронагрева зерна сои для удаления антипитательных веществ. / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов, А.Н. Машков, В.Ф. Калинин. // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – №3(16). – С. 75–77.

2. Шувалов А.М. Влияние мощности ИК-облучения при микронизации полножирной сои Соер-5 на изменение тестовых показателей в ней. / А.М. Шувалов, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская, Р.К. Милушев, Д.С. Чернов. // Наука в центральной России. – 2013. – №1. – С. 50-53.

3. Шувалов А.М., Чернов Д.С. Технические средства транспортирования сои в процессе микронизации. / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов. // Наука в центральной России. – 2014.– №1(7). – С. 60-63.

4. Патент №2454911 Российская Федерация. МПК A47J27/17. Пищеварочная линия. / Шувалов А.М., Зазуля А.Н., Набатов К.А., Машков А.Н.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. – № 2011107747/12, заяв. 28.02.2011; опубл. 10.07.2012. Бюл. №19. – 5 с.: ил.

5. Шувалов А.М. Определение расхода электроэнергии инфракрасными излучателями на микронизацию сои. / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов, В.Ф. Калинин, К.А. Набатов. // Наука в центральной России. – 2014. – №1(7). – С. 52-55.

6. Шувалов А.М. Обоснование исходной влажности зерна сои перед термической обработкой. / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов, А.Н. Машков, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская. // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2015. – Т.20. – №2. – С. 446–448.

7. Шувалов, А.М. Оценка энергетической эффективности применения комбинированного нагрева зерна сои / А.М. Шувалов, В.Ф. Калинин, Д.С. Чернов, А.Н. Машков. // Вестник ВИЭСХ. –2015. –№2. –С. 52–56.

8. Чернов, Д.С. Экспериментальное определение оптимального соотношения тепловых потоков при комбинированном нагреве зерна сои / Д.С. Чернов, А.Н. Машков, А.М. Шувалов, Н.А. Вотановская, Г.М. Шулаев. // Вестник ВИЭСХ. –2015. –№2. –С.46–51.

9. Шувалов, А.М. Исследование качественных показателей зерна сои в процессе термообработки / А.М. Шувалов, Н.А. Вотановская, Д.С. Чернов, Г.М. Шулаев, А.Н. Машков. // Наука в центральной России. –2015. –№1. – С. 12–18.

10. Шувалов, А.М. Теоретический анализ тепловых процессов в системе энергообеспечения с комбинированным нагревом зерна сои / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов, А.Н. Машков, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская. // Наука в центральной России. –2015. –№2. С. 12–21.

References

1. Shuvalov A.M. Perspektivy primeneniya kombinirovannogo ehlektronagreva zerna soi dlya udaleniya antipitatel'nyh veshchestv. / A.M. Shuvalov, D.S. Chernov, A.N. Mashkov, V.F. Kalinin. // Vestnik VIEHSKH. – 2014. – №3(16). – S. 75 – 77.

2. Shuvalov, A.M. Teoreticheskij analiz teplovyx processov v sisteme e'nergoobespecheniya s kombinirovannym nagrevom zerna soi [Tekst] / A.M. Shuvalov, D.S. Chernov, A.N. Mashkov, G.M. Shulaev, N.A. Votanovskaya. // Nauka v central'noj Rossii. –2015. –№2. S. 12–21.

3. Shuvalov A.M., Chernov D.S. Texnicheskie sredstva transportirovaniya soi v processe mikronizacii. / A.M. Shuvalov, D.S. Chernov. // Nauka v central'noj Rossii. – 2014.– №1(7). – S. 60-63.

4. Patent №2454911 Rossijskaya Federaciya. MPK A47J27/17. Pishchevarochnaya liniya. / Shuvalov A.M., Zazulya A.N., Nabatov K.A., Mashkov A.N.; zayavitel' i patentoobladatel' GNU VNIITiN Rossel'hozakademii. – №2011107747/12, zayav. 28.02.2011; opubl. 10.07.2012. Byul. №19. – 5 s.: il.

5. Shuvalov A.M. Opredelenie rasxoda e'lektroe'nergii infrakrasnymi izluchatelyami na mikronizaciyu soi. / A.M. Shuvalov, D.S. Chernov, V.F. Kalinin, K.A. Nabatov. // Nauka v central'noj Rossii. – 2014. – №1 (7). – S. 52-55.

6. Shuvalov A.M. Obosnovanie isxodnoj vlazhnosti zerna soi pered termicheskoj obrabotkoj. / A.M. Shuvalov, D.S. Chernov, A.N. Mashkov, G.M. Shulaev, N.A. Votanovskaya. // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i texnicheskie nauki. – 2015. – T.20. – №2. – S. 446–448.

7. Shuvalov, A.M. Ocenka e'nergeticheskoj e'ffektivnosti primeneniya kombinirovannogo nagreva zerna soi / A.M. Shuvalov, V.F. Kalinin, D.S. Chernov, A.N. Mashkov. // Vestnik VIE'SX. –2015. –№2. –S. 52–56.

8. Chernov, D.S. E'ksperimental'noe opredelenie optimal'nogo sootnosheniya teplovyx potokov pri kombinirovannom nagreve zerna soi / D.S. Chernov, A.N. Mashkov, A.M. Shuvalov, N.A. Votanovskaya, G.M. Shulaev. // Vestnik VIE'SX. –2015. –№2. –S.46–51.

9. Shuvalov, A.M. Issledovanie kachestvennyx pokazatelej zerna soi v processe termoobrabotki / A.M. Shuvalov, N.A. Votanovskaya, D.S. Chernov, G.M. Shulaev, A.N. Mashkov. // Nauka v central'noj Rossii. –2015. –№1. – S. 12–18.

10. Shuvalov, A.M. Teoreticheskij analiz teplovyx processov v sisteme e'nergoobespecheniya s kombinirovannym nagrevom zerna soi / A.M. Shuvalov, D.S. Chernov, A.N. Mashkov, G.M. Shulaev, N.A. Votanovskaya. // Nauka v central'noj Rossii. –2015. –№2. S. 12–21.

УДК 631.358

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГРЕБНЕВОГО ОЧЕСЫВАЮЩЕ-ТРАНСПОРТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ОЧЕСОМ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА

Галкин Алексей Васильевич,
кандидат технических наук, ученый секретарь, «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства» (ФГБНУ ВНИИМЛ),

г. Тверь, Российская Федерация, E-mail: vniiml1@mail.ru.
Фадеев Денис Геннадьевич,
научный сотрудник, «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства» (ФГБНУ ВНИИМЛ), г. Тверь,
Российская Федерация, E-mail: vniiml1@mail.ru.
Фадеев Владислав Геннадьевич,
научный сотрудник, «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства» (ФГБНУ ВНИИМЛ), г. Тверь,
Российская Федерация, E-mail: vniiml1@mail.ru.

Реферат. *Проведены работы по минимизации энергозатрат при выполнении технологического процесса уборки льна с помощью очесывающих аппаратов льноуборочных машин. Использована экспериментальная установка, разработанная авторами, в которой применен принцип последовательного очеса, когда гребни барабана, располагаются под определенным углом к зажимному транспортеру. Это позволяет производить отделение семенных коробочек со стеблей постепенно от их верхушечной части к серединной, что способствует снижению путанины, устранению захлестывания верхушечной части ленты вокруг гребней, а также снижению другие повреждений стеблей, влияющих на выход длинного волокна. Приведены результаты экспериментальных исследований по определению фактической мощности, необходимой на привод гребневого очесывающе-транспортирующего барабана льноуборочной машины с последовательным очесом стеблей льна. Энергетические показатели определялись тензометрированием с помощью цифровой измерительно-вычислительной системы ИП 238МН. Проведен полный факторный эксперимент. В качестве независимых переменных приняты: производительность, выраженная в количестве стеблей, поданных в зажимной транспортер, и влажность льна. Данные обрабатывались методом двухфакторного дисперсионного анализа. Получена регрессионная модель мощности, необходимой на привод очесывающе-транспортирующего барабана при выполнении последовательного очеса при различных влажности материала и заданной производительности. В целом эксперимент показал, что мощность, потребляемая очесывающе-транспортирующим аппаратом, изменяется в широких диапазонах, в зависимости от исследуемых факторов. Увеличение влажности льна, а так же роста производительности приводит к увеличению мощности, потребляемой аппаратом.*

Ключевые слова: *очесывающе-транспортирующий аппарат, мощность, очес, энергозатраты.*

DATA OF ENERGY COSTS OF THE WORK OF COMB MODEL OF DESEEDING - TRANSPORTING DEVICE WITH CONSISTENT COMBING OF FLAX STEMS

Galkin Aleksei Vasilevich,
Candidate of technical sciences, scientific executive secretary,
«All -Russian Research Institute of Flax Growing Mechanization (VNIIML)»,
Tver, Russian Federation. E-mail: vniiml1@mail.ru
Fadeev Denis Gennadievich,
researcher, «All -Russian Research Institute of Flax Growing Mechanization (VNIIML)»,
Tver. Russian Federation. E-mail: vniiml1@mail.ru
Fadeev Vladislav Gennadievich
Researcher, «All -Russian Research Institute of Flax Growing Mechanization (VNIIML)»
Tver, Russian Federation. E-mail: vniiml1@mail.ru

Abstract. *Works for minimization of the power inputs when performing the technological process of flax cleaning with combing machines of flax cleaning are carried out. The experimental set-*

up, developed by the authors, in which sequential combing principle is applied when the combs of the drum, are located at a certain angle to clamp conveyor. This allows separation of bolls from the stalks gradually from their apical portion to the middle, thereby reducing of the entanglement, elimination of entanglement of the apical portion of the tape around the combs, as well as lowering other damage of stems, affecting to yield of long fiber. The results of experimental studies to determine the actual power required to the drive of the comb deseeding-transporting drum of flax cleaning machine with a serial tow of stalks of flax are shown. The energy index is determined using the strain measurement using a digital measurement computer IP 238MN system. Full factorial experiment was conducted. The performance, expressed in the number of stalks filed in the clamping conveyor belt, and the humidity of flax are adopted as the independent variables. The data were processed by two-factor dispersive analysis. The regression model of power required to the drive the deseeding-transporting drum when performing sequential deseeding at different humidity of a material and a given performance is obtained. In general the experiment showed that the power consumed by the deseeding-transporting apparatus varies over a wide range, depending on the factors studied. Increasing the humidity of flax, as well as productivity growth leads to an increase in the power consumed by the device.

Keywords: *deseeding-transporting device, power, deseeding, energy costs.*

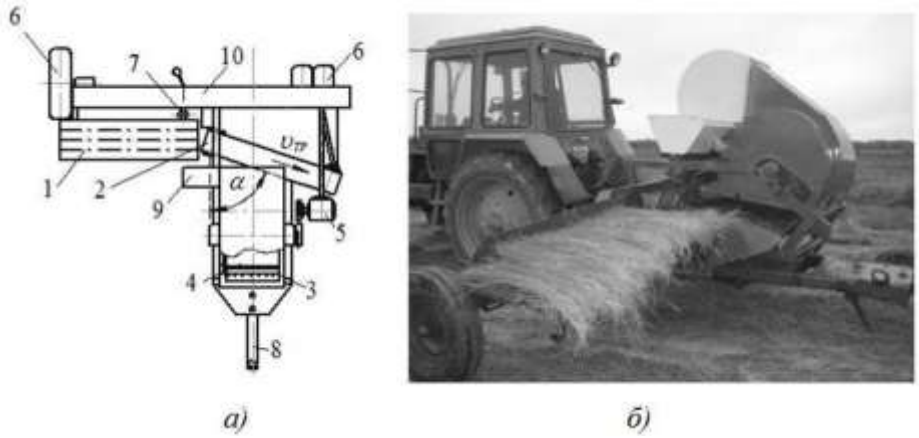
Введение. Во всем мире широко применяется уборка различных культур (льна, риса, хмеля, кенафа, лекарственных растений, кормов) очесом. Совершенствование существующих и создание новых очесывающих аппаратов остается актуальной проблемой в сельскохозяйственном машиностроении. Важной задачей при их разработке является повышение эффективности технологии уборки и снижения материальных и энергетических затрат в процессе очеса, так как он значительно влияет на количество и качество получаемой продукции, а также производительность комплекса машин в целом [1, 2].

В льносеющих хозяйствах России и Евросоюза основное применение на уборке льна получили гребневые очесывающе-транспортирующие аппараты с поступательно-круговым движением гребней, которые устанавливаются на льнокомбайнах и подборщиках-очесывателях [1]. Затратам энергии, потребляемой при работе подобными техническими средствами уделяли внимание многие авторы [1 - 7]. Однако, энергия, затрачиваемая при работе очесывающе-транспортирующего аппарата, осуществляющего последовательный очес на льне разной влажности стеблей и семенных коробочек, не определялась. Целью данного исследования являлось установление фактической мощности, потребляемой на привод очесывающего аппарата при последовательном очесе.

Экспериментальная часть. Исследования выполнялись на экспериментальной установке, разработанной авторами, схема которой представлена на рисунке 1. Использован принцип последовательного очеса, при котором гребни барабана, располагаются под углом α к зажимному транспортеру (рисунок 1, *а*) [8], позволяя отделять семенные коробочки со стеблей постепенно от их верхушечной части к серединной. Это приводит к снижению путанины, устранению захлестывания верхушечной части ленты вокруг гребней, уменьшению иных повреждений стеблей, влияющих на выход длинного волокна [9, 10].

Энергетические показатели установки определяли путем замера крутящих моментов на приводном валу очесывающего барабана 4 с помощью цифровой измерительно-вычислительной системы ИП 238МН, которая соединялась с обгонной тензометрической муфтой, установленной на валу барабана. Перед проведением опытов были заготовлены ленты льна комбайнового расстила с отключенным очесывающим аппаратом. Толщина лент льна моделировала различную производительность процесса, за счет теребления в одну, две,

три или четыре теребильные секции. Сформированные таким образом ленты льна укладывались на поперечный транспортер 1. После выхода на рабочий режим с помощью муфты включения 7 он приводился в движение, а размещенная на нем лента льна подавалась в зажимной транспортер 2. При перемещении ленты зажимным транспортером 2 через камеру очеса 3 она попадала под воздействие гребней барабана 4, в результате чего происходило отделение семенных коробочек со стеблей.



а – схема, б – общий вид;
1 – поперечный транспортер; 2 – зажимной транспортер; 3 – камера очеса;
4 – очесывающий барабан; 5 – редуктор; 6 – опорные колеса; 7 – муфта
включения поперечного транспортера; 8 – прицепное устройство;
9 – емкость для сбора льновороха; 10 – картер.

Рисунок 1- Экспериментальная лабораторно-полевая установка

Исследования проводили по схеме полного факторного эксперимента [11]. В качестве независимых переменных приняты: производительность (количество стеблей, поданных в зажимной транспортер, шт/с) и влажность льна (%).

Результаты и их обсуждение. Уровни и интервалы варьирования изучаемых факторов представлены в таблице 1. Метод двухфакторного дисперсионного анализа подтвердил влияние влажности льна и производительности установки на потребляемую аппаратом мощность с силой влияния 0,171 и 0,149, соответственно.

Регрессионным анализом опытных данных получена регрессионная модель (1) мощности $N_П$, требуемой на привод очесывающе-транспортирующего барабана при выполнении последовательного очеса:

$$N_П = 2{,}289 + 0{,}132X_1 + 0{,}078X_2 - 0{,}028X_1^2 + 0{,}012X_2^2 + 0{,}0125X_1X_2, \qquad (1)$$

где X_1 и X_2 – кодированное значение факторов производительности $П_Р$ и влажности W.

Таблица 1 - Выбранные факторы, интервалы и уровни их варьирования

Факторы						
Обозначение		Наименование	Уровни варьирования			Интервалы варьирования
в кодированных величинах	в натуральных величинах		нижний	нулевой	верхний	
			-1	0	+1	
X_1	$П_Р$, шт/с	Производительность	220	440	660	120
X_2	W, %	Влажность льна	23	46	69	23

Проверка полученной модели по критерию Фишера показала, что она адекватна экспериментальным данным.

Коэффициенты регрессионной модели показывают, что с увеличением факторов X_1 и X_2 возрастает и мощность $N_П$. Наибольшее влияние на величину мощности $N_П$ оказывает фактор X_1 (его коэффициент в уравнении регрессии составляет 0,132), а затем фактор X_2 (коэффициент 0,078). Взаимодействие факторов X_1 и X_2 оказывает меньшее влияние.

По полученной модели построены поверхность отклика и двухмерное сечение, представленные на рисунке 2.

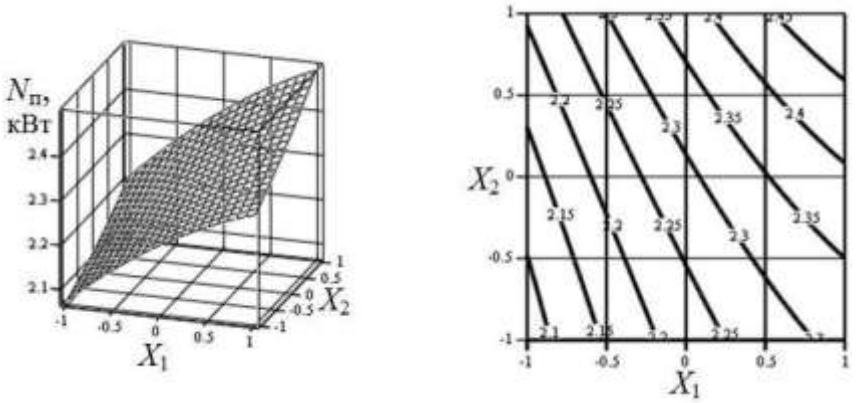


Рисунок 2 – Зависимость мощности $N_П$, на привод гребневого очесывающе-транспортирующего аппарата, от производительности X_1 и влажности X_2 льна

Анализ полученных данных показывает, что с увеличением факторов X_1 и X_2 возрастает и мощность $N_П$. Рост мощности $N_П$ с увеличением производительности (фактор X_1) объясняется увеличением секундной подачи массы льна в камеру очеса. Соответственно, чем толще лента льна, тем большее усилие требуется на ее прочес. Возрастание мощности $N_П$ с ростом влажности льна (фактор X_2) объясняется тем, что более влажные стебли льна менее упруги, поэтому более склонны к спутыванию, захлестыванию, что ведет к увеличению процента путанины в льноворохе. Следовательно, очесывающему барабану требуется большое усилие для выполнения технологического процесса. Полученные данные позволяют определить оптимальные режимы уборки при минимальных энергетических затратах.

Выводы. В целом эксперимент показал, что мощность, потребляемая очесывающе-транспортирующим аппаратом на рабочем ходу, изменяется в широких пределах, в зависимости от производительности технического средства и влажности льна. Увеличение влажности льна, а так же роста производительности приводит к увеличению мощности, потребляемой аппаратом.

Полученные результаты позволяют проводить расчеты на прочность узлов и деталей очесывающе-транспортирующего аппарата в широком диапазоне действующих нагрузок, начиная от мощности холостого хода до максимальной производительности в процессе уборки льна.

Список литературы

1. Ковалев М.М Технологии и машины для комбинированной уборки льна-долгунца: дис. … д-р техн. наук. – Тверь, 2010. – 607 с.

2 Ростовцев Р.А. Повышение эффективности уборки льна-долгунца путем разработки технологических процессов и технических средств для их осуществления: дис. … д-р техн. наук. – Тверь, 2010. – 415 с.

3. Хайлис Г.А., Ковалев М.М. Очесывающий барабан льнокомбайна: расчет расхода энергии на привод // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1999. №9. С. 22-24.

4. Галкин А.В. Мощность на привод гребневых очесывающе-транспортирующих барабанов льнокомбайна // Достижения науки и техники АПК. 2007. №4. С. 20-22.

5. Галкин А.В. Повышение эффективности льноуборочного комбайна путем совершенствования гребневого очесывающе-транспортирующего аппарата: дис. … канд. техн. наук. – Тверь, 2007. – 166 с.

6. Ковалев М.М., Фадеев Д.Г. Расчет расхода энергии на привод очесывающе-транспортирующего барабана льноуборочной машины // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2008. № 2. С. 80-82.

7. Ковалев М.М., Галкин А.В. Энергетические показатели гребневых очесывающе-транспортирующих аппаратов //Сільськогосподарські машини. 2009. № 18. С. 152-157.

8. Льноуборочная машина: пат. 2321204 Рос. Федерация: МПК A01D45/06 / Ковалев М.М., Козлов В.П., Ростовцев Р.А., Кудрявцев В.В., Фадеев Д.Г., Русакова М.М.; Хайлис Г.А.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИПТИМЛ. №2006132823/12; заявл. 14.09.06; опубл. 10.04.2008, Бюл. № 10.

9. Галкин А.В. Фадеев Д.Г. Результаты испытаний льноуборочного комбайна с последовательным очесом // Агротехника и энергообеспечение. 2014. Т. 1. № 1. С. 191-195.

10. Ковалёв М.М., Галкин А.В., Фадеев Д.Г. Влияние способа очеса ленты льна на энергетические показатели гребневого очесывающе-транспортирующего аппарата // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2014. № 3. С. 5-7.

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

References

1. Kovalyov M. M of Technology and the car for the combined flax-dolguntsa cleaning: yew. Dr.Sci.Tech. – Tver, 2010. – 607 p.

2 Rostovtsev R. A. Increase of efficiency of cleaning of flax-dolguntsa by development of technological processes and technical means for their implementation: yew. … Dr.Sci.Tech. – Tver, 2010. – 415 ps.

3. Hailis G. A., Kovalev M. M. Ocekivali drum lnokombinat: calculation of energy consumption for the drive // Tractors and agricultural machines. 1999. No. 9. P. 22-24.

4. Galkin A.V. Power to the actuator is raised ocekivala-conveying drums of lnokombinat // Advances in science and technology AIC. 2007. No. 4. P. 20-22.

5. Galkin A. V. Increase of efficiency of flax harvester through improved ridge ocekivala-conveying apparatus: dis. candidate. tech. Sciences. – Tver, 2007. – 166 p.

6. Kovalev M. M., D. G. Fadeev Calculation of energy consumption for the drive ocekivala-conveying drum machine flax // Agroengineering. Vestnik of FGOU VPO MGAU. Vol. 2(27).– M.:FGOU MGAU, 2008. P. 80-82.

7. Kovalyov M. M., Galkin A.V. Power indicators the grebnevykh of the ochesyvayushche-transporting devices//Farm vehicles. 2009. No. 18. P. 152-157.

8. Flax machine: Pat. 2321204 Grew up. Federation: IPC A01D45/06 / Kovalev M. M., Kozlov V. P., Rostovtsev, R. A., Kudryavtsev V. V., Fadeev D. G., Rusakova M. M.; Hailes G. A.; applicant and patentee of the GNU VNIPTIML. No. 2006132823/12; Appl. 14.09.06; publ. 10.04.2008, bull. No. 10.

9. Galkin A. V. Fadeev, D. G. the test Results of flax harvester serial tow // agriculture and energy supply. – 2014. - No. 1.-P. 191-195

10. Kovalyov M. M., Galkin A.V., Fadeyev D. G. Influence of a way of tow of a tape of flax on power indicators of the grebnevy ochesyvayushche-transporting device//Mechanization and electrification of agriculture. 2014. No. 3. P. 5-7.

11. Kolychev A. P. Methods and tools for integrated data analysis. 4-e Izd., Rev. and extra – M: Forum: Infra-M, 2006. – 512 p.

УДК 621.9.047

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ ОБЪЕМНОГО И СДВИГОВОГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Жачкин Сергей Юрьевич
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры АОМП, ФГБОУ «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж. E-mail: zhach@list.ru
Пеньков Никита Алексеевич
кандидат технических наук, инженер инженерно-аэродромной службы в/ч 45118
Сидоркин Олег Анатольевич
кандидат технических наук, доцент, зам. зав. кафедрой «Защитные сооружения», Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
Нелысов Сергей Васильевич
начальник отдела кадров, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Реферат. *Решение вопросов обеспечения продовольственной безопасности России и увеличения ВВП, применительно к агропромышленному комплексу (АПК), должно быть обеспечено увеличением объемов работ по наращиванию производства продовольственных ресурсов, несмотря на сложившееся техническое состояние машинно-тракторного парка (МТП). Приоритетными являются направления формирования конкурентоспособного МТП и технологического оборудования, стимулирование развития производства на предприятиях отечественного машиностроения, освоение системы высокоэффективного использования, поддержания и восстановления работоспособного состояния сельскохозяйственной техники (СХТ). Решением проблем работоспособности парка таких машин является рациональная организация и повышение качества технического обслуживания, ремонта и использования новых технологических материалов, в частности композиционных материалов. Однако, в настоящее время в виду многообразия использования композитных материалов в техническом сервисе сельскохозяйственного машиностроения, необходимы уточненные алгоритмы расчета объемного и сдвигового модуля упругости композитных материалов для обеспечения точности расчетов и, как следствие, повышения надежности сельскохозяйственной техники. Таким образом, научные исследования, направленные на разработку теоретических основ и методов расчета модулей упругости композитных материалов, обеспечивающих повышение надежности агрегатов механических трансмиссий (АМТ) СХТ имеют важное народнохозяйственное значение. В работе изложен алгоритм расчета эффективных модулей упругости композитных материалов. Представлены расчетные формулы, связывающие технологические параметры нанесения материала с эффективными модулями упругости.*

Ключевые слова*: композитный материал, модуль упругости.*

THE QUESTION OF CALCULATION BULK AND SHEAR MODULUS OF ELASTICITY OF COMPOSITE MATERIALS

Zhachkin Sergey Yurevich
Dr.Sci.Tech., professor, the professor of chair of the automated equipment of machine-building manufacture, the Voronezh state technical university, Voronezh. E-mail zhach@list.ru
Penkov Nikita Alekseevich
Cand.Tech.Sci., Engineer Engineering and airfield services m/d 45118
Sidorkin Oleg Anatolevich

Cand.Tech.Sci., associate professor, deputy. Head. Chair of "Protective Structures" Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor NE Zhukovsky and Y. Gagarin " Voronezh
Nelysov Sergey Vasilevich
Chief of Staff, the Military Training and Research Center of the Air Force "In the military-Air Force Academy named after Professor NE Zhukovsky and Y. Gagarin ". Voronezh

Abstract. *Addressing food security and increase Russia's GDP, in relation to agro-industrial complex (AIC), must be ensured an increase in the volume of work to increase production of food resources, despite the current technical condition of the machine tractor (ICC). The priority areas are the formation ICC competitive and technological equipment, encourage the development of production at enterprises of domestic mechanical engineering, development of a highly efficient use of the system, maintenance and restoration of an efficient condition of agricultural machinery (SHT). Decision of fleet performance problems is the rational organization and improving the quality of maintenance, repair and use of new technological materials, in particular composite materials. However, at the present time in view of the manifold use of composite materials in the technical service of agricultural machinery, the need to clarify the algorithms for calculating the volume and the shear modulus of elasticity of composite materials to ensure the accuracy of calculations and, as a consequence, improve the reliability of agricultural machinery. Thus, research aimed at developing the theoretical foundations and methods of calculation of the elastic moduli of composite materials that enhance the reliability of units of mechanical transmissions (AMT) SHT have great economic importance. The paper presents an algorithm for calculating the effective elastic module of composite materials. Calculated formulas relating the technological parameters of coating material with effective elastic moduli are shown.*

Keywords: *composite material elastic modulus.*

Введение. Цель работы состоит в обсуждении известных данных по прочностным свойствам хрупких композитов с дисперсными частицами и в получении новых зависимостей для оптимизации их прочности. Для этого были использованы основные представления механики разрушения, связывающие прочность с тремя определяющими ее факторами, т. е. с энергией разрушения, модулем упругости и размером частицы. Из механических свойств композитов с дисперсными частицами наиболее широко изучен и обсужден модуль упругости. Сравнение теоретических моделей с экспериментальными данными показало, что модуль упругости композита и другие упругие постоянные можно вычислить с большой точностью, если известны упругие свойства матричной фазы и дисперсной фазы, а также объемное содержание дисперсных частиц. В общем случае, дисперсная фаза либо уменьшает, либо увеличивает модуль упругости матричной фазы в зависимости от того, будет ли модуль дисперсных частиц меньше или соответственно больше модуля упругости матрицы. [1]

Результаты и их обсуждение. В связи со сложностью математического описания процессов, происходящих при деформировании двухкомпонентной анизотропной среды необходимо провести осреднение модулей упругости микронеоднородных сред. Для этого необходимо иметь разложение тензора модулей упругости по произвольной системе ортогональных базисных векторов декартовой системы координат [1].

Используя представление единичного тензора в виде суммы объемной и девиаторной составляющих можно представить тензоры модулей упругости **c** и податливости **s** изотропной среды в виде

$$c = 3KV + 2\mu D, \qquad s = 3pV + 2qD \tag{1}$$

где К – объемный модуль упругости;

μ- сдвиговый модуль упругости.

Иногда вместо (1) удобнее пользоваться следующими представлениями:

$$c = 3\lambda V + 2\mu I, \qquad s = 3sV + 2qI \tag{2}$$

где λ=К – 2/3μ - постоянная Ламе;

V – единичный объемный тензор;

I – единичный тензор четвертого ранга;

q – податливость, связанная со сдвиговым деформированием.

Из соотношения (1) и (2) находим, что податливости s, p и q выражаются через объемный и сдвиговый модули упругости при помощи соотношений

$$s = \frac{1}{9K} - \frac{1}{6\mu}, \qquad p = \frac{1}{9K}, \qquad q = \frac{1}{4\mu} \tag{3}$$

По известным модулям упругости К и μ могут быть вычислены другие постоянные упругости.

Обозначив модули упругости, полученные осреднением тензора **c** через K_v и μ_v, а осреднением тензора **s** через K_R и μ_R, можно получить следующие неравенства

$$K_R \le K^* \le K_V, \qquad \mu_R \le \mu^* \le \mu_V \tag{4}$$

где K^* - эффективный объемный модуль упругости;

μ^* - эффективный сдвиговый модуль упругости.

Эти величины связывают осредненные напряжения и деформации и именно эти модули измеряются экспериментально на образцах, размеры которых существенно превышают средний размер зерна.

В связи с вышеизложенным, получение математических зависимостей, позволяющих аналитически определять модули упругости и податливости реальных композитных сред, является весьма ценным.

Для композитного материала алгоритм расчета композиции изотропной фазы предлагается следующий.

В случае, когда композитный материал состоит из двух фаз, каждая из которых анизотропная, то средние модули упругости и податливости будут определяться правилом механического смешивания [2]:

$$\langle K \rangle = \sum v_i K_i, \qquad \langle \mu \rangle = \sum v_i \mu_i \tag{5}$$

где ⟨К⟩ - средний объемный модуль упругости;

⟨μ⟩ - средний сдвиговый модуль упругости;

K_i – сопротивление элементов матрицы композита при сжатии;

μ_i – сопротивление элементов матрицы композита при сдвиге;

N_i – концентрация внедренных инструментальных частиц в матрице композита;

N – концентрация основы композита.

$v_i = N_i/N$.

Интерпретировать выражения (5) можно следующим образом: если имеется N_i элементов с сопротивлением K_i, то сопротивление всей среды будет определяться выражением

$$K = \frac{1}{N} \sum N_i K_i \tag{6}$$

Полученные ранее формулы для эффективных модулей упругости и податливости, основанные на сингулярном приближении теории случайных функций, не учитывают связность компонентов. Поэтому они приводят при вычислении численными методами к довольно ши-

рокой вилке. Как известно из литературных данных, система мягкая матрица – жесткие включения должна обладать эффективными модулями упругости, лежащими вблизи нижней границы, а система жесткая матрица – мягкие волокна – вблизи верхней. Данное утверждение основано на том, что различные точки внутри вилки соответствуют разным структурам, причем верхняя граница должна соответствовать наиболее жесткой структуре, а нижняя – наиболее мягкой. Естественно, что эти крайние значения должны соответствовать матричным смесям.

Объемный и сдвиговый модули упругости композитного материала рассчитывают по формулам

$$K = V^{м}K^{м} + V^{в}K^{в} \qquad \mu = V^{м}\mu^{м} + V^{в}\mu^{в} \tag{7}$$

где $V^{м}$ –объем матрицы композита;

$V^{в}$ – объем включений композита;

$K^{м}$ – объемный модуль упругости матрицы композита;

$K^{в}$ –объемный модуль упругости включений.

Учитывая, что процентное соотношение композитного материала не меняется в процессе его деформации, можно записать

$$V^{м} = 1 - V^{в} \tag{8}$$

Учитывая выражение (8), выражение (7) запишется в виде

$$K = \left(1 - V^{в}\right)K^{м} + V^{в}K^{в} \qquad \mu = \left(1 - V^{в}\right)\mu^{м} + V^{в}\mu^{в} \tag{9}$$

Величины $K^{м}$ $K^{в}$ $\mu^{в}$ $\mu^{м}$ являются справочными данными. Таким образом для расчета объемного и сдвигового модуля упругости композитного материала необходимо рассчитать объем включений инструментального материала в покрытие.

Концентрация инструментальных включений в осаждаемое покрытие является функцией нескольких переменных [3]. В общем виде концентрация инструментальных включений представляет собой функциональную зависимость

$$N_i = f\left(P; HB; F; T; \mu; P_1; l_1; \tau\right) \tag{10}$$

где P, HB, F, T, μ, P_1, l_1, τ технологические характеристики проведения процесса: давление инструмента, твердость материала осаждаемого покрытия, площадь контакта инструмента с деталью, температура ведения процесса, скорость осаждения покрытия, давление начала массового переноса инструментальных частиц в покрытие, предельно допустимая толщина осаждения покрытия без корректировки режима давления, время между двумя последовательными ходами инструмента в рассматриваемой точке покрытия соответственно.

В отличие от традиционных методов обработки деталей гальваническим наращиванием металла рассматриваемый способ предполагает управляемое внедрение инструментальных частиц в осаждаемое покрытие в процессе его гальванического наращивания. Степень концентрации инструментального материала в покрытии определяет структуру получаемой матрицы композита и как следствие предопределяет физико-механические и эксплуатационные показатели детали. Зная концентрацию инструментальных включений в покрытии по ранее приведенным зависимостям можно рассчитать модули податливости и упругости конкретного композитного материала.

В связи с выше изложенным, одной из задач математического моделирования ставилась задача получения математической зависимости для определения степени концентрации инструментальных включений в композитном материале в зависимости от технологических параметров получения композита.

Концентрация инструментальных включений в получаемый композит в конкретных условиях осаждения покрытия определяется зависимостью:

$$N_i^в = \frac{P \cdot \ln HB \cdot F}{60 \cdot \ln T \cdot 1000\mu \cdot P_1 \cdot l_1 \cdot \tau} \qquad (11)$$

где: P – давление инструмента на поверхность покрытия, МПа;

HB – твердость материала осаждаемого покрытия;

F – площадь контакта инструмента с деталью, мм^2;

T – температура рабочей среды, К;

μ - скорость осаждения покрытия, мм/мин;

P_1 – давления начала массового переноса инструментальных частиц в покрытие, МПа;

l_1 – предельно допустимой толщины осаждения покрытия без корректировки режима давления, мм;

τ - время между двумя последовательными ходами инструмента в рассматриваемой точке покрытия, мин.

Объем включений в композите может быть подсчитан по формуле

$$V^в = V_1^в N_i^в \qquad (12)$$

где $V_1^в$ – объем единичной частицы инструментального материала, м^3.

$N^в$ – концентрация инструментальных частиц в покрытии

Подставляя выражение (11) в (12), выражение (9) можно переписать в виде, удобном для технологических расчетов

$$K = \left(1 - \frac{P \times \ln HB \times F \times V_1^в}{60 \times \ln T \times 1000\mu \times P_1 \times l_1 \times \tau}\right) K^м + \frac{P \times \ln HB \times F \times V_1^в}{60 \times \ln T \times 1000\mu \times P_1 \times l_1 \times \tau} \times K^в$$

$$\mu = \left(1 - \frac{P \times \ln HB \times F \times V_1^в}{60 \times \ln T \times 1000\mu \times P_1 \times l_1 \times \tau}\right) \mu^м + \frac{P \times \ln HB \times F \times V_1^в}{60 \times \ln T \times 1000\mu \times P_1 \times l_1 \times \tau} \times \mu^в$$

Заключение. В процессе обработки необходимо поддерживать заданные параметры объемного и сдвигового модуля упругости композитного покрытия по всему объему гальванически осаждаемого покрытия, т.к. именно они определяют показатели качества последнего.

С другой стороны, изменение формы и расположения включений в матрице должно изменять эффективные модули упругости. Поэтому на практике возникает необходимость в отыскании реальной действующей вилки, являющейся более узкой, нежели теоретически предполагаемая вилка, которая могла бы описывать вполне конкретную структуру.

В случае если концентрация включений не слишком мала, то в их расположении всегда имеется ближний порядок, т.е. корреляционная индикаторная функция будет представлять собой осциллирующую затухающую кривую. Если ближний порядок охватывает сравнительно большое количество зерен неоднородности, то такую структуру приближенно можно заменить регулярной со строго периодическим расположением включений. Вследствие неоднородности материала ячейки ни напряжения, ни деформации на ее гранях не будут однородными даже при однородной макродеформации. В предлагаемом методе принимается приближение однородности деформированного состояния на гранях ячейки, однако внутри ее напряженно-деформированное состояние считается неоднородным. Выбранный подход приводит к тому, что эффективный объемный модуль упругости выражается через объемные модули и концентрации компонентов и не зависит от их модулей сдвига. То же самое можно отнести и к эффективному модулю сдвига, который выражается лишь через модули сдвига компонентов и их концентрации.

Заключение. Таким образом, практическая ценность представленных исследований заключается в выработке теоретического алгоритма, позволяющего не прибегая к дорогостоящим экспериментальным исследованиям в значительно более короткое время, обладая данными по физико-механическим параметрам покрытия, рассчитать режимные параметры его осаждения, гарантирующие получения покрытия с заранее заданными физико-механическими и как следствие эксплуатационными свойствами.

Список литературы

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т1. М.: Наука, 1976. 536 с.

2. Жачкин С.Ю. Холодное гальваноконтактное восстановление деталей. Воронеж: ВГТУ, 2002. 138 с.

3. Жачкин С.Ю. Моделирование механического воздействия инструмента при получении гальванических композитных покрытий / С.Ю. Жачкин, Н.А. Пеньков, М.Н. Краснова, А.И. Краснов // Труды ГОСНИТИ. – 2015. – Т. 120. – С. 130 – 135.

References

1. Sedov, L.I. Continuum Mechanics. T 1., M .: Nauka, 1976. 536 p.

2. Zhachkin S.Yu. Cold galvanokontaktnoe remanufactured partslei. Voronezh: Voronezh state technical university, 2002. 138 p.

3. Zhachkin S.Yu. Modelling of the mechanical action instrument in the preparation of the composite plating coatings / SY Zhachkin, NA Penkov, MN Krasnov, AI Krasnov // Proceedings GOSNITI. - 2015. - T. 120. - S. 130 - 135.

УДК 621.049

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЙ В ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫХ КОМПОЗИТНЫХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЯХ

Жачкин Сергей Юрьевич
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры АОМП, ФГБОУ «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж. E-mail: zhach@list.ru
Пеньков Никита Алексеевич
кандидат технических наук, инженер инженерно-аэродромной службы в/ч 45118
Сидоркин Олег Анатольевич
кандидат технических наук, доцент, зам. зав. кафедрой «Защитные сооружения», Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
Нелысов Сергей Васильевич
начальник отдела кадров, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Реферат. *Вопросы повышения надежности деталей сельскохозяйственных машин и механизмов с одновременным уменьшением расхода металла на их производство, износа и вероятности коррозионных повреждений приобретают все большую актуальность. В условиях увеличения рабочих скоростей и нагрузок, термического и химического воздействия традиционные конструкционные материалы не обеспечивают надежности и долговечности оборудования. Решение этих вопросов связано с изменением свойств в первую очередь поверхностных слоев изделий, что наиболее целесообразно решать нанесением функциональных гальванических покрытий. Сравнительная простота процессов и широкое варьирование свойствами покрытий обусловили их широкое применение в ремонтной сфере агропромышленного комплекса. Среди физико-механических свойств покрытий внутренние*

напряжения представляют существенный интерес. Например, в покрытиях на основе железа, никеля или хрома они могут снижать прочность сцепления, вызывать их растрескивание, отслаивание, ухудшение антикоррозионных свойств и декоративных качеств. В то же время определенный уровень внутренних напряжений приводит к повышению твердости и износостойкости покрытий. Установлено, что возникновение внутренних напряжений связано как с условиями электрокристаллизации, так и с природой осаждаемых металлов. Однако до настоящего времени не были в полной мере объяснены механизмы управления ими. Разработан алгоритм формирования остаточных напряжений в гальванических композитных покрытиях на основе металлической матрицы. Изложены факторы, влияющие на формирование структуры композитных покрытий. Приведены аналитические зависимости расчета напряжений, получаемых в осаждаемом покрытии в зависимости от параметров композитного покрытия.

***Ключевые слова**: гальванические композитные покрытия, остаточные напряжения в покрытии.*

CALCULATION OF STRESSES IN DISPERSION-STRENGTHENED COMPOSITE METAL PLATING

Zhachkin Sergey Yurevich
Dr.Sci.Tech., professor, the professor of chair of the automated equipment of machine-building manufacture, the Voronezh state technical university, Voronezh. E-mail: zhach@list.ru
Penkov Nikita Alekseevich
Cand.Tech.Sci., Engineer Engineering and airfield services m/d 45118
Sidorkin Oleg Anatolevich
Cand.Tech.Sci., associate professor, deputy. Head. Chair of "Protective Structures" Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor NE Zhukovsky and Y. Gagarin " Voronezh
Nelysov Sergey Vasilevich
Chief of Staff, the Military Training and Research Center of the Air Force "In the military-Air Force Academy named after Professor NE Zhukovsky and Y. Gagarin ". Voronezh

***Abstract**. Questions to improve the reliability of parts of agricultural machinery while reducing the consumption of metal in their manufacture, wear and corrosion damage is becoming increasingly important. In the context of increasing operating speeds and heat-dressings, thermal and chemical effects of the traditional construction materials do not provide the reliability and durability of the equipment. The solution of these issues associated with the change in the properties of the surface layers of the first products that solve the most appropriate application of functional galvanic coatings. The relative simplicity of the processes and a wide variation in the properties of the coatings caused their widespread use in the repair field of agriculture. Among the physical and mechanical properties of the coating internal stress are of considerable interest. For example, they may reduce the bond strength to cause their cracking, peeling, deterioration and corrosion properties decorative qualities in coatings based on iron, nickel or chromium. At the same time, a certain level of internal stress leads to increased hardness and wear resistance of the coatings. It is found that the occurrence of internal stresses due both to the electrocrystallization conditions and with the nature of the deposited metal. However, to date not been fully explained the mechanisms of managing deposits of them. Study of this issue is devoted to this work, which is an algorithm-associated form of residual stresses in the component-tors electroplating coatings on the basis of the metal matrix. It sets out the factors influencing the formation of the structure of composite coatings. The analytical dependence of stress analysis obtained in the deposited coating, depending on the parameters of the composite coating.*

***Keywords**: electroplated composite coating, residual stresses in the coating.*

Введение. Одним из важнейших требований, предъявляемых к хромовым покрытиям, является обеспечение достаточной прочности и выносливости деталей после того, как они подверглись хромированию. Внутренние напряжения, возникающие в процессе электроосаждения хрома, увеличивают пористость осадка, ослабляют сцепляемость хрома с основным металлом, вызывают снижение прочности самого осадка и деталей, подвергнутых хромированию [1, 2]. Образование внутренних напряжений обусловлено целым рядом причин: структурными превращениями в кристаллах хрома в процессе электролиза, образованием химических соединений, включением посторонних примесей и т. д. Реализация внутренних напряжений в покрытии вызывает его трещинообразование. В последнее время многие авторы считают, что трещинообразование хромовых осадков обусловлено высокими внутренними напряжениями и адсорбционным снижением прочности кристаллов, которое вызывается различными включениями, например, сульфатами, кремнефторидами, фторидами и т. д. Метод нанесения дисперсно-упрочненных композитных покрытий на основе металлической матрицы заключается в одновременном упруго-пластическом деформировании растущих слоев гальванически осаждаемого покрытия с одновременным внедрением в него твердых частиц инструментального материала. Таким образом осуществляется процесс получения композитного гальванического покрытия.

Материалы и методы. Одной из главных задач механики композитных сред является анализ упорядоченности взаимного расположения элементов структуры материала, при расчете тензора упругих свойств композита и напряжений, возникающих в покрытии. Композитные структуры, полученные описанным выше методом, как показали исследования, являются квазипериодическими, поскольку их разупорядоченность описывается малыми смещениями включений. Рассмотрим задачу деформирования некоторой области *s* с границей *Ф*. Считаем, что материал области s является композитом матричного типа, где характерный размер неоднородностей намного меньше области s. Разупорядоченную структуру композита будем описывать статически однородными квазипериодическими разрывными по координате функциями упругих свойств, полагая, что возможно разбиение структуры композита на однотипные ячейки, каждая из которых содержит одно включение.

Результаты и их обсуждение. В качестве граничных условий примем, что форма и свойства однородных компонентов структуры заданы, а на межфазных поверхностях идеальная связь структурных элементов. В декартовой системе координат соотношения, связывающие тензор деформации $e_{ij}(r)$ и тензор напряжений $\sigma_{ij}(r)$ представляются в виде:

$$\sigma_{ij}(r) = a_{ijmn}(r) e_{mn}(r), \tag{1}$$

где $a_{ijmn}(r)$ – случайное поле структурных модулей упругости

$$a_{ijmn}(r) = a^{V}_{ijmn}\omega(r) + a^{M}_{ijmn}\left[1-\omega(r)\right] \tag{2}$$

где a^{V}_{ijmn}, a^{M}_{ijmn} - известные тензоры упругости включений и матрицы,

$\omega(r)$ - индикаторная функция включений.

В связи с тем, что деформируемое покрытие в процессе его осаждения является пленкой, деформации считаются малыми, так что выполняется соотношение Коши

$$e_{ij}(r) = 0{,}5\left[u_{ij}(r) + u_{ji}(r)\right] \tag{3}$$

Уравнения равновесия среды запишутся в виде

$$\sigma_{ij,j}(r) = 0 \tag{4}$$

Для определения компонент тензора упругих модулей композитного материала a^*_{ijmn}, согласно зависимости

$$\langle \sigma_{ij} \rangle = a^*_{ijmn} \langle e_{mn} \rangle \tag{5}$$

где $\langle e_{mn} \rangle$ - оператор осреднения по случайным однородным полям или по объему s, необходимо решить краевую задачу (1) – (4) с однородными граничными условиями

$$u_{i/\Phi} = e^*_{ij} r_j \tag{6}$$

где $e^*_{ij} = \langle e_{ij} \rangle$ - произвольный симметричный тензор второго ранга, имеющий смысл малых упругих деформаций.

Из системы дифференциальных уравнений (1), (3), (4) имеем

$$\left[a_{ijmn}(r) u_{mn}(r) \right]_j = 0 \tag{7}$$

и расчет a^*_{ijmn}, согласно (5), проводим по зависимостям

$$a^*_{ijmn} = \langle a_{ij\alpha\beta}(r) u_{\alpha\beta mn}(r) \rangle$$

$$u_{ij}(r) = u_{ijmn}(r) e^*_{mn}$$

где e^*_{ij} - известный из граничных условий тензор.

Полагаем известным решение сопутствующей периодической краевой задачи для области s

$$\left[a^P_{ijmn}(r) u^P_{mn}(r) \right]_{ij} = 0$$

$$a^P_{ijmn}(r) = a^V_{ijmn} \omega^M_{ijmn} \left(1 - \omega^P(r) \right)$$

$\omega^P(r) = \omega(r)$ – если разупорядоченность в квазипериодической структуре отсутствует.

Выделим периодические составляющие

$$a_{ijmn}(r) = a^P_{ijmn}(r) + a_{ijmn}(r); u_{ij}(r) = u^P_{ij}(r) + u_{ij}(r) \tag{9}$$

И от системы дифференциальных уравнений (7) перейдем к системе интегро-дифференциальных:

$$u'_{ij}(r) = \int G_{i\alpha\beta j}\left(r, r^{(1)}\right) \left(a'_{\alpha\beta mn}\left(r^{(1)} u^P_{mn}\left(r^{(1)}\right) + \tilde{a}_{\alpha\beta mn}\left(r^{(2)}\right) u'_{mn}\left(r^{(1)}\right) \right) \right) dr^{(1)} \tag{10}$$

$G_{i\alpha}\left(r, r^{(1)}\right)$ - тензор Грина неограниченной однородной среды с тензором упругости $h_{ijmn}; \tilde{a}_{ijmn}(r) = a_{ijmn}(r) - h_{ijmn}$.

В [3] изложено разложение второй производной тензора Грина на сингулярную, пропорциональную дельта-функции Дирака и регулярную составляющие. Сингулярное приближение решения уравнения типа (9), согласно [3] основано на приближенном равенстве своей сингулярной составляющей. Проведя несложные преобразования, осредненное уравнение решаем в сингулярном приближении и, доказав вспомогательное соотношение

$$\frac{\left\langle \omega''^P \left(\omega'' \right)^k \right\rangle}{\left\langle \left(\omega'' \right)^{k+1} \right\rangle} = P = const(k)$$

Где $\omega''(r) = \omega(r) - G_V, \omega''^P(r) = \omega^P(r) - G_V$ - пульсации индикаторных функций; $G_V = \langle \omega \rangle$ - относительное объемное содержание волокон; k = 1, 2, …; P – коэффициент периодичности разупрочненной структуры вычисляется по формуле

$$P = \frac{\left\langle \omega\omega^{P} \right\rangle - G_V^2}{G_V\left(1 - G_V\right)}$$

Получим выражение

$$a^{*}_{ijmn} = a^{*P}_{ijmn} P + a^{*0}_{ijmn}\left(1 - P\right) \qquad (11)$$

Полученная выше формула служит для расчета тензора упругих свойств a^{*}_{ijmn} композита с разупорядоченной структурой через a^{*P}_{ijmn} и a^{*0}_{ijmn} - тензоры упругости композитов с периодической структурой и структупой «статистическая смесь» [3], соответственно, и с использованием P – коэффициента периодичности. Компоненты тензора a^{*P}_{ijmn} вычисляются с использованием численных методов на ячейке периодичности неразупорядоченной структуры, а компоненты тензора a^{*0}_{ijmn} вычисляются по известным аналитическим формулам [3].

Поля деформирования на структурном уровне композитного покрытия вычисляются методом периодических составляющих, не прибегая к сингулярному приближению, эффективному лишь при вычислении упругих свойств композита. Используя соотношения

$$a_{ijmn}\left(r\right) = a^{P}_{ijmn}\left(r - \delta\left(n\right)\right), \qquad u_i\left(r\right) = u_i^{P}\left(r - \delta\left(n\right)\right) + u_i^{0}\left(r\right) \qquad (12)$$

где δ – вектор смещения включений из периодического неразупорядоченного положения в n – ой ячейке. Дифференциальные уравнения (7) преобразуем в интегро-дифференциальные

$$u_i^{0}\left(r\right) = \int_s G_{i\alpha}\left(r.r^{(1)}\right)\left(a^{P}_{\alpha\beta mn}\left(r^{(1)} - \delta\left(n\right)\right)\frac{\partial}{\partial r_n^{1}} u_m^{P}\left(r^{(1)} - \delta\left(n\right)\right) + \tilde{a}_{\alpha\beta mn}\left(r^{(1)}\right)\frac{\partial}{\partial r_n^{1}} u_m^{0}\left(r^{(1)}\right)\right)\beta^{dr} \qquad (13)$$

$G_{i\alpha}\left(r, r^{(1)}\right)$ - тензор Грина области с элементарным неоднородным полем.

Согласно методу последовательных приближений, решение уравнения (13) представим в виде асимптотического ряда:

$$u_i^{(1)}\left(r\right) = \int_D G_{i\alpha}\left(r, r^{(1)}\right)\frac{\partial}{\partial r_\beta^{(1)}}\left(a^{P}_{\alpha\beta mn}\left(r^{(1)} - \delta\left(n\right)\right)\frac{\partial}{\partial r_n^{(1)}} u_m^{P}\left(r^{(1)} - \delta\left(n\right)\right)\right)\gamma dr^{(1)} \qquad (14)$$

И при t = 2, 3…

$$u_i^{t}\left(r\right) = \int_s G_{i\alpha}\left(r, r^{(1)}\right)\frac{\partial}{\partial r_\beta^{(1)}}\left(\tilde{a}_{\alpha\beta mn}\left(r^{(1)}\right)\frac{\partial}{\partial r_n^{(1)}} u^{(i-1)}\left(r^{(1)}\right)\right) dr^{(1)}$$

В выражении (14) переход от интегрирования по неограниченной области *s* к интегрированию по *D* – малой окрестности контура стохастической ячейки сделан на основе принципа локальности [3]. В *D* – окрестной *i* – грани стохастической ячейки индикаторная функция взаимного положения включений равна 2, если расстояние между соответствующей парой включений в результате разупорядоченности увеличилось, и равна 0,5 – если уменьшилась.

Заключение. Численный расчет показал, что поля напряжений с достаточной точностью описываются выражением

$$\sigma_{ij}\left(r\right) = \sigma_{ij}^{P}\left(r - \delta\left(n\right)\right) + \sigma^{P}_{ij\alpha\beta}\left(r\right)\int_D G_{\alpha\beta}\left(r, r^{(1)}\right)\frac{\partial}{\partial r_\beta^{(1)}}\left(a^{P}_{\alpha\beta mn}\left(r^{(1)} - \delta\left(m\right)\right)\frac{\partial}{\partial r_n^{(1)}} u_m^{P}\left(r^{(1)} - \delta\left(m\right)\right)\right)\gamma dr^{(1)} \qquad (15)$$

Таким образом, получена аналитическая зависимость, позволяющая управлять напряжениями в композитных дисперсно-упрочненных гальванических покрытиях на основе металлической матрицы.

Список литературы

1. Жачкин С.Ю. Влияние кинематических параметров оборудования на процесс формирования гальванических композитных покрытий / С.Ю. Жачкин, А.И. Краснов, В.В. Михайлов, Д.В. Гедзенко // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2015. - № 2. - С. 145 – 154.
2. Жачкин С.Ю. Холодное гальваноконтактное восстановление деталей. Воронеж: ВГТУ, 2002. 138 с.
3. Жачкин С.Ю. Моделирование механического воздействия инструмента при получении гальванических композитных покрытий / С.Ю. Жачкин, Н.А. Пеньков, М.Н. Краснова, А.И. Краснов // Труды ГОСНИТИ. – 2015. – Т. 120. – С. 130 – 135.

References

1. Zhachkin S.Yu. The impact of kinematic parameters of the equipment to the process of forming the composite plating coatings / S.Yu. Zhachkin, A.I. Krasnov, V.V. Mikhailov, D.V. Gedzenko // Herald Michurinsky go-statehood Agricultural University. - 2015. - № 2. - S. 145 - 154.
2. Zhachkin S.Yu. Cold galvanokontaktnoe remanufactured partslei. Voronezh: Voronezh state technical university, 2002. 138 p.
3. Zhachkin S.Yu. Simulation of mechanical impact instru-ment in the preparation of the composite plating coatings / S.Yu. Zhachkin, N.A. Penkov, M.N. Krasnova, A.I. Krasnov // Proceedings GOSNITI. - 2015. - T. 120. - S. 130 - 135.

УДК 631.3.004.58

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСОВ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРА

Иванов Николай Михайлович,
доктор технических наук, профессор, директор, Сибирский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, р.п. Краснообск, Новосибирская область
E-mail: sibime@ngs.ru
Криков Аркадий Максимович,
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Сибирский институт механизации и электрификации сельского хозяйства.
Коротких Владимир Владимирович,
кандидат технических наук, заведующий лабораторией, Сибирский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. р.п. Краснообск, Новосибирская область
Лившиц Владимир Моисеевич,
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Сибирский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. р.п. Краснообск, Новосибирская область

Реферат. *Известно, что в настоящее время происходит ускорение темпа приращений знаний и усиливается «контентный хаос», когда имеющиеся публикации рассеяны по тематике и в явном виде слабо связаны друг с другом. Если необходимо изыскать, освоить и применить необходимые знания по инженерной деятельности АПК или данные из них приходится прилагать немало усилий и тратить много времени. Развита методология систематизации и интеграции знаний по технической эксплуатации сельскохозяйственной техники. Приведены приемы формирования электронных версий комплексов публикаций с использова-*

нием компьютера тремя методами. При использовании первого метода пользователю предоставляют электронные версии публикаций, размещенные на компьютере в обычном, традиционном виде. С целью упрощения процедуры просмотра предложена структура директорий и поддиректорий. Так в директории "Автомобили. Тракторы. Сельскохозяйственные машины" представлены поддиректории: "Автомобили", "Агрегаты, системы и узлы машин", "Бульдозеры, грейферы", "Животноводческие машины", "Сельскохозяйственные и мелиоративные машины", "Тракторы". При использовании второго метода пользователь оперирует электронными публикациями, представленными в виде коллекции (корпуса) текстов в формате редактора Word. Применительно к третьему методу формируется комплекс консолидированных контентов на основе привязки фрагментов публикаций в формате редактора Word к узлам базовой структуры информационного пространства по рассматриваемой проблематике. Пользователю предоставляются определенные варианты специализированных коллекций. Приведены результаты реализации с использованием трех методов.

Ключевые слова: *техническая эксплуатация, сельскохозяйственная техника, комплекс публикаций, электронная версия, методы формирования.*

THE FORMATION OF COMPLEXES OF PUBLICATIONS ON THE TECHNICAL OPERATION OF AGRICULTURAL MACHINERY USING COMPUTER

Ivanov N. M.,
Full doctor of technical Sciences, Professor, Director, Siberian Institute of mechanization and electrification of agriculture. working village Krasnoobsk, Novosibirsk Region. E-mail: sibime@ngs.ru
Krikov A. M.,
Full doctor of technical Sciences, Professor, chief scientific officer, Siberian, Institute of mechanization and electrification of agriculture. working village Krasnoobsk, Novosibirsk Region.
Korotkih W. W.,
candidate of technical Sciences, head of laboratory, Siberian Institute of mechanization and electrification of agriculture. working village Krasnoobsk, Novosibirsk Region.
Livshits V.M.,
Full doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, Siberian Institute of mechanization and electrification of agriculture. working village Krasnoobsk, Novosibirsk Region.

Abstract*. It is known that at present there is an acceleration of pace of increments of knowledge and "a content chaos" when the available publications on the subject are scattered and explicitly loosely coupled with each other is amplified. If you want to find, to learn and apply the necessary knowledge of the agricultural engineering industry or the data it is necessary to make a lot of effort and spend a lot of time. The methodology of systematization and integration of knowledge on the technical operation of agricultural machinery is developed. Methods of forming of electronic versions for complexes of publications with using the computer in three ways are given. When using the first method, the user is provided with the electronic versions of the publications posted on the computer in the usual, traditional form. In order to simplify procedures for viewing the structure of directories and subdirectories is proposed. So the subdirectory "Cars", "The units, systems and units of machines", "Bulldozers, grabs", "Animal Machine", "Agricultural and reclamation machines", "Tractors" are presented in the directory "Cars. Tractors. Agricultural machinery". In the second method, the user operates with the electronic publications, presented as a collection of (housing) texts in Word format. In the case of the third method, complex of consolidated contents on the basis of binding of fragments of publications in Word format to the basic structure of the nodes on the considered issues of information space is formed. The user is provided certain embodiments of specialized collections. Results embodiment using the three methods are given*

Keywords: *maintenance, farm equipment, range of publications, electronic version, methods of formation.*

Введение. По сфере инженерной деятельности АПК накоплен значительный объем знаний и данных, представленных в публикациях по тем или иным аспектам, в том числе и в электронных версиях. В настоящее время происходит ускорение темпа приращений знаний и усиливается так называемый «контентный хаос», когда имеющиеся публикации рассеяны по тематике и в явном виде слабо связаны друг с другом. Поэтому при необходимости изыскать, освоить и применить необходимые знания или данные из них приходится прилагать немало усилий и тратить много времени.

Сложность решения многих производственных проблем объясняется несовершенством приемов формирования на компьютере систем знаний [1]. В определенной мере прием формирования отработан [2] применительно к множеству публикаций в сети Интернет с учетом его специфики. Однако такой прием не может быть использован в специфических условиях оперирования множеством публикаций в сфере инженерной службы АПК. Поэтому одной из задач инженерной науки является разработка более совершенных способов усвоения и использования знаний, находящихся в публикациях. Ниже дается описание одного из приемов решения такой задачи.

Применительно к проблематике технической эксплуатации техники нужны знания, отражающие как специфические технологии работы с имеющимися публикациями, так и определенные концепции и приемы, позволяющие в значительной мере повысить эффективность работы с информацией и знанием. Для этого текстовое наполнение публикаций (контент) должно быть специальным образом преобразовано, систематизировано в определенные электронные комплексы (коллекции). В качестве одного из них мы рассматриваем набор публикаций по технической эксплуатации машин как основу ее информационного обеспечения.

Методы. При формировании коллекций можно использовать следующие методы их формирования из электронных версий публикаций.

При 1-м методе пользователь оперирует электронными публикациями, находящимися на его компьютере в различных форматах, а сам набор (коллекция) публикаций определенным образом систематизируется в соответствии со сформированным (используемым) вариантом структуры пространства знаний. Схема позволяет реализовывать определенные преимущества, связанные с возможностями компьютера.

При 2-м методе пользователь оперирует электронными публикациями, представленными в виде определенной коллекции (корпуса) текстов. При этом тексты представляются в специально обработанном виде в формате редактора Word и снабжаются сервисными средствами маневрирования в информационном пространстве корпуса. В этих целях тексты публикаций снабжаются специально сформированными двухуровневыми оглавлениями, а также указателями таблиц и рисунков. Предусмотрены режимы просмотра материалов коллекции путем обозрения списка ее публикаций, оглавления выбранной публикации, просмотра выбранного пользователем фрагмента текстов, определенной таблицы и рисунка. В результате весьма существенно сокращаются затраты времени специалиста на освоение и выбор требуемых компонентов знаний за счет многоуровневого просмотра представленных сведений. Методические приемы и результаты реализации данной схемы более подробно даны в [3] и поэтому здесь не описываются.

Возможен 3-й метод, при котором пользователю предоставляются определенные варианты специализированных коллекций. Как и во второй схеме, публикации представляются в

формате редактора Word. Кроме того, текст публикации расчленяется на фрагменты в виде глав и разделов, сопровождаемые специально сформированными их двухуровневыми оглавлениями и указателями таблиц и рисунков. Комплекс формируется путем привязки выделенных фрагментов рассматриваемого множества публикаций к определенным узлам информационного пространства на основе учета соответствия содержания контента фрагментов смысловому содержанию узла пространства применением гиперссылок.

Систематизация контента такого комплекса осуществляется на основе имеющейся или специально сформированной структуры пространства информации и знаний. В качестве ее базового можно рассматривать вариант, разработанный нами и характеризующийся следующими параметрами.

Результаты и обсуждение. В качестве первого уровня структуры информационного пространства рассматриваются 16 подпространств. Основными из них являются: вещества, материалы, металлы и металлоизделия; техническая эксплуатация машин и МТП; инвентарь, инструменты, приспособления, приборы, стенды для технической эксплуатации; организация и управление технической эксплуатацией, кадры.

На втором уровне каждое подпространство представляется в виде множества областей. Переход от подпространства к его областям осуществляется с помощью гиперссылок. На третьем уровне области рассматриваются в виде множества подобластей, имеющих гипертекстовую связь с областями. На четвертом уровне подобласть рассматривается в виде множества зон. Пятый уровень представлен набором типичных вопросов. Сформированы также алфавитные указатели областей (из 127 наименований), подобластей (из 340 наименований), зон (из 369 наименований) и вопросов (из 1230 пунктов), а сама структура информационного пространства является сетевой.

При формировании коллекций публикаций по 1-му методу рекомендуется использовать следующие процедуры.

1. Файлы электронных версий публикаций размещаются в директории с условным наименованием "ЭВП ТЭМ", где ЭВП – аббревиатура слов "электронные версии публикаций".

2. В указанной директории формируются также поддиректории, отражающие те направления деятельности, по которым на компьютере представляются электронные версии публикаций.

3. Все файлы директории "ЭВП ТЭМ" размещаются, в зависимости от содержания контента публикации, в сформированных поддиректориях.

4. Если содержание публикации отражает материалы, которые можно отнести к двум и более поддиректориям, дополнительно формируется ярлык ее наименования, который затем копируется в повторяющуюся или повторяющиеся по содержанию поддиректории, оставляя публикацию в поддиректории, соответствующей смыслу первоначальной части ее наименования.

5. Аналогично п.2 в поддиректориях могут быть сформированы директории нижестоящих уровней и, в соответствии с этим, размещены необходимые файлы публикаций.

6. После размещения всех сформированных файлов с публикациями производится оценка степени заполненности поддиректорий и удаляются те, которые не содержат файлов публикаций, а при наличии мало заполненных смежных поддиректорий можно осуществлять их объединение путем перемещения файлов публикаций в объединенные поддиректории.

При практической отработке данного метода в директорию "ЭВП ТЭМ" были включены

следующие поддиректории (в дальнейшем –директории): Автомобили. Тракторы. Сельскохозяйственные машины; Информатика и ПК; Справочные; Технические дисциплины; Техническая эксплуатация.

В директории "Автомобили. Тракторы. Сельскохозяйственные машины" были представлены следующие поддиректории: "Автомобили". "Агрегаты, системы и узлы машин". "Бульдозеры, грейферы". "Животноводческие машины". "Сельскохозяйственные и мелиоративные машины". "Тракторы".

В директории "Информатика и ПК" были представлены поддиректории: "CALS-технологии". "Базы знаний и базы данных". "Информатика". "Обработка информации". "Средства Microsoft Office". "Средства работы в Интернете". "Языки программирования".

В остальных директориях также были представлены соответствующие поддиректории. В частности, в директории "Техническая эксплуатация" были представлены 16 поддиректорий, отражающих наиболее актуальные направления этой деятельности.

При создании электронных версий публикаций использованы ресурсы интернета, а также публикации, сформированные ранее в институте. При этом рассматривались публикации в виде книг.

Итоговые показатели собранного фонда по директориям следующие:

– Автомобили. Тракторы. Сельскохозяйственные машины – объем около 4 гб, файлов более 900;

– Информатика и ПК – объем около 6 гб, файлов более 1100;

– Справочные – объем около 4,4 гб, файлов более 626;

– Технические дисциплины – объем около 1,4 гб, файлов более 200;

– Техническая эксплуатация – объем около 4,3 гб, файлов более 1500.

В меру потребности были сформированы ярлыки файлов публикаций, содержащих два и более направления информации, и они размещены в соответствующих поддиректориях.

Обратимся теперь к приемам и результатам реализации 3-го метода. Как уже отмечалось выше, комплекс консолидированного контента формируется путем привязки актуализированных переводом в цифровой формат и специально подготовленных фрагментов из рассматриваемого множества публикаций к определенным узлам информационного пространства (ИП) с учетом соответствия содержания контента указанных фрагментов смысловому содержанию узла и с применением гиперссылок. Общей методологии формирования указанного комплекса в наибольшей мере удовлетворяет прием консолидации – способ систематизации и интеграции, когда несколько близких по содержанию информационных или "знаниевых" материалов сводятся в укрупненный информационный ("знаниевый") контент [4].

При подготовке фрагментов публикаций по каждой из них формируются оглавление 1-го уровня (ОГ1) и подробное оглавление (ОГ2). В качестве составляющих для ОГ1 рассматриваются наименования разделов и глав публикации. Составляющими ОГ2 являются наименования рубрик нижележащих уровней, входящие в качестве внутренних частей в разделы и главы. Здесь же учитываются рисунки и таблицы публикации. Если публикация малообъемная и не имеет глав, то ее наименование рассматривается в качестве главы.

Путем последовательного сопоставления наименований рубрик 1-го уровня публикации, т.е. ОГ1, с наименованиями узлов информационного пространства определяются те его узлы, которые наиболее близко подходят по содержанию к рассматриваемым частям публикации. Затем в этих узлах ставятся гиперссылки переходов к началам рассмотренных фрагментов публикации. Тем самым осуществляется привязка фрагмента к узлу информационного про-

странства. При формировании информации о привязке фрагмента к узлу ИП принято оперировать тройкой вида: < имя узла ИП → гиперссылка к фрагменту →наименование фрагмента раздела >. Здесь в качестве «имя узла ИП» выступает точка/место ИП, в которую осуществляется вставка гиперссылки, соответствующая привязываемой части публикации. В роли фрагмента публикации выступают те компоненты публикации, которые фигурируют в ОГ1 и ОГ2, т.е. выделены этими оглавлениями.

Методическая отработка метода производилась на основе актуализированного переводом в цифровой формат набора основных публикаций по технической эксплуатации сельскохозяйственной техники [5-8].

Преимуществом описанного приема является то, что пользователь может ознакомиться с наименованиями рубрик публикаций в оперативном режиме, не раскрывая саму публикацию, расходуя на это незначительное время. В случае необходимости или по своему усмотрению он может быстро, почти мгновенно, обратиться и к тексту выбранной рубрики, используя для этого сформированную к фрагменту гиперссылку.

Заключение. В развитие основных положений методики систематизации и интеграции знаний по технической эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники представлена общая структура формирования электронных версий публикаций по ТЭ МСХТ на компьютере, реализуемая тремя методами, позволяющими с малыми затратами времени оперировать ими.

При 1-м методе пользователю предоставляют электронные версии публикаций, размещенные на компьютере в обычном, традиционном виде. С целью упрощения процедуры просмотра предложена структура директорий и поддиректорий по проблематике деятельности специалиста ИТС, в которых размещаются сами публикации.

При 2-м методе пользователь оперирует электронными публикациями, представленными в виде коллекции (корпуса) текстов.

Применительно к 3-у методу формируется комплекс консолидированных контентов на основе привязки фрагментов публикаций к узлам базовой структуры информационного пространства по рассматриваемой проблематике. В результате применения приема упрощается структура и сокращаются затраты времени на просмотр материалов. Здесь в наибольшей мере проявляется интегрирующее свойство информационной технологии, а содержащиеся в памяти компьютера сведения сформированного комплекса можно рассматривать как своеобразную энциклопедию, вобравшую в себя синтезированные знания из множества публикаций.

Описанные методы достаточно просты и могут быть реализованы в практической работе и самими специалистами сферы технической эксплуатации сельскохозяйственной техники.

Список литературы

1. Кузин Е.С. Представление знаний и решение информационно-сложных задач в компьютерных системах // Приложение к журналу "Информационные технологии", № 4, 2004. – 36 с.

2. Манцивода А. Представление и обработка знаний в интернете. – Иркутск: Иркутский государственный университет, 2005. – 103 с.

3. Криков А.М. Методические основы формирования электронного корпуса текстов публикаций по технической эксплуатации сельскохозяйственной техники/ Актуальные вопросы научного обеспечения производства сельскохозяйственной продукции в Сибири: материалы междунар. научн.-практ. конф. /Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. научн.-исслед. ин-т механизации сельского хозяйства Россельхозакадемии. – Новосибирск, 2011. – С. 271-280.

4. Барсуков И.Б., Каплоухий С.А., Сильников Е.С. Нужна консолидация знаний. //Атомная стратегия. – № 12, 2004.

5. Черноиванов В.И., Бледных В.В., Северный А.Э. и др. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве: учебное пособие /под ред. В.И. Черноиванова. – Москва-Челябинск: ГОСНИТИ, ЧГАУ, 2003. – 992 с.

6. Курчаткин В. В., Тельнов Н. Ф., Ачкасов К. А. и др. Надежность и ремонт машин: учеб. для вузов /под ред. В. В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.

7. Юдин М.И., Кузнецов М.Н., Кузовлев А.Т. и др. Технический сервис машин и основы проектирования предприятий: учеб. для вузов – Краснодар: Совет. Кубань, 2007. – 968 с.

8. Электронный глоссарий инженера по технической эксплуатации сельскохозяйственной техники: учебно-метод. пособие/РАСХН, Сиб. отд-ние. СибИМЭ; науч. ред. Н. М. Иванов, отв. за вып. А. М. Криков/ разработ. Иванов Н. М., А. М. Криков, А. Е. Немцев, В. В. Коротких, И. В. Коптева. – Новосибирск, 2014. – 45 с.

References

1. Kuzin E.S. Predstavlenie znaniy i reshenie informatsionno-slojnyih zadach v kompyuternyih sistemah // Prilojenie k jurnalu "Informatsionnyie tehnologii", № 4, 2004. – 36 s.

2. Mantsivoda A. Predstavlenie i obrabotka znaniy v internete. – Irkutsk: Irkutskiy gosudarstvennyiy universitet, 2005. – 103 s.

3. Krikov A.M. Metodicheskie osnovyi formirovaniya elektronnogo korpusa tekstov publikatsiy po tehnicheskoy ekspluatatsii selskohozyaystvennoy tehniki/ Aktualnyie voprosyi nauchnogo obespecheniya proizvodstva selskohozyaystvennoy produktsii v Sibiri: materialyi mejdunar. nauchn.-prakt. konf. /Ros. akad. s.-h. nauk. Sib. nauchn.-issled. in-t mehanizatsii selskogo hozyaystva Rosselhozakademii. – Novosibirsk, 2011. – S. 271-280.

4. Barsukov I.B., Kaplouhiy S.A., Silnikov E.S. Nujna konsolidatsiya znaniy. //Atomnaya strategiya. – № 12, 2004.

5. CHernoivanov V.I., Blednyih V.V., Severnyiy A.E. i dr. Tehnicheskoe obslujivanie i remont mashin v selskom hozyaystve: uchebnoe posobie /pod red. V.I. CHernoivanova. – Moskva-CHelyabinsk: GOSNITI, CHGAU, 2003. – 992 s.

6. Kurchatkin V. V., Telnov N. F., Achkasov K. A. i dr. Nadejnost i remont mashin: ucheb. dlya vuzov /pod red. V. V. Kurchatkina. – M.: Kolos, 2000. – 776 s.

7. YUdin M.I., Kuznetsov M.N., Kuzovlev A.T. i dr. Tehnicheskiy servis mashin i osnovyi proektirovaniya predpriyatiy: ucheb. dlya vuzov – Krasnodar: Sovet. Kuban, 2007. – 968 s.

8. Elektronnyiy glossariy injenera po tehnicheskoy ekspluatatsii selskohozyaystvennoy tehniki: uchebno-metod. posobie/RASHN, Sib. otd-nie. SibIME; nauch. red. N. M. Ivanov, otv. za vyip. A. M. Krikov/ razrabot. Ivanov N. M., A. M. Krikov, A. E. Nemtsev, V. V. Korotkih, I. V. Kopteva. – Novosibirsk, 2014. – 45 s.

УДК 621.314.58

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ В СИСТЕМЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЙ

Набатов Константин Александрович,
кандидат технических наук, научный сотрудник, Всероссийский научно- исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Российская Федерация

Хохлов Дмитрий Юрьевич,
кандидат технических наук, Всероссийский научно- исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Российская Федерация

Машков Алексей Николаевич,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно- исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Российская Федерация, E-mail: vniiti@mail.ru
Баранов Александр Валентинович,
Всероссийский научно- исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Российская Федерация

Реферат. *Известно, что в последние годы заметно снизились надежность и качество электроснабжения в сельской местности. Исследовали защиту силовых цепей постоянного тока, широко используемых в электроустановках сельскохозяйственного производства, от короткого замыкания (КЗ). Установлено, что организация их защит от КЗ с использованием традиционных трансформаторов тока и напряжения невозможна. Существующие варианты (плавкие предохранители, автоматические выключатели с тепловыми, комбинированными и полупроводниковыми расцепителями, системы защиты на базе датчиков Холла) применимы лишь для ограниченного диапазона токов и напряжений. Предложена методика определения тока КЗ в цепях постоянного тока с учетом теплового потока рассеяния. Она позволяет вычислить ток КЗ по измеренным значениям температуры на оси вставки особой конструкции, температуры окружающего воздуха, а также скорости изменения температуры на оси вставки. Приведены: структурные схемы пускового органа системы защиты цепей постоянного тока от коротких замыканий и экспериментальной установки для его исследования, зависимости основных параметров пускового органа при протекании тока короткого замыкания во времени. Предложенное математическое описание и разработанный на его основе пусковой орган позволяют определить величину тока КЗ в цепях постоянного тока с учетом теплового потока рассеяния с высокой точностью. Экспериментальные данные совпадают с результатами моделирования (отличие не превышает 5,0 %). Учет теплового потока рассеяния дополнительно позволяет повысить точность данного пускового органа.*

Ключевые слова: *ток короткого замыкания, пусковой орган, тепловой поток рассеяния.*

IMPROVEMENT OF PROTECTION OF ELECTRIC CHAINS IN SYSTEM OF POWER SUPPLY OF AGRICULTURAL ENTERPRISES

Nabatov Konstantin Alexandrovich,
Ph.D. (Technical), researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation
Hohlov Dmitriy Yurievich,
Ph.D. (Technical), All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation
MashkovAlexey Nikolaevich,
Ph.D. (Technical), Senior Researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation, E-mail: vniiti@mail.ru
Baranov Alexandr Valentinovich,
All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation

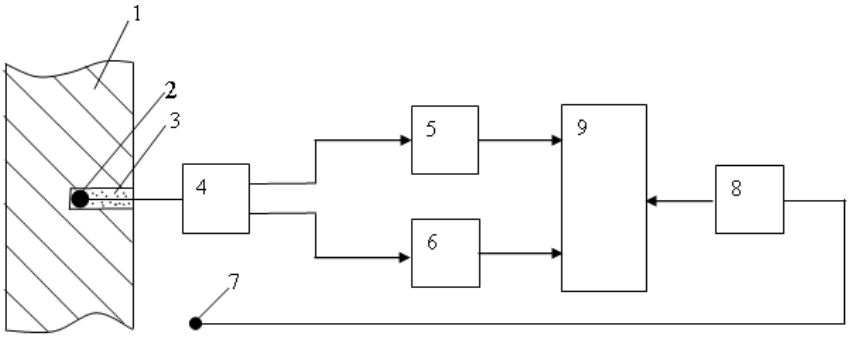
Abstract. *It is known that the reliability and quality of electricity supply in rural areas decreased significantly in recent years. Protection of power circuits direct current, widely used in electrical systems of agricultural production, short-circuit (SC) was investigated. It was found that the organization of short-circuit protection using traditional current and voltage transformers impossible. Existing versions (melting fuses, circuit-breakers with thermal, combined and semiconductor trip unit, protection on the basis of the Hall sensor system) is only applicable for a limited*

range of currents and voltages. Methods of determining the current SC in DC circuit, taking into account the flow of heat dissipation, is proposed. It allows you to calculate the short-circuit current of the measured values of the temperature on the insertion axis of special design, the ambient temperature and the speed of temperature change on the insertion axis. Structural scheme of starting body of protection system for DC circuit against short circuits and its experimental setup for the study, the time dependence of the main parameters of the starting organ while flowing short-circuit current are shown. The proposed mathematical description and developed on the basis of its starting body can determine the magnitude of the fault current in DC circuits, taking into account the flow of heat dissipation with high accuracy. Experimental data coincide the modeling results (the difference is not more than 5.0%). Accounting for thermal dispersion flow further improves the accuracy of the starting body.

Keywords: *current of short circuit, starting body, thermal stream of dispersion.*

Введение. В последние годы возросла роль энергетического обеспечения сельскохозяйственных предприятий, что связано с непропорциональным ростом тарифов на энергоресурсы, по сравнению с ценами на сельхозпродукцию, а это в значительной степени увеличило энергетическую составляющую в себестоимости продукции сельского хозяйства [1]. Резкий рост цен на топливо и энергию заставил товаропроизводителей более экономно их расходовать. Современное состояние сетей в сельской местности характеризуется их старением и ощутимым снижением технико-экономических показателей. Снизилась надежность и качество энергоснабжения, резко возросло число и продолжительность отключения электроэнергии из-за старения и аварийного состояния значительной части сельских электрических сетей, несвоевременной оплаты за потребляемую энергию, отсутствия или разрушения систем установок резервного энергоснабжения, снижения уровня эксплуатации энергоустановок. Поэтому совершенствование защиты электрических цепей в системе энергообеспечения сельхозпредприятий является актуальным.

Экспериментальная часть. Предложена методика определения тока КЗ в цепях постоянного тока с учетом теплового потока рассеяния, позволяющая вычислить его по измеренным значениям температуры на оси вставки особой конструкции, температуры окружающего воздуха, а также скорости изменения температуры на оси вставки [2, 3]. Данная методика легла в основу функционирования пускового органа системы защиты цепей постоянного тока от КЗ, структурная схема которого изображена на рисунке 1.



1 – металлическая вставка; 2, 7 – датчики (термопары); 3 – теплопроводящий диэлектрический компаунд; 4 – блок разделения сигнала; 5, 8 – преобразователи температуры с частотным выходом; 6 – устройство для измерения и сигнализации скорости изменения температуры; 9 – вычислительное устройство.

Рисунок 1 – Структурная схема пускового органа системы зашиты цепей постоянного тока от КЗ

В качестве чувствительных элементов применяются две термопары, подключенные к входам пары преобразователей температуры с частотным выходом и одного устройства для измерения и сигнализации скорости изменения температуры с частотно-импульсным выходом (рисунок 1).

Теоретические основы функционирования предложенного пускового органа подробно рассмотрены в работе [4]. Так, показано, что значение тока КЗ, протекающего через вставку, и, следовательно, через проводник, в который она установлена, в произвольный момент времени может быть найдено из следующего математического описания:

$$\begin{aligned} &-j_{\text{к}}^2 + c_{\text{v}}(T_{\text{а}})\gamma(T_{\text{а}})\frac{\partial T_{\text{а}}}{\partial t} - \frac{4\sigma(T_{\text{а}})}{d_{\text{вст}}}\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda(T_{\text{а}})\frac{\partial T_{\text{а}}}{\partial x} + j_{\text{k}}T_{\text{а}}S(T_{\text{а}})\right) + \\ &+\frac{2{,}16\sigma(T_{\text{а}})\lambda^{\text{A}}(T_0)\lambda^{\text{A}}(T_{\text{m}})}{d_{\text{вст}}}\left(\frac{d_{\text{вст}}^3 g}{v^{\text{A}}(T_0)a^{\text{A}}(T_0)}\right)^{0{,}25} \times \\ &\times\left(\frac{T_{\text{а}} - T_0}{(T_{\text{m}} + T_0)v^{\text{A}}(T_{\text{m}})a^{\text{A}}(T_{\text{m}})}\right)^{0{,}25}(T_{\text{а}} - T_0) + \frac{4\sigma(T_{\text{а}})}{d_{\text{вст}}}\sigma_{\text{сб}}T_{\text{а}}^4\varepsilon(T_{\text{а}}) = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

где $j_{\text{k}}(t)$ – величина КЗ; $T_{\text{а}}$ – температура на оси проводника по шкале Кельвина; T_0 – температура окружающей среды; $T_{\text{m}}=(T_{\text{а}}+T_0)/2$; $d_{\text{вст}}$ – диаметр вставки; γ – плотность материала проводника; λ – коэффициент теплопроводности материала проводника; σ – электрическая проводимость материала проводника; S – абсолютное значение термоэдс; λ^{A}, v^{A}, a^{A} – коэффициент теплопроводности, кинематическая вязкость и коэффициент температуропроводности для воздуха; $\sigma_{\text{сб}}$ – постоянная Стефана-Больцмана; ε – степень черноты материала вставки; c_{v} – удельная изобарная теплоемкость; g – ускорение свободного падения.

Граничные условия определяются из условия равенства температуры вставки на ее концах и температуры окружающей среды:

$$T_{\text{а}}\big|_{x=0} = T_{\text{а}}\big|_{x=l} = T_{\text{а}} \quad (2)$$

$$T_{\text{а}}(x,0) = T_0 \quad (3)$$

Для исследования пускового органа защиты цепей постоянного тока от КЗ была разработана экспериментальная установка, схема которой приведена на рисунке 2.

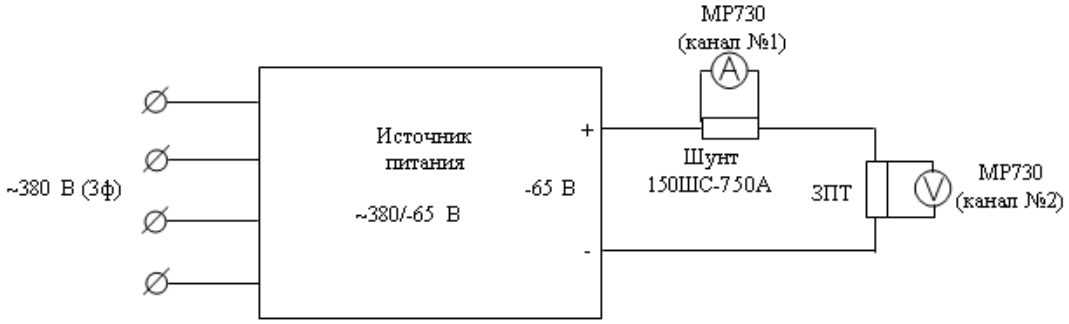


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки для исследования пускового органа защиты цепей постоянного тока от КЗ

В ходе эксперимента были использованы следующие материалы и оборудование: в качестве модели вставки - круглая медная токоведущая жила сечением 6 мм^2 с длиной рабочего отрезка 150 мм; в качестве источника питания – выпрямитель БД-313УЗ; для измерений – двухканальный вольтметр-регистратор МР730 (диапазон измерений 0-7,5 В; относительная погрешность измерений без калибровки – не более 2%, с предварительной калибровкой – не

более 1%) с доработанной приставкой-усилителем х50/х3 (дополнительные погрешности, вносимые приставкой-усилителем, составляют не более 0,1% для канала х50 и не более 0,006% для канала х3) и шунт 150ШС-750А класса точности 0,5. Регистрация температуры поверхности вставки осуществлялась тепловизором SAT Infrared SDS HotFind-VR с температурным расширением – 20/1500 (погрешность ±2°С или ±2% – выбирается большая из указанных величин).

Также была предложена методика снятия показаний, которая заключалась в следующем. В начальный момент времени тепловизор устанавливался на лабораторном штативе близ вставки таким образом, чтобы вся ее длина попадала в видоискатель, при этом точка встроенного лазерного целеуказателя фиксировалась на центральной части проекции вставки. После этого включалась запись инфракрасного видео. Затем производилось включение источника питания. По истечении 10 сек. после включения источник питания выключался, а запись останавливалась и анализировалась, при этом записывались температуры поверхности вставки с шагом по времени 1 сек. Далее эксперимент останавливался до момента остывания вставки, источника питания и других элементов схемы до температуры окружающей среды. Затем эксперимент повторялся еще несколько раз для исключения влияния случайной погрешности, после чего результаты измерений температур были усреднены. Одновременно производились измерения силы тока во вставке и падения напряжения на ней с помощью доработанного двухканального регистратора МР730. Результаты измерений также были усреднены. В дальнейшем усредненные экспериментальные данные были использованы для сравнения с результатами математического моделирования протекания тока КЗ во вставке согласно модели (1)-(3).

Были получены следующие регрессионные зависимости необходимых для расчета значения тока КЗ физических коэффициентов для электротехнической меди марки МТ от безразмерной температуры, входящих в модель (1)-(3):

– удельная изобарная теплоемкость, Дж/(кг·К):

$$c_v(\theta) = 4,6316435\theta^3 - 32,51748367\theta^2 + 98,01055061\theta + 314,3228418\,; \quad (4)$$

– теплопроводность, Вт/(м·К):

$$\lambda(\theta) = -0,6278\theta^3 + 4,61748\theta^2 - 33,6701\theta + 430,93356\,; \quad (5)$$

– степень черноты интегральная:

$$\varepsilon(\theta) = -0,00200143\theta^3 + 0,01295214\theta^2 - 0,01032024\theta + 0,023396952 \quad (6)$$

– степень черноты в направлении нормали:

$$\varepsilon(\theta) = 0,00384615\theta^2 - 0,01589744\theta + 0,02396581\,; \quad (7)$$

– термоэдс, В/К:

$$S(\theta) = -5,45400405\cdot 10^{-8}\theta^3 + 1,40861278\cdot 10^{-6}\theta^2 - \\ -6,01882667\cdot 10^{-7}\theta - 5,04807889\cdot 10^{-7} \quad (8)$$

– удельное сопротивление, Ом·м

$$\rho(\theta) = 1,65519\cdot 10^{-8}\ \theta^{1,18971} \quad (9)$$

– удельная проводимость, См/м:

$$\sigma(\theta) = 1/\ \rho(T_a) = 6,04160\cdot 10^{-7}\theta^{1,18971} \quad (10)$$

– плотность, кг/м^3:

$$\gamma(\theta) = -1,45801\theta^3 + 8,60114\theta^2 - 171,64858\theta + 9094,61730 \quad (11)$$

Регрессионные зависимости необходимых физических коэффициентов для сухого воздуха при атмосферном давлении от безразмерной температуры:

– теплопроводность, Вт/(м·К):

$$\lambda^{\text{A}}(\theta) = \frac{0,22605\theta}{7,54849 + \theta}; \quad (12)$$

– кинематическая вязкость

$$\nu^{\text{A}}(\theta) = 1,58799 \cdot 10^{-5}\theta^{1,68639}; \quad (13)$$

– температуропроводность, м^2/с:

$$a^{\text{A}}(\theta) = 2,25628 \cdot 10^{-5}\theta^{1,68961} \quad (14)$$

– удельная изобарная теплоемкость, Дж/(кг·К):

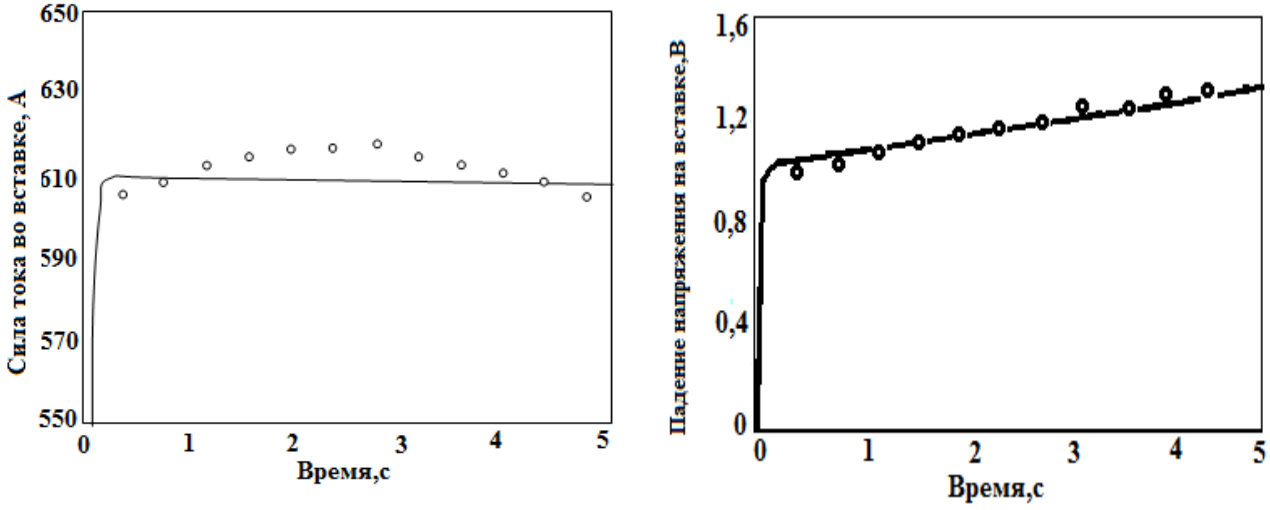
$$C_{\text{р}}(\theta) = 2,04310 \cdot 10^{-3}\theta^4 + 0,12186\theta^2 - 0,15910\theta + 1,06010; \quad (15)$$

– динамическая вязкость, Па·с:

$$\eta(\theta) = -9,86592 \cdot 10^{-4}\theta^4 + 0,02347\theta^3 - \\ -0,20869\theta^2 + 1,14679\theta + 0,03253 \quad (16)$$

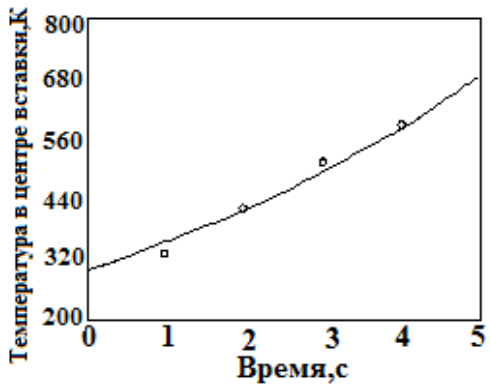
Здесь безразмерная температура $\theta = \frac{T_{\text{а}}}{T_{\text{оп}}}$ - отношение температуры на оси вставки к опорной температуре $T_{\text{оп}}$, принятой 300 К.

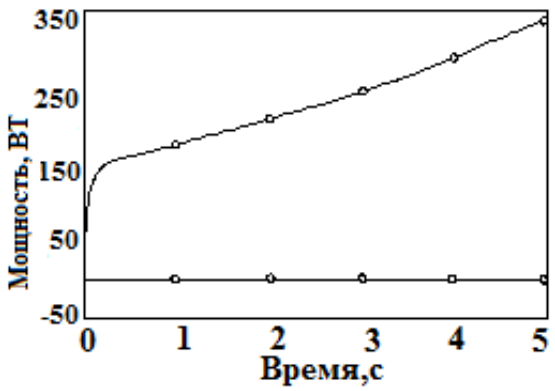
По результатам эксперимента были построены графики изменений расчетных и экспериментальных значений тока КЗ во вставке, падения напряжения на вставке, абсолютной температуры в центре вставки, а также величины тепловой мощности во вставке, выделяющейся при протекании тока КЗ, включая компоненты теплового потока рассеяния, во времени. Данные графики приведены па рисунках 3 ,4 соответственно. Из анализа представленных данных следует, что экспериментальные данные совпадают с результатами моделирования (отличие не превышает 5,0%), что позволяет сделать вывод о достаточной точности предложенного математического описания процесса протекания тока КЗ во вставке с учетом потока рассеяния (1)-(3) и, таким образом, возможности создания на базе предложенного пускового органа систем защиты от КЗ класса 5Р.



а б

Рисунок 3 – Графики изменения во времени (сплошная линия - модель, точки - экспериментальные значения): а - тока КЗ в ЗПТ ; б- падения напряжения на вставке





А б

Рисунок 4 – Графики изменения во времени: а - абсолютной температуры в центре (сплошная линия - модель, точки - экспериментальные значения); б -величины тепловой мощности, выделяющейся при протекании тока КЗ в ЗПТ (круглыми маркерами обозначено Джоулево тепло, ромбовидными тепловой поток рассеяния)

Анализ данных, представленных на рисунках 4 показывает, что с ростом температуры вставки тепловой поток рассеяния оказывает все более возрастающее влияние на тепловыделение, достигая величин порядка 2,9-3,0 %. В связи с этим можно сделать вывод, что учет теплового потока рассеяния позволяет дополнительно повысить точность предложенного пускового органа системы защиты цепей постоянного тока от КЗ на величину до 3 %.

Выводы: предложенное математическое описание и разработанный на его основе пусковой орган позволяют определить величину тока КЗ в цепях постоянного тока с учетом теплового потока рассеяния с высокой точностью по измеренным значениям температуры на оси вставки особой конструкции, температуры окружающего воздуха, а также скорости изменения температуры на оси вставки. Экспериментально установлена достаточно высокая точность предложенного математического описания пускового органа защиты цепей постоянного тока от КЗ. Учет теплового потока рассеяния дополнительно позволяет повысить точность данного пускового органа.

Список литературы

1. Стребков, Д.С., Тихомиров А.В. Перспективные направления развития и модернизации систем энергообеспечения сельского хозяйства // Вестник ГНУ ВИЭСХ. - 2009.- Вып. № 1 (4). – С. 5 – 17.

2. Кабышев, А.В. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию / А.В. Кабышев, С.Г. Обухов. – Томск: Том. Политехн. Ун-т, 2005. – 168 с.

3. Клименок, К.А. Сравнительный анализ современных датчиков / К.А. Клименко // Молодой ученый. – 2011. - №8. Т.1. – С. 66-68.

4. Хохлов Д.Ю. Система защиты электроустановок постоянного тока от коротких замыканий с частотно-импульсным представлением информации / Д.Ю. Хохлов, А.И. Фесенко // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – Том 18. – №3. – С.755-761.

References

1. Strebkov, D.S., Tihomirov A.V. Perspektivnye napravlenija razvitija i modernizacii sistem jenergoobespechenija sel'skogo hozjajstva // Vestnik GNU VIJeSH. - 2009.- Vyp. № 1 (4). – S. 5 – 17.

2. Kabyshev, A.V. Raschet i proektirovanie sistem jelektrosnabzhenija: Spravochnye materialy po jelektrooborudovaniju / A.V. Kabyshev, S.G. Obuhov. – Tomsk: Tom. Politehn. Un-t, 2005. – 168 s.

3. Klimenok, K.A. Sravnitel'nyj analiz sovremennyh datchikov / K.A. Klimenko // Molodoj uchenyj. – 2011. - №8. T.1. – S. 66-68.

4. Hohlov D.Ju. Sistema zashhity jelektroustanovok postojannogo toka ot korotkih zamykanij s chastotno-impul'snym predstavleniem informacii / D.Ju. Hohlov, A.I. Fesenko // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. – 2012. – Tom 18. – №3. – S.755-761.

УДК 620.197: 532.542.004

ТВЕРДО-ПЛЕНОЧНЫЕ БИТУМНЫЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬХОЗМАШИН ОТ КОРРОЗИИ

Таха Фирас Джума,
аспирант, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, E-mail: vitin-10.pet@mail.ru
Петрашев Александр Иванович,
доктор технических наук, старший научный сотрудник, и. о. заведующего лабораторией, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов
E-mail: vitin-10.pet@mail.ru
Кузнецова Екатерина Геннадиевна,
кандидат химических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, E-mail: vitin-10@mail.ru

Реферат. *Известно, что процесс коррозии на деталях сельскохозяйственной техники развивается постепенно, его отрицательные последствия смещены во времени и проявляют себя косвенным образом. Из-за коррозии, с одной стороны - снижается прочность деталей, а с другой - увеличиваются силовые нагрузки на них в процессе эксплуатации. В результате происходит деформация и разрушение пораженных коррозией деталей сельхозмашин. Сохранить работоспособность сельскохозяйственной техники в межсезонный период возможно при условии её консервации. Изучали процесс консервации ингибированными битумными составами. Установлено влияние содержания битума, сланцевой мастики и присадки Эмульгин на стойкость битумных покрытий при защите стали Ст3 в 3% растворе NaCl. Определены концентрации уайт-спирита для разбавления ингибированных битумных составов Б-1, Б-2 и МЭБ-3 до вязкости, при которой их можно наносить пневматическим распылителем СО-71. Исследовано влияние массы кусков битума на длительность растворения в уайт-спирите при приготовлении битумных составов. Уменьшение массы кусков с 90-95 г до 20-35 г (в 2,7-4,5 раза) привело к снижению длительности растворения битума в нагретом уайт-спирите с 92 до 50-65 мин (в 1,4-1,8 раза) и повышению производительности процесса приготовления битумных составов в 1,5 раза. Защитные покрытия из ингибированных битумных составов испытаны на атмосферостойкость в условиях Тамбовской области (Россия) и Багдада (Ирак). Атмосферостойкость битумных составов повышалась при наличии в них сланцевой мастики или мазута М-100. В летний период в Багдаде уровень коррозионных потерь незащищенной стали в 10 раз ниже, чем в Тамбовской области. За 9 месяцев испытаний степень защиты ингибированными битумными составами снизилась в Тамбовской области до 97-99%, в Багдаде – до 60%. Для условий России и Ирака разработа-*

ны рациональные технологии консервации техники ингибированными битумными составами, которые повысят уровень защиты машин от коррозии в период длительного хранения.

***Ключевые слова**: ингибированный битумный состав, коррозия, атмосферостойкость, технология консервации.*

THE SOLID-FILM OF THE BITUMEN COMPOSITION FOR PROTECTION OF AGRICULTURAL MACHINERY AGAINST CORROSION

Taha F.D.,
Postgraduate, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tambov State Technical University»,
Tambov, E-mail: vitin-10.pet@mail.ru
Petrashev A.I.,
Full Doctor of Technical Sciences, associate professor,
laboratory chief, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture,
Tambov, Russian Federation, E-mail: vitin-10.pet@mail.ru
Kuznetsova E.G.
Ph.D. (Chemical), senior researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture,
Tambov, Russian Federation, E-mail: vitin-10@mail.ru

***Abstract.** It is known that the corrosion process on the details of agricultural machinery develops gradually, its negative effects are shifted in time and indirectly manifest themselves. Due to corrosion, on the one hand - the strength of parts is reduced, and on the other - the power load on them during operation is increased. As a result, deformation and destruction of agricultural machines details of affected by corrosion occurs. The efficiency of agricultural machinery in the off-season is possible to keep on condition of its preservation. We studied the preservation process using inhibited bituminous compositions. Influence of the content of bitumen, the oil shale pastes and additives Emulgin for resistance of bituminous coatings in protecting steel St3 3% NaCl solution is set. Concentrations of white spirits for dilution of inhibited bituminous compositions B-1, B-2 and MEB-3 to the viscosity, in which they may be applied by pneumatic spray CO-71are defined. Effect of weight on length of pieces of bitumen dissolved in the mineral spirits in the preparation of bituminous compositions is investigated. Reducing of the pieces weight from 90-95 grams to 20-35 grams (2.7-4.5-fold) resulted in a reduction in the duration of dissolution bitumen in heated white spirit from 92 to 50 - 65 min (1,4-1, 8 - fold) and increase productivity of the process of preparation of bitumen compositions by 1.5 times. Protective coating from inhibited bitumen compounds is tested for weathering resistance in conditions in the Tambov region (Russia) and Baghdad (Iraq). Weathering resistance of the bitumen compositions increased in the presence of shale mastic or mazut M-100. Protection inhibited bituminous compounds decreased in the Tambov region to 97-99%, in Baghdad - up to 60% for the first 9 months of tests. In the context of Russia and Iraq developed a rational technology for conservation of technics inhibited bituminous compounds that increase the level of protection of machinery against corrosion during the long storage. Rational technology of conservation technique by inhibited bituminous compounds that increase the level of machine protection from corrosion during long-term storage, are designed for Russian and Iraqi conditions.*

***Keywords**: inhibited bituminous composition, corrosion, weathering, technology of conservation.*

Введение. Заводской уровень противокоррозионной защиты современных сельскохозяйственных машин достаточно высок благодаря использованию коррозионностойких биметаллов и атмосферостойких лакокрасочных покрытий. В процессе эксплуатации почвообрабатывающих, посевных, картофеле-и-корнеуборочных машин, комбайнов покрытия их рабо-

чих органов быстро истираются при контакте с почвой и растительной массой. Так как рабочие органы, в основном, изготовлены из углеродистых сталей, то по окончании сезона эксплуатации их открытые металлические поверхности подвергаются воздействию агрессивных факторов окружающей среды и корродируют. Процесс коррозии развивается постепенно, его отрицательные последствия смещены во времени на несколько лет вперед и проявляют себя косвенным образом. Например, коррозионные язвы на деталях, подверженных ударным нагрузкам, способствуют образованию усталостных трещин и падению ресурса деталей на 40-60%, снижению остроты режущих кромок [1]. Вследствие межкристаллитной коррозии снижается усталостная прочность сварных соединений в зоне термического влияния [2], особенно, после ремонтной сварки в условиях сельской мастерской. Повышаются коэффициенты трения при взаимодействии ржавых поверхностей рабочих органов с обрабатываемой средой. Из-за коррозии, с одной стороны - снижается прочность деталей, а с другой - увеличиваются силовые нагрузки на них в процессе эксплуатации. В результате происходит деформация и частичное разрушение конструкционных элементов сельхозмашин, устраняемое путем проведения сварочных работ. Сохранить параметры работоспособного состояния сельскохозяйственной техники в межсезонный период возможно при условии её своевременной и качественной консервации [3]. Для выполнения работ по консервации техники сельхозпредприятия должны иметь подходящие к их условиям средства противокоррозионной защиты: технологическое оборудование и консервационные материалы. По причине достаточно высокой стоимости промышленных консервационных материалов металлические поверхности сельхозмашин по-прежнему защищают отработанными моторными маслами и бензино-битумными составами, которые не дают полноценной противокоррозионной защиты на срок хранения техники. Предложения [4] по использованию для консервации техники более эффективных загущенных отработанных масел с ингибирующими коррозию добавками не востребованы механизаторами и инженерно-техническими специалистами. Основная причина неприятия загущенных консервационных масел – их маслянистое покрытие, невысыхающее за период длительного хранения машин и загрязняющее спецодежду при проведении их ремонта и регулировок.

Методика исследований. Защитные свойства и долговечность консервационного покрытия зависят от вида связующего и компонентов, которые замедляют (ингибируют) коррозию или усиливают адгезию покрытия к металлу, повышают его физико-механические свойства [5]. По результатам анализа свойств продуктов нефтехимии, широко используемых в строительстве и энергетике, выбраны компоненты для разработки твердо-пленочных консервационных составов на битумной основе. Ресурсодоступность компонентов определялась сравнительно невысоким уровнем затрат на закупку и доставку [6]. К таким продуктам отнесены:

- Битум нефтяной строительный БН 90/10 (25 руб/кг) – применяется как связующее вещество, является основным компонентом консервационных составов; определяет консистенцию состава, твердость, атмосферостойкость и долговечность покрытия. Температура плавления битума 90-110 ^{o}C, в нагретом виде растворяется уайт-спиритом.

- Мастика сланцевая уплотняющая МСУ (45 руб/кг) – представляет собой вязко текущее, медленно высыхающее вещество темно-коричневого цвета. Растворяется уайт-спиритом при температуре 80-90 ^{o}C; улучшает адгезионные свойства и стойкость битумных покрытий к солнечной радиации [7].

- Присадка ингибирующая Эмульгин (140 руб/кг) – термопластичное вещество светло-

коричневого цвета, содержит парафиновые углеводороды и амины, эффективно замедляющие коррозию стали.

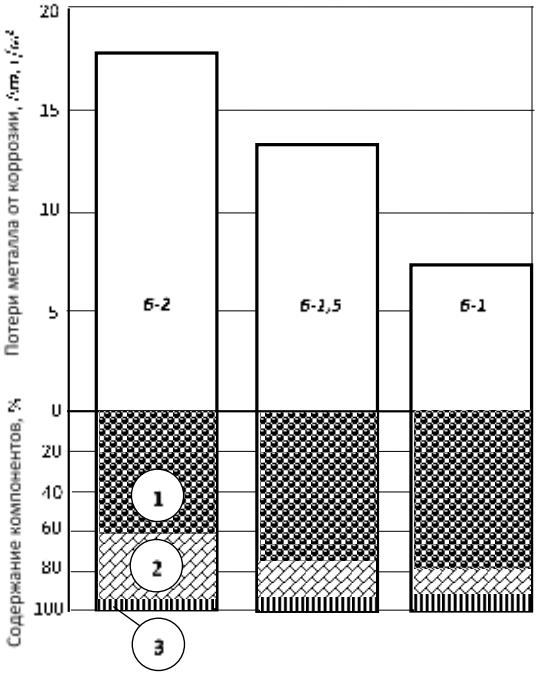
- Уайт-спирит (60 руб/кг) – органический растворитель из фракций бензина с температурой кипения 150 - 200 ^{o}C [8]. В нагретом до 100 - 110 ^{o}C уайт-спирите плавятся и растворяются твердо-пластичные компоненты. Содержание уайт-спирита влияет на технологичность нанесения покрытия и его свойства.

- Мазут М-100 (6 руб/кг) - смесь углеводородов, нефтяных смол, асфальтенов, карбенов, карбоидов; повышает атмосферостойкость битума.

Для оценки влияния содержания компонентов в консервационных составов на их защитные свойства, проведены ускоренные коррозионные исследования [9]. При планировании использована реплика полного факторного эксперимента 2^3. В качестве переменных факторов взято процентное содержание твердо-пластичных компонентов в смеси: битум, сланцевая мастика и присадка Эмульгин. Растворитель уайт-спирит добавляли к указанным компонентам по массе 2 : 1.

Путем нагрева и смешивания приготовлено 8 вариантов составов, каждым составом покрывали по 4 пластины из стали Ст3. Пластины сушили 5 суток и помещали в 3 % водный раствор NaCl; длительность исследований – 15 суток. По завершении исследований оценивали потери массы пластин (г/м^2) от коррозии на аналитических электронных весах CE 224-C. Толщину покрытия на пластинах измеряли после высыхания толщиномером Horstek TC315.

Результаты и обсуждение. По результатам ускоренных коррозионных исследований установлено влияние содержания компонентов на стойкость консервационных покрытий в 3% растворе NaCl (рисунок 1).



Содержание компонентов в покрытиях:*Б-1* (битум 80%, сланцевая мастика 12%, присадка Эмульгин 8%) *Б-1,5* (битум 75%, сланцевая мастика 19%, присадка Эмульгин 6%) *Б-2* (битум 63%, сланцевая мастика 32%, присадка Эмульгин 5%)

Рисунок 1 – Влияние содержания битума (1), сланцевой мастики (2) и присадки Эмульгин (3) на потери Δ*m* стали Ст3 от коррозии в растворе NaCl

Стойкость покрытия возрастала с увеличением содержания битума от 63 до 80% , при-

садки Эмульгин от 5 до 8%, при уменьшении содержания сланцевой мастики от 32 до 12%. При этом коррозионные потери стали снизились в 2,4 раза (с 17,76 до 7,26 г/м^2). Сланцевая мастика увеличивала текучесть составов с вертикально подвешенных пластин и снижала толщину покрытия с 12 до 9 мкм - вверху, с 19 до 15 мкм - внизу. В условиях ускоренных испытаний не проявилась способность сланцевой мастики повышать адгезию консервационного покрытия к металлу.

После обработки результатов ускоренных испытаний получено уравнение регрессии, адекватно описывающее влияние содержания битума (X_1), сланцевой мастики (X_2) и Эмульгина (X_3) на потери (Y, г/м^2) стали Ст3 от коррозии в 3% растворе NaCl:

$$Y = 11{,}44 - 2{,}53X_1 + 1{,}56X_2 - 1{,}42X_3 - 0{,}93X_1X_2 .$$

Из уравнения регрессии следует, что коррозионные потери металла снижаются при увеличении в покрытии содержания битума (X_1), Эмульгина (X_3) и при уменьшении сланцевой мастики (X_2). Так как у произведения факторов (X_1X_2) коэффициент (-0,93) значим и имеет знак минус, то уравнение регрессии указывает на необходимость увеличивать количество битума при увеличении сланцевой мастики или уменьшать количество сланцевой мастики при уменьшении битума. В обоих случаях потери металла от коррозии будут снижаться, так как коэффициент при произведении факторов (X_1X_2) сохранит знак минус.

Интерпретация уравнения регрессии позволила определить варианты битумных составов с лучшими и худшими защитными свойствами. При защите стали составом *Б-1*, содержащим битум 80%, сланцевую мастику 12%, присадку Эмульгин 8%, коррозионные потери минимальны – 6,86 г/м^2. При защите составом *Б-2*, содержащим битум 63%, сланцевую мастику 32%, присадку Эмульгин 5%, коррозионные потери максимальны – 17,88 г/м^2.

Исследована взаимосвязь условной вязкости битумных составов *Б-1* и *Б-2* с содержанием в них уайт-спирита, используемого в качестве растворителя при температуре 20-22 ^{o}С. По представленным на рисунке 2 зависимостям условных вязкостей $\nu_{ус}$ битумных составов от содержания в них уайт-спирита, определены технологически минимальные концентрации растворителя. Для битумного состава *Б-1* технологически минимальная концентрация уайт-спирита равна 58%, для состава *Б-2* она ниже – 55%. При минимальных концентрациях уайт-спирита условная вязкость составов равна 150 с ВЗ-4 и является максимально допустимой для удовлетворительного нанесения пневматическим распылителем СО-71. При этом толщина защитной пленки составляет 23-30 мкм.

С целью экономного потребления растворителя (уайт-спирита) и замещения сланцевой мастики на более доступный компонент, в битумный состав введен мазут М100. Новый ингибированный мазутно-битумный состав *МЭБ-3* содержит 31% уайт-спирита, а также битум, мазут и присадку Эмульгин. Покрытие на стальной пластине высыхает под открытым небом в течение 2-х месяцев, сохранив эластичность. Толщина покрытия после периода высыхания, измеренная на вертикальной пластине, составила в верхней части пластины 58 мкм, в нижней – 97 мкм.

При определении режимов пневматического нанесения покрытий из ингибированного битумного состава *МЭБ-3* исследовано влияние содержания растворителя и температуры нагрева на условную вязкость состава (рисунок 3).

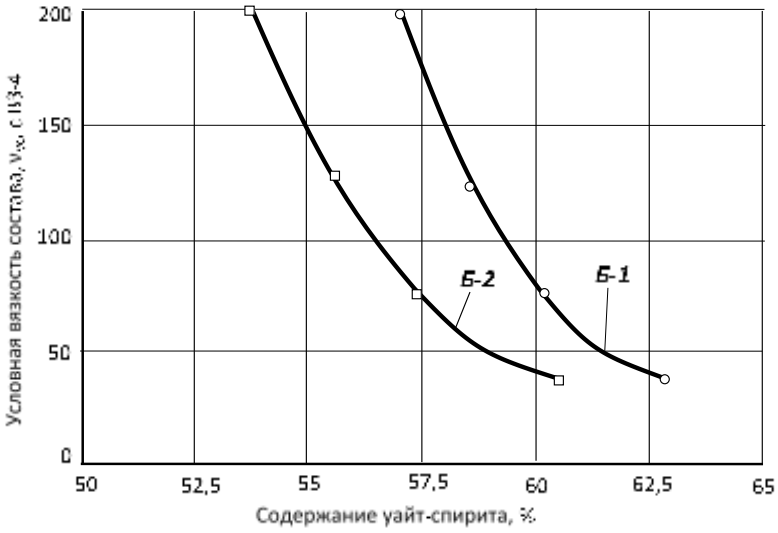


Рисунок 2 – Влияние содержания уайт-спирита на условную вязкость $\nu_{ус}$ битумных составов *Б-1* и *Б-2*

Условная вязкость *МЭБ-3* опускается ниже 150 с ВЗ-4 при нагреве свыше 37 °С. Так как в готовой форме *МЭБ-3* имеется 31% уайт-спирита, то для разбавления до рабочей вязкости (100-150 с ВЗ-4) достаточно добавить 10% растворителя. При пневматическом нанесении готовой формы мазутно-битумного состава *МЭБ-3* необходим нагрев до рабочей температуры 40-45 °С [10], при которой вязкость состава снизится до 110-130 с ВЗ-4

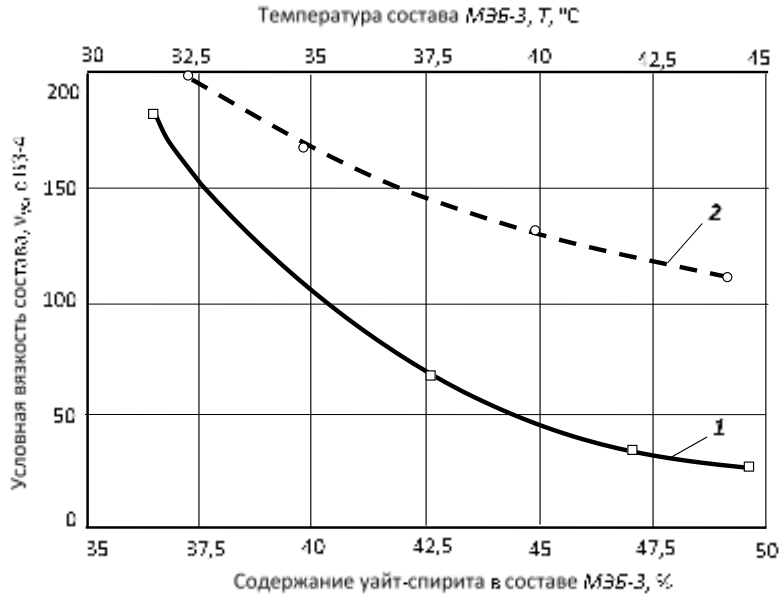


Рисунок 3 – Влияние содержания уайт-спирита (1) и температуры *Т* нагрева (2) на условную вязкость $\nu_у$ мазутно-битумного состава *МЭБ-3*

Длительность процесса приготовления битумных составов зависит от затрат времени на плавление и растворение кусков битума в уайт-спирите. Экспериментально исследовано влияние массы кусков битума на их растворение в уайт-спирите при температуре 98 °С. В уайт-спирите, нагреваемом на водяной бане, растворяли куски битума различной массы с периодическим перемешиванием в течение 1 мин через каждые 9 мин опыта, результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры растворения битума в уайт-спирите

№ п/п	Показатель	Значение показателя		
1	Масса куска битума, г	90- 95	35-40	15-20
2	Размеры куска битума в форме куба, см	4,6 х 4,6 х 4,6	3,4 х 3,4 х 3,4	2,7 х 2,7 х 2,7
3	Масса уайт-спирита в расчете на 1 кусок битума, г	180-190	70-80	30-40
4	Температура уайт-спирита, ^{o}С	98	98	98
5	Длительность растворения куска в уайт-спирите, мин	92	65	50

Уменьшение массы кусков битума с 90-95 г до 20-35 г (в 2,7-4,5 раза) привело к снижению длительности растворения битума в нагретом уайт-спирите с 92 до 50-65 мин (в 1,4-1,8 раза) и, соответственно, повышению производительности процесса приготовления битумного состава в 1,5 раза.

Таким образом, для реализации технологии приготовления мазутно-битумных составов необходим комплект оборудования, посредством которого выполняются работы по измельчению (резке) твердо-пластичных компонентов (битум, Эмульгин) на куски массой до 40 г [11], а также по их нагреву и смешиванию с уайт-спиритом и мазутом при температуре не ниже 98 ^{o}С.

Партии пластин из стали Ст3, покрытые ингибированными битумными составами *Б-1*, *Б-2* и *МЭБ-3*, были испытаны на атмосферостойкость в условиях Центрального Черноземного района России (Тамбовская область, с. Покрово-Пригородное, начало испытаний - апрель) и Республики Ирак (г. Багдад, начало испытаний - май). Наносимые составы содержали технологически минимальную концентрацию уайт-спирита.

По результатам 9-ти месячных коррозионных испытаний в России, покрытие из *МЭБ-3* обеспечивало 100 % степень защиты стальных пластин от коррозии. За счет высыхания и деструкции покрытия под действием солнечной радиации его толщина снизилась с 58 до 22 мкм в верхней и с 97 до 56 мкм – в нижней части пластин. Толщина покрытий из *Б-1* снизилась до 2 мкм вверху пластин и до 6 мкм внизу, а из состава *Б-2* – до 4 мкм вверху и до 17 мкм внизу. Коррозионные очаги наблюдались вдоль верхних ребер пластин. Степень защиты от коррозии стали Ст3 покрытиями из ингибированных битумных составов после 9 месяцев была достаточно высока (99%) в сравнении с покрытиями из традиционного бензинобитумного состава (97%). Результаты исследования покрытий в условиях средней полосы России свидетельствовали о повышении атмосферостойкости битумных составов при введении в них сланцевой мастики МСУ или мазута М-100, а также при ограничении содержания растворителя.

На атмосферостойкость покрытий из битумных составов в условиях Республики Ирак определяющее влияние оказывала высокая солнечная радиация и температура. Например, с мая по сентябрь в республике не было осадков, поэтому коррозионные разрушения отсутствовали не только на защищенных, но и на контрольных (без покрытия) пластинах из Ст3. В летний период в условиях Багдада уровень коррозионных потерь металла на контрольных пластинах составил, в среднем 0,8 г/м^2 в 1 мес. За этот же период в условиях Тамбовской области коррозионные потери металла на контрольных пластинах составили, в среднем 8,3 г/м^2 в 1 мес., то есть были в 10 раз выше, чем в Багдаде. Но под действием высокой температуры (35-40 ^{o}С) и солнечной радиации происходила деструкция битумных покрытий: они растрес-

кивались, становились хрупкими и выкрашивались в верхней части, обнажая металл. В наступивший с конца октября сезон дождей полуразрушенные покрытия плохо защищали металл – степень защиты ими составила менее 60%.

Выводы. Степень защиты стальных деталей в агрессивных растворах повышается при увеличении содержания битума в ингибированном битумном составе. Атмосферостойкость ингибированных битумных покрытий повышается при введении сланцевой мастики или мазута.

Исходя из анализа результатов исследований, обоснованы пути повышения эффективности консервации металлических поверхностей сельхозмашин ингибированными битумными составами для условий Ирака:

1. После весенних полевых работ (конец мая - июнь) рекомендована очистка поверхностей машин от почво-растительных остатков, мойка, естественная сушка и нанесение разбавленного раствора ингибированного битумного состава *Б-2* или *МЭБ-3*. Перед началом сезона дождей (в октябре) в обязательном порядке на рабочие органы следует нанести новое ингибированное битумное покрытие из состава *Б-2* или *МЭБ-3* с минимальным содержанием растворителя.

2. После осенних полевых работ (ноябрь – середина декабря) рекомендована очистка поверхностей машин от почво-растительных остатков, мойка и обдувка сжатым воздухом. Затем необходимо нанести на них ингибированное битумное покрытие из составов *Б-2* или *МЭБ-3* с минимальным содержанием растворителя.

Предлагаемая технология консервации рабочих органов сельскохозяйственной техники позволит рационально использовать в условиях России и Республики Ирак доступные битумные составы и обеспечить ими эффективный уровень противокоррозионной защиты машин на период хранения.

Список литературы

1. Севернев, М.М. Хранение сельскохозяйственной техники / М.М. Севернев, М.В. Латушкин, Н.Н. Подлекарев. - Минск: Ураджай. - 1980. - 151 с.

2. Стеклов, О.И. Основы сварочного производства / О.И. Стеклов. - М.: Высшая школа. - 1981. - 160 с.

3. Петрашев, А.И. Научно-технические основы механизации процессов консервации аграрной техники / А.И. Петрашев, С.Н. Сазонов, В.В. Клепиков // Вестник МичГАУ. - 2014. - № 4. - С. 61-67.

4. Князева Л.Г. Ингибирование коррозии отработавшими моторными маслами / Л.Г. Князева, В.И. Вигдорович, В.Д. Прохоренков // Коррозия: материалы, защита. - 2010. - № 10. - С. 25-30.

5. Петрашев, А.И. Смачивающие и защитные свойства консервационных материалов / А.И. Петрашев // Практика противокоррозионной защиты. - 2003. - № 1. - С. 16-19.

6. Петрашев, А.И. Совершенствование технологических процессов и ресурсосберегающих средств консервации сельскохозяйственной техники при хранении: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.20.03. / А.И. Петрашев - Саратов: Саратовский гос. агр. универ. им. Н.И. Вавилова. - 2007. - 48 с.

7. Использование материалов на основе битумов в качестве коррозионного покрытия в химической промышленности: Обзорная информация. Сер. Противокоррозионная защита / А.А. Козлов, В.Н. Шумилов, Л.М. Севастьянов и др. - М.: НИИТЭХИМ. - 1985. - 57 с.

8. Дринберг, С. А. Растворители для лакокрасочных материалов: Справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / С.А. Дринберг, Э.Ф. Ицко. - Л.: Химия, 1986. - 208 с.

9. Таха, Ф.Д. Битумные составы из ресурсодоступных компонентов для консервации аграрной техники / Ф.Д. Таха, А.И. Петрашев / Инженерное обеспечение инновационных тех-

нологий в АПК: материалы Международной научно-практической конференции (г. Мичуринск, 15-17 октября 2015 г.) / Мичуринский ГАУ. - Мичуринск: Изд-во «2Д Мичуринск». - 2015. - С. 267-274.

10. Петрашев, А.И. Гидродинамический нагрев вязких смазок при консервации сельхозмашин / А.И. Петрашев // Техника в сельском хозяйстве. - 2006. - С. 23-27.

11. Таха, Ф.Д. Обоснование конструкции гидравлического ножа для резки твердопластичных компонентов / Ф.Д. Таха, А.И. Петрашев / Повышение эффективности использования ресурсов при производстве - новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: сборник научных докладов XVIII Международной научно-практической конференции (г. Тамбов, 23-24 сентября 2015 г.) / ВНИИТиН. - Тамбов: Изд-во Першина Р.В. - 2015. - С.175-179.

References

1. Severnev, M.M. Xranenie sel'skoxozyajstvennoj texniki / M.M. Severnev, M.V. Latushkin, N.N. Podlekarev. - Minsk: Uradzhaj. - 1980. - 151 s.

2. Steklov, O.I. Osnovy svarochnogo proizvodstva / O.I. Steklov. - M.: Vysshaya shkola. - 1981. - 160 s.

3. Petrashev, A.I. Nauchno-texnicheskie osnovy mexanizacii processov konservacii agrarnoj texniki / A.I. Petrashev, S.N. Sazonov, V.V. Klepikov // Vestnik MichGAU. - 2014. - № 4. - S. 61-67.

4. Knyazeva L.G. Ingibirovanie korrozii otrabotavshimi motornymi maslami / L.G. Knyazeva, V.I. Vigdorovich, V.D. Proxorenkov // Korroziya: materialy, zashhita. - 2010. - № 10. - S. 25-30.

5. Petrashev, A.I. Smachivayushhie i zashhitnye svojstva konservacionnyx materialov / A.I. Petrashev // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. - 2003. - № 1. - S. 16-19.

6. Petrashev, A.I. Sovershenstvovanie texnologicheskix processov i resursosberegayushhix sredstv konservacii sel'skoxozyajstvennoj texniki pri xranenii: avtoref. dis. … d-ra texn. nauk: 05.20.03. / A.I. Petrashev - Saratov: Saratovskij gos. agr. univer. im. N.I. Vavilova. - 2007. - 48 s.

7. Ispol'zovanie materialov na osnove bitumov v kachestve korrozionnogo pokrytiya v ximicheskoj promyshlennosti: Obzornaya informaciya. Ser. Protivokorrozionnaya zashhita / A.A. Kozlov, V.N. Shumilov, L.M. Sevast'yanov i dr. - M.: NIITE'XIM. - 1985. - 57 s.

8. Drinberg, S. A. Rastvoriteli dlya lakokrasochnyx materialov: Spravochnoe posobie. 2-e izd., pererab. i dop. / S.A. Drinberg, E'.F. Icko. - L.: Ximiya, 1986. - 208 s.

9. Taxa, F.D. Bitumnye sostavy iz resursodostupnyx komponentov dlya konservacii agrarnoj texniki / F.D. Taxa, A.I. Petrashev / Inzhenernoe obespechenie innovacionnyx texnologij v APK: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (g. Michurinsk, 15-17 oktyabrya 2015 g.) / Michurinskij GAU. – Michurinsk: Izd-vo «2D Michurinsk». - 2015. - S. 267-274.

10. Petrashev, A.I. Gidrodinamicheskij nagrev vyazkix smazok pri konservacii sel'xozmashin / A.I. Petrashev // Texnika v sel'skom xozyajstve. - 2006. - S. 23-27.

11. Taxa, F.D. Obosnovanie konstrukcii gidravlicheskogo nozha dlya rezki tverdo-plastichnyx komponentov / F.D. Taxa, A.I. Petrashev / Povyshenie e'ffektivnosti ispol'zovaniya resursov pri proizvodstve - novye texnologii i texnika novogo pokoleniya dlya rastenievodstva i zhivotnovodstva: sbornik nauchnyx dokladov XVIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (g. Tambov, 23-24 sentyabrya 2015 g.) / VNIITiN. - Tambov: Izd-vo Pershina R.V. - 2015. - S.175-179.

УДК 631.354.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЦЕНОК КАЧЕСТВА РАБОТЫ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Скорляков Виктор Иосифович,
канд. техн. наук, зав. отделом, Новокубанский филиал ФГБНУ "Росинформагротех"(КубНИИТиМ);E-mail: Skorlv@yandex.ru

Юрина Татьяна Александровна,
зав. лабораторией, Новокубанский филиал ФГБНУ "Росинформагротех"
(КубНИИТиМ)

Реферат *Определены продолжительность и трудоемкость оценок качества работы измельчителей зерноуборочных комбайнов. Доказана необходимость выбора устройства для отбора проб соломы из нескольких образцов. Разработано устройство для фракционирования соломы. В опытах применяли пробоотборники разных типов: 1 – пробоотборник «Ворот» с перерезанием или фиксацией соломы по окружности; 2 – пробоотборник типа «Сачок» для отбора соломы на выходе из измельчителя; 3 – резиновые пробоотборники, применяемые при оценках потерь зерна комбайном. Устройство для фракционирования соломы представляет собой решето с отверстиями на половине дна и с размерными шкалами на боковых ребрах. При проведении исследования использован метод хронометражных наблюдений. При оценках качества измельчения и качества разбрасывания соломы наиболее эффективен пробоотборник типа «Ворот» с трудоемкостью 1,83 чел.ч. Трудоемкость с применением резиновых пробоотборников равна 2,37 чел.ч. Применение пробоотборника типа «Сачок» ограничено оценкой качества измельчения соломы с трудоемкостью 1,15 чел.ч. Резиновые пробоотборники целесообразно использовать в специализированных испытательных организациях для одновременной оценки потерь зерна комбайном и качества работы измельчителя. Использование пробоотборника типа «Сачок» возможно для контроля качества измельчения соломы в производственных условиях.*

Ключевые слова*: измельчитель, солома, отбор проб, оценка, трудоемкость.*

IMPROVEMENT OF THE PERFORMANCE EVALUATION OF SHREDDERS OF COMBINE HARVESTERS

Skorlyakov Victor I.,
cand. tehn. Science, Head department, branch Novokubansky FGBNU "Rosin-formagroteh"
(KubNIITiM); E-mail: Skorlv@yandex.ru
Yurina Tatyana,
Head laboratory Novokubansky branch FGBNU "Rosinformagroteh"
(KubNIITiM)

Abstract*. The duration and the complexity of the quality evaluations of shredders combine harvesters are determined. Necessity of device selection for the selection of straw samples from several samples is proved. The device was developed for the fractionation of straw. Also, is necessary to evaluate the developed device for fractionation of straw Samplers of various types were used in the experiments: 1 - Sampler "Vorot" with cutting of the straw or the fixing of circumference of; 2 - Sampler type "Sachok" to select the output of the straw chopper; 3 - rubber samplers used in the estimates of losses of grain by combine harvester. The device for fractionation of straw is a sieve with holes in the bottom half and with measuring tape on the lateral ribs. Chronometry method of observation is used in the study. The sampler of the "gate" with complexity 1.83 man hours is most effective in assessing the quality of crushing and quality of spreading of straw. The complexity of using of rubber samplers is 2.37 man hours. Application of the sampler of the "Sachok" is limited to assessment of the quality of shredding straw with complexity 1.15 man hours. Rubber samplers should be used in specialized testing facility for simultaneous assessment of losses of grain combine harvester and quality of work of chopper. Using the sampler of the "Sachok" is a possible to control the quality of straw shredding in a production environment.*

Keywords: *a shredder, straw, sampling, evaluation, labor intensity*

Введение. В связи с развитием технологий с мульчированием поверхности почвы растительными остатками предыдущей культуры и для обеспечения качества послеуборочного лущения стерни в последние годы становится актуальным уменьшение длины резки соломы и повышение качества ее разбрасывания по площади поля. Однако оценка данных показателей при испытаниях измельчителей зерноуборочных комбайнов сопряжена с существенной продолжительностью и трудоемкостью отбора проб измельченной соломы. Недостаточная регламентация процесса оценки и отсутствие вспомогательного оборудования оставляют возможность влияния на ее результаты субъективных особенностей исполнителей. Кроме этого отсутствие достаточной методической базы и инструментального оснащения затрудняет обоснованный выбор наиболее эффективных разбрасывателей и препятствует поступательному совершенствованию их конструкций.

Объекты и методы. В рамках решения данной проблемы в КубНИИТиМ были разработаны и опробованы различные устройства для отбора проб измельченной соломы: пробоотборник типа «Ворот» [1, 2], пробоотборник типа «Сачок» [3] и резиновые пробоотборники с размером заборной части 100×500 мм, рекомендованные ГОСТ 28301 [4] для оценки потерь зерна и приспособленные нами также для отбора проб измельченной соломы [5, 6] (рисунок 1).

При разработке устройств исходили из необходимости проведения оценок без остановок комбайна и приспособленности к перевозкам вместе с исполнителями агрооценок.

Опытная проверка пробоотборников при оценках качества работы измельчителей зерноуборочных комбайнов показала, что все они обеспечивают устранение недостатков базового варианта отбора проб с ручным разделением измельченной соломы по границам учетных площадок, ограниченных проволочными рамками или шнурами [4]. Но при этом разработанные устройства отличаются разными функциональными возможностями и в разной степени сокращают продолжительность оценок.

В совокупности, указанные и другие известные устройства для отбора проб измельченной соломы соответствуют следующим принципиальным схемам (рисунок 2).

Отбор проб соломы для оценки качества ее измельчения возможен всеми указанными устройствами. Но пробоотборник типа «Сачок» [3] в отличие от остальных устройств не предназначен для оценки равномерности разбрасывания соломы. Для оценки равномерности солому необходимо собирать с площадок (или лотков) рассредоточенных по всей ширине разбрасывания. Такая необходимость связана с тем, что после схода соломин с направляющих пластин в процессе работы измельчителя происходит их сепарация в воздушном потоке, что вызывает различия соотношений размерных фракций по ширине разбрасывания соломы [7].

Одним из недостатков базового варианта отбора проб применительно к оценкам измельчителей является необходимость ручного разделения соломин, пересекающих границы учетных площадок, что требует длительного пребывания исполнителей в неудобной рабочей позе и является источником вероятных погрешностей. В соответствии с ГОСТ 20915 на методы определения условий испытаний засоренность почвы пожнивными остатками определяют на учетных площадках с достаточно большими размерами 1×1 м, что снижает влияния данного фактора, но приводит к отбору заведомо избыточного количества соломин каждой фракции (в среднем по 550 -750 шт). Для разбора на размерные фракции при оценке качества измельчения из навески с повышенным количеством соломин может быть выделена четвертая часть

от всей пробы. Однако такое разделение также может внести дополнительную погрешность в конечный результат оценки.

а) пробоотборник типа «Ворот»;

б) пробоотборник типа «Сачок»;

в) резиновый пробоотборник.

Рисунок 1 - Устройства для отбора проб измельченной соломы

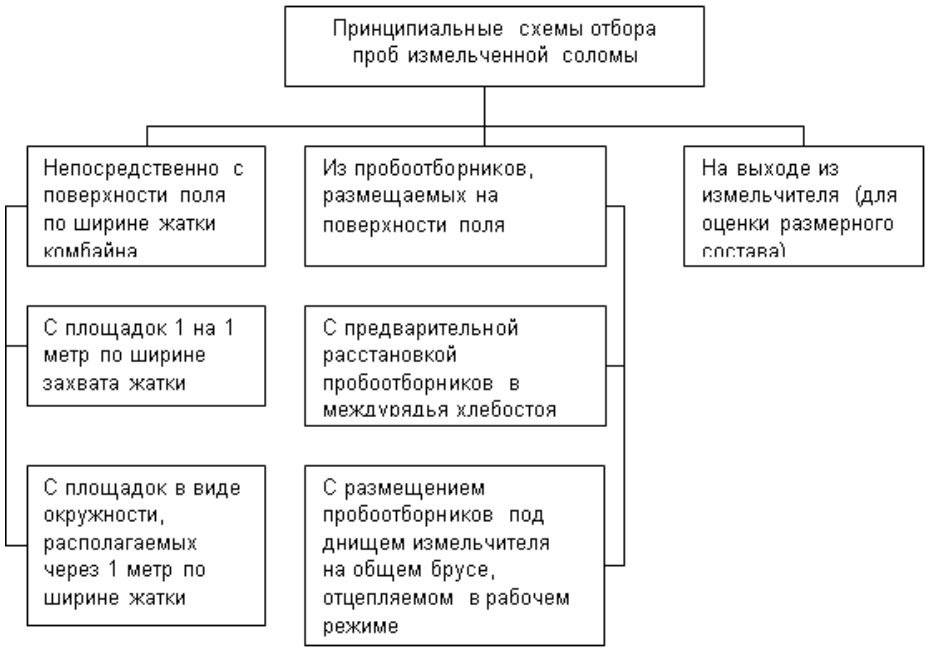


Рисунок 2 – Принципиальные схемы отбора проб соломы для оценки размерного состава и равномерности разбрасывания

В варианте отбора проб на выходе из измельчителя пробоотборником типа «Сачок» такая вероятность исключается, а размеры заборной части пробоотборника (300×200 мм) позволяют получить (при пересечении потока) необходимое количество соломин каждой фракции для получения статистически достоверных выводов (в среднем по 60 – 85 шт).

Отличительной особенностью пробоотборника типа «Ворот» (см. рис.1 а) является одновременное перерезание соломы по окружности (по границам учетной площадки в виде окружности) при оценке качества распределения соломы по площади или фиксация соломин в окружности без перерезания при оценке качества ее измельчения [8].

Положительным отличием резиновых пробоотборников является возможность одновременного отбора проб соломы, потерь зерна, а также половы [6]. При отборе проб соломы целесообразно использовать крышки для защемления соломин, пересекающих боковые стенки пробоотборников, для единообразного их отделения от не защемленных соломин (см. рис 1в).

Наибольшей трудоемкостью отличается оценка качества измельчения соломы, т. к. наряду с отбором проб необходим разбор соломы на размерные фракции и их взвешивание. Поэтому в процессе полевых исследований были проведены хронометражные наблюдения с целью определения трудоемкости и затрат времени на отбор проб и их разбора на фракции с применением указанных выше устройств. При хронометраже фиксировали элементы времени, соответствующие принципу действия применяемых устройств.

Результаты и их обсуждение. По продолжительности отбора проб (в одной повторности) лидируют варианты с пробоотборником типа «Сачок» - 0,13 ч и типа «Ворот» – 0,24 ч. (таблица 1). При этом они отличаются меньшей потребностью исполнителей – по два человека. В базовом варианте и в варианте с применением резиновых пробоотборников продолжительность оценок существенно выше – 0,33 и 0,34 ч при большем количестве исполнителей (по три человека). В результате трудоемкость отбора проб в первых двух вариантах (0,26 и 0,48 чел.ч) в 3,8 и в 2,1 раза меньше базового варианта (0,99 чел.ч), а трудоемкость в варианте с применением резиновых пробоотборников (1,02 чел.ч) незначительно превышает базовый вариант.

Для оценки равномерности разбрасывания (варианты 1 – 3) отобранные пробы взвешивают для последующего расчета показателей неравномерности. Для оценки качества измельчения соломы пробы, отобранные по ширине разбрасывания, объединяют для последующего разбора по размерным фракциям, взвешивания и определения процентного содержания фракций.

В процессе исследований было установлено, что применение того или другого способа отбора проб не вызывает существенных различий показателей неравномерности разбрасывания и соотношений размерных фракций соломы, несмотря на меньшее количество соломы в новых вариантах. Однако при этом должно выполняться требование трехкратной повторности опытов.

Необходимо отметить, что в вариантах отбора проб с поверхности почвы в состав пробы частично попадает полова и соизмеримые с ней продукты обмолота. В вариантах отбора проб резиновыми пробоотборниками и пробоотборником типа «Сачок» происходит отбор практически всей половы и указанных фрагментов в случаях их прохода через измельчитель. (В конструкциях ряда современных комбайнов предусмотрен отвод половы до входа в измельчитель). Поскольку при оценке качества работы измельчителя учету подлежат лишь фрагменты соломы разной длины, то полова и соизмеримые с ней фрагменты могут быть удалены в процессе фракционирования с помощью разработанного нами приспособления в виде решета [2, 9].

Сравнительной оценкой затрат времени на разбор одинаковых по массе навесок измельченной соломы в базовом варианте (путем поочередного извлечения и измерения соломин) и

с применением приспособления для фракционирования соломы в виде решета (где на боковых ребрах обозначены границы размерных фракций) установлено существенное преимущество приспособления в виде экономии 40 % времени на операции "разбор на размерные фракции" (рисунок 3).

Таблица 1 - Затраты времени на отбор проб измельченной соломы

№ п/п	Способ отбора проб	Назначение проб	Число исполнителей, чел.	Затраты времени, ч	Трудоемкость, чел.ч
1	С площадок 1 на 1 м по ширине разброса-базовый вариант	Для оценок неравномерности и качества измельчения	3	0,33	0,99
2	Отбор с окружностей с пробоотборником типа «ворот»	С перерезанием соломы – для оценки неравномерности, без перерезания – для оценки качества измельчения	2	0,24	0,48
3	В резиновые прямоугольные пробоотборники	Для оценок неравномерности и качества измельчения	3	0,34	1,02
4	Отбор устройством «Сачок» на выходе из измельчителя комбайна	Для оценки качества измельчения	2	0,13	0,26

В вариантах отбора проб с применением предлагаемых пробоотборников затраты времени на разбор соломы по размерным фракциям значительно меньше. Так, при разборе четвертой части соломы, полученной с площадок 1×1 метр в базовом варианте, для одной повторности опыта они составляют 3,31 часа.

На разбор соломы одной повторности опыта с применением резиновых пробоотборников и пробоотборника типа «Ворот» требуется по 2,25 ч, а с применением пробоотборника типа «Сачок» - 1,48 ч. С применением приспособления для фракционирования соломы указанные затраты времени уменьшились и составили соответственно 2,0, 1,35, 1,35 и 0,89 ч.

В комплексе оценок качества измельчения соломы наибольший эффект приносит применение усовершенствованных процессов как отбора проб, так и разбора проб соломы на размерные фракции (таблица 2).

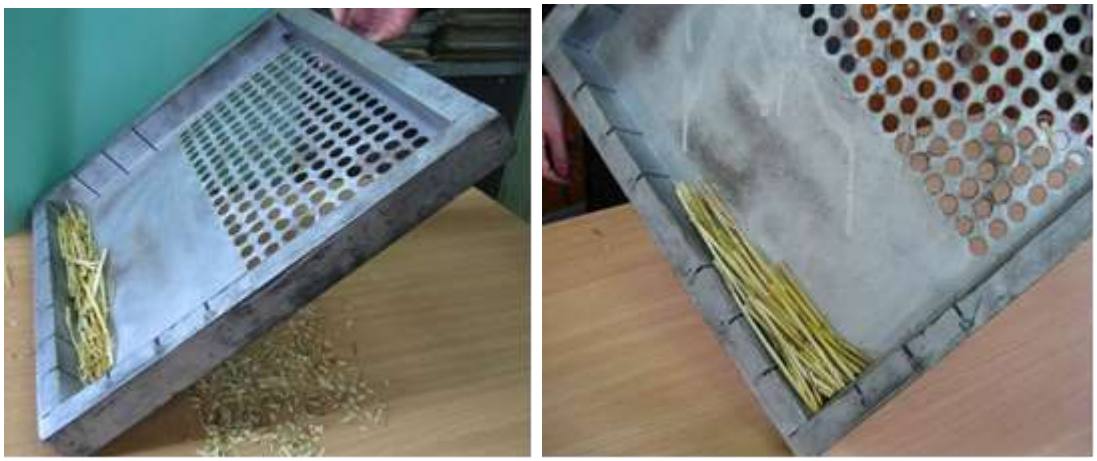


Рисунок 3 – Приспособление для фракционирования измельченной соломы

Общая трудоемкость отбора проб и разбора на фракции с применением пробоотборника типа «Ворот» в сравнении с традиционным способом сокращается с 4,30 до 2,73 чел.ч , а с применением устройства для фракционирования «Решето» - до 1,83 чел.ч, т.е. в 2,3 раза. В

варианте применения резиновых пробоотборников соответствующие показатели сокращаются в меньшей степени – соответственно до 3,27, 2,37 и в 1,8 раза.

Таблица 2 – Общая трудоемкость отбора проб и определения фракционного состава соломы с применением новых устройств

№ п/п	Способ отбора проб	Общая трудоемкость отбора проб и разбора на фракции, чел.ч		Кратность сокращения трудоемкости, %
		при одиночном измерении соломин	с применением устройства «Решето»	
1	С площадок 1×1 м по ширине разброса - базовый вариант	4,30	2,99	-
2	Отбор с окружностей с пробоотборником типа «Ворот»	2,73	1,83	2.3
3	В резиновые прямоугольные пробоотборники	3,27	2,37	1,8
4	Отбор устройством «Сачок» на выходе из измельчителя комбайна	1,74	1,15	3,7

Наиболее эффективно для оценок фракционного состава соломы применение устройства «Сачок» на выходе из измельчителя в сочетании с устройством для фракционирования «Решето». Их применение обеспечивает сокращение трудоемкости с 4,30 до 1,15 чел.ч, т.е. в 3,7 раза. Очевидно, что в связи с невозможностью применения устройства «Сачок» для оценки качества разбрасывания, его применение целесообразно в случаях, когда необходим контроль лишь качества измельчения.

Наряду с наименьшей кратностью сокращения трудоемкости с применением резиновых пробоотборников они отличаются наибольшей сложностью изготовления и соответствующей большей стоимостью. Последнее усугубляет то обстоятельство, что для обеспечения трехкратной повторности отбора проб пробоотборники необходимо закладывать до прохода комбайна в три ряда (до 9 – 12 шт. в каждом ряду). Но в связи с необходимостью их 4 - 5 кратного применения для оценки потерь за жаткой и за молотилкой испытываемого комбайна при определении номинальной производительности, резиновые пробоотборники в соответствии с рекомендациями ГОСТ 28301находят применение и неизбежно будут распространяться в специализированных испытательных организациях.

Заключение

В результате исследований установлено:

1. Применение пробоотборников типа «Ворот» и «Сачок» обеспечивает сокращение исполнителей с 3 до 2 человек в сравнении с базовым вариантом и с применением резиновых пробоотборников.

2. Наименьшую трудоемкость отбора проб в одной повторности опыта обеспечивают пробоотборники типа «Сачок» - 0,26 и «Ворот» - 0,48 чел.ч. В базовом варианте и с применением резиновых пробоотборников получены существенно большие значения - 0,99 и 1,02 чел.ч соответственно.

3. Трудоемкость разбора соломы по размерным фракциям при оценке качества измельчения для одной повторности опыта составила:

- в базовом варианте при разборе четвертой части соломы, полученной с площадок 1×1 метр - 3,31 чел.ч.;

- с применением резиновых пробоотборников и пробоотборника типа «Ворот» - по 2,25 чел ч;

- с применением пробоотборника типа «Сачок» - 1,48 чел.ч.

Применение приспособления для фракционирования соломы позволило уменьшить указанные затраты времени на 40% - соответственно до значений: 2,0, 1,35, 1,35 и 0,89 ч.

4. Установлена степень сокращения общей трудоемкости отбора проб и разбора на размерные фракции с применением разработанных устройств:

- с применением резиновых пробоотборников – в 1,8 раза;

- с применением пробоотборника типа «Ворот» - в 2,3 раза;

- с применением пробоотборника типа «Сачок» - в 3,7 раза.

5. По условиям сокращения затрат труда (в 2,3 раза) и возможности отбора проб для каждой из двух оценок качества работы измельчителя наиболее предпочтительным для испытаний измельчителей является пробоотборник типа «Ворот».

6. Резиновые пробоотборники, рекомендуемые ГОСТ 28301 для оценки потерь зерна зерноуборочными комбайнами, целесообразно использовать в специализированных испытательных организациях. Их применение может быть эффективным в случаях одновременных оценок качества работы измельчителя и потерь зерна комбайном.

7. Использование пробоотборника типа «Сачок» возможно в качестве дополнительного оборудования в испытательных организациях и для контроля качества измельчения соломы в хозяйствах с большим количеством зерноуборочных комбайнов.

Список литературы

1. Скорляков В.И., Сердюк В.В. Устройство для отбора проб соломы. Сельский механизатор № 6, 2013.- с.11.

2. Скорляков В.И., Юрина Т.А., Киреев И.М., Коваль З.М. Способы и технические средства контроля качества механизированных работ в растениеводстве: Инструктивно – методическое издание. М.: ФБГНУ «Росинформагротех», 2015. – 80 с.

3. Патент на полезную модель № 155690 от 20.10 2015. Бюл. № 29. Устройство для отбора проб измельченной соломы за зерноуборочными комбайнами. Скорляков В. И., Сердюк В.В.

4. ГОСТ 28301-2007. Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. [Текст].- Взамен ГОСТ 28301-89; введ. 2010-01-01.- М.: Стандартинформ, 2010.- 35 с.

5. Патент на полезную модель № 154265 от 22.07.2015 Бюл. № 23. Устройство для сбора потерь зерна за зерноуборочным комбайном. Чаплыгин М.Е., Сердюк В.В., Юзенко Ю.А.

6. Скорляков В.И., Юрина Т.А. Применение резиновых пробоотборников для оценки качества измельчения и разбрасывания соломы. В сборнике: Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства. Сборник научных докладов 18 Международной научно – практической конференции, 23-24 сентября 2015 года, г. Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2015 г. С. 25 – 28.

7. Скорляков В.И., Юрина Т.А. Выбор параметров учетных площадок для оценки качества работы измельчителей зерноуборочных комбайнов. Сборник трудов 8 Международной научно – практической конференции «Современные концепции научных исследований» Ч. 5. М.: 29-30 апреля 2015, с. 43-45.

8. Скорляков В.И., Юрина Т.А. Совершенствование оценок качества работы измельчителей зерноуборочных комбайнов. Сборник: научных докладов «Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства». Материалы Международной научно-технической конференции. Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. г Москва, 2015. с. 179-182.

9. Патент на полезную модель № 153675 от 01.07 2015 г. Бюл. № 21. Устройство для фракционного анализа проб измельченной соломы. Скорляков В. И., Юрина Т. А.

References

1. Skorljakov V.I., Serdjuk V.V. Ustrojstvo dlja otbora prob solomy. Sel'skij mehanizator № 6, 2013.- s.11.

2. Skorljakov V.I., Jurina T.A., Kireev I.M., Koval' Z.M. Sposoby i tehnicheskie sredstva kontrolja kachestva mehanizirovannyh rabot v rastenievodstve: Instruktivno – metodicheskoe izdanie. M.: FBGNU «Rosinformagroteh», 2015. – 80 s.

3. Patent na poleznuju model' № 155690 ot 20.10 2015. Bjul. № 29. Ustrojstvo dlja otbora prob izmel'chennoj solomy za zernouborochnymi kombajnami. Skorljakov V. I., Serdjuk V.V.

4. GOST 28301-2007. Kombajny zernouborochnye. Metody ispytanij. [Tekst].- Vzamen GOST 28301-89; vved. 2010-01-01.- M.: Standartinform, 2010.- 35 s.

5. Patent na poleznuju model' № 154265 ot 22.07.2015 Bjul. № 23. Ustrojstvo dlja sbora poter' zerna za zernouborochnym kombajnom. Chaplygin M.E., Serdjuk V.V., Juzenko Ju.A.

6. Skorljakov V.I., Jurina T.A. Primenenie rezinovyh probootbornikov dlja ocenki kachestva izmel'chenija i razbrasyvanija solomy. V sbornike: Povyshenie jeffektivnosti ispol'zovanija resursov pri proizvodstve sel'skohozjajstvennoj produkcii – novye tehnologii i tehnika novogo pokolenija dlja rastenievodstva i zhivotnovodstva. Sbornik nauchnyh dokladov 18 Mezhdunarodnoj nauchno – prakticheskoj konferencii, 23-24 sentjabrja 2015 goda, g. Tambov: Izd-vo Pershina R.V., 2015 g. S. 25 – 28.

7. Skorljakov V.I., Jurina T.A. Vybor parametrov uchetnyh ploshhadok dlja ocenki kachestva raboty izmel'chitelej zernouborochnyh kombajnov. Sbornik trudov 8 Mezhdunarodnoj nauchno – prakticheskoj konferencii «Sovremennye koncepcii nauchnyh issledovanij» Ch. 5. M.: 29-30 aprelja 2015, s. 43-45.

8. Skorljakov V.I., Jurina T.A. Sovershenstvovanie ocenok kachestva raboty izmel'chitelej zernouborochnyh kombajnov. Sbornik: nauchnyh dokladov «Intellektual'nye mashinnye tehnologii i tehnika dlja realizacii Gosudarstvennoj programmy razvitija sel'skogo hozjajstva». Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj konferencii. Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut mehanizacii sel'skogo hozjajstva. g Moskva, 2015. s. 179-182.

9. Patent na poleznuju model' № 153675 ot 01.07 2015 g. Bjul. № 21. Ustrojstvo dlja frakcionnogo analiza prob izmel'chennoj solomy. Skorljakov V. I., Jurina T. A.

УДК 662.815

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ИЗ КОКСОВОЙ МЕЛОЧИ

Айтуганова Сауле Гараповна
кандидат педагогических наук, доцент кафедры химии и химической технологии
Западно-Казахстанского
аграрно-технического университета имена Жангир хана
г.Уральск, Республика Казахстан, Email: saitug@mail.ru
Кусаинова Бакытгуль Махамбетовна
магистрант 2 курса специальности 6М072100 – «Химическая технология органических
веществ», Западно-Казахстанского
аграрно-технического университета имена Жангир хана
г.Уральск, Республика Казахстан, Email: nurbol-bakytgul@mail.ru

Реферат. *Известно, что биологические отходы сельскохозяйственного производства можно применять не только в качестве удобрения, но и в качестве топлива. Исследована возможность получения твердого брикетированного топлива с использованием нефтяных, угольных, биологических и полимерных отходов. Теоретически обоснована и экспериментально доказана возможность трансформирования такого рода отходов в*

высокоэффективное топливо пригодное для различных нужд. Доказана необходимость применения методов формования для получения продукта, годного к транспортированию и использованию. Изучена возможность использования коксовой мелочи для бытовых и промышленных нужд. В результате исследований, проведенных с целью подбора компонентов и их соотношений в смеси с коксовой мелочью для приготовления из последних нефтекоксовых брикетов, установлено, что необходимыми компонентами являются коксовая мелочь, сушеный кизяк, отработанное моторное масло для пропитки и отходы полимерного производства. Коксовая мелочь, взятая для исследования, имела следующие характеристики: содержание летучих углеводородов – 8-12%, золы – 0,2 – 0,6%, серы – 1-3%. Показатели отработанного моторного масла: содержание воды – 0,1-0,2%, вязкость при 200С – 9,0 мм2/с. Приведенные компоненты с указанными выше свойствами, взятые в различных соотношениях смешиваются при комнатной температуре. Количество связующего составляет 5-10% от общей массы. Смешивание компонентов топливного брикета проводилось при комнатной температуре и пресовалось в форме цилиндра 50 х 50 мм с помощью гидравлического пресса под давлением 5-10 МПа. Таким образом, было установлено, что для прочного и водостойкого топливного брикета расход связующего составляет 10 % от общей массы. Нефтекоксовые брикеты обладают следующими показателями качества: теплотворная способность – 20 – 25 МДж/кг , зольность, не более – 0,2 – 0,6%, прочность на сжатие – 7 -10%, водопоглощение – 3,0-2,8%, расход связующего – 5-10%.

Ключевые слова: *угольные и нефтяные отходы, брикетирование, топливный брикет*

STUDY OF FUNDAMENTAL PROPERTIES OF FUEL BRIQUETTES FROM COKE BREEZE

Aytuganova Saule Garapovna
the candidate of pedagogical Sciences, associate Professor of chemistry and chemical technology, West Kazakhstan agrarian technical University Zhangir Khan
Uralsk, Republic of Kazakhstan,
e-mail: saitug@mail.ru
Kusainova Bakytgul Makhambetova
undergraduate 2 year degree 6M072100 – "Chemical technology of organic substances", West Kazakhstan agrarian technical University Zhangir Khan Uralsk, Republic of Kazakhstan
e-mail: nurbol-bakytgul@mail.ru

Abstract. *It is known that biological waste of agricultural production can be employed not only as a fertilizer, but also as fuel. The possibility of obtaining a solid briquetted fuel by using oil, coal, biological and polymer waste is investigated. The ability to of transforming this type of waste in a high-performance fuel suitable for the different needs is theoretically substantiated and experimentally proved. Necessity of application molding methods to obtain a product of suitable for transportation and use is proved. The possibility of using coke breeze for domestic and industrial needs is studied. As a result of research carried out in order to select the components and their relationships in a mixture of coke breeze to prepare recent petroleum coke briquettes, it was found that the necessary components are coke breeze, dried dung, used motor oil to impregnate the polymer and waste production. Coke breeze, taken for the study, had the following characteristics: the content of volatile hydrocarbons - 8-12%, ash - 0.2 - 0.6%, sulfur - 1-3%. Indicators used motor oil: water content - 0.1-0.2%, the viscosity at 200C - 9.0 mm2/s. Given ingredients with the above properties combined in various ratios are mixed at room temperature. The amount of binder is 5-10% by weight. Mixing of the components of fuel briquettes conducted at room temperature and is pressed into a cylindrical shape of 50 x 50 mm with a hydraulic press under a pressure of 5.10 MPa. Thus, it was found that for a durable and a water resistant briquette fuel consumption binder*

is 10% by weight.Petroleum coke briquettes have the following quality indicators: the calorific value - 20 - 25 MJ / kg and ash content of not more than - 0.2 - 0.6%, the compressive strength - 7 to 10%, water absorption - 3.0-2.8 % binder consumption - 5-10%.

Keywords: *coal and oil waste, briquettes, fuel briquette*

Введение. Известно, что биологические отходы сельскохозяйственного производства можно применять не только в качестве удобрения, но и в качестве топлива. Известно, что нефтеперерабатывающие заводы, предприятия топливно-энергетического комплекса, как добывающие и перерабатывающие ресурсы, так и получающие из них энергию, являются одними из основных источников антропогенного воздействия на природные экосистемы. Интенсивное развитие нефтеперерабатывающих, угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий оказывает воздействие на окружающую среду, являясь причиной увеличения объёмов твердых углеродсодержащих отходов, значительную долю которых составляют угольные и коксовые шламы, мелочь, отсевы и пыль. Например, в настоящее время в Республике Казахстаннакоплено более 23,6 миллиарда тонн различных отходов, из них опасных отходов - порядка 7 миллиардов тонн. Динамика образования отходов за последние 3 года: ежегодно в среднем утилизируется 20 %. А порядка 500 миллионов тонн в год остается в накопленных объемах. Развитие отрасли по переработке отходов имеет общемировую тенденцию и, согласно прогнозу, ежегодный рост в мире с 2014 по 2019 г.г. составит до 9 %. Например, такие задачи поставлены в принятых Концепциях экологической безопасности на 2004-2015 гг. [1] и по переходу Республики Казахстан к «зелёной экономике» [2].

Подсчитано, что масштабы образования твердых горючих отходов в различных отраслях промышленности могут составлять от 30 до 70 % от основного объема добычи и переработки.

Рассматривая предприятия добычи и переработки угля и кокса можно выделить следующие виды углеродсодержащих отходов:

угольная пыль, образующаяся на предприятиях угольной промышленности, вне зависимости от их специфики, и наряду с другими пылеобразными веществами попадающая в атмосферу;

коксовая пыль, образующаяся на нефтеперерабатывающих заводах, на установке замедленного коксования и при транспортировке готовой продукции, нефтяного кокса, остаются коксовые мелочи в виде пыли.

Наличие такого количества отходов является важным энергетическим ресурсом, который может быть положен в основу организации производства новых видов топлива, в частности формованного [3]. Совместная утилизация коксовых и угольных отходов является перспективным решением и позволяет увеличить теплотворную способность брикетов.

Получаемое из углеродсодержащих отходов формованное топливо должно быть экологичным, соответсвовать критериям качества и требованиям, предъявляемым в конкретной области его использования [4].

Однако, вопросы экологичности технологии брикетирования исвязующих материалов на этом этапе несколько выпадали из поля зренияисследователей, что можно объяснить подходом прежних лет.

В течение многих десятилетий угольные и коксовые брикеты получали со связующим на основе продуктов переработки смолы и нефти каменноугольного пека и нефтяного битума. Использование последних вомногих случаях нецелесообразно, поскольку эти продукты

достаточно дефицитны и дороги, расход связующих высок, свойства брикетов не вполне удовлетворяют многим требованиям производства, а сжигание брикетов является экологически небезопасным. Коксовая мелочь, получаемая на установке замедленного коксования тяжелых нефтяных остатков, используется неэффективно.

Теоретически обоснована и экспериментально доказана возможность трансформирования такого рода отходов в высокоэффективное топливо, пригодное для различных нужд. Необходимым является применение методов формования для получения продукта, годного к транспортированию и использованию.

Необходимо отметить, что для получения качественных топливных брикетов с высокими потребительскими свойствами, удовлетворяющими требованиям по прочности, истираемости, крупности и.т.д., необходимо правильно выбрать связующее вещество, от которого во многом зависят конечные свойства продукта.

Выбор связующего вещества является важным этапом, определяющим многие свойства получаемых брикетов. Параметрами, определяющими свойства связующих, является химическая природа, состав, а также их физические свойства [5].

Результаты и обсуждения. Нами проведены исследования по использованию коксовой мелочи для бытовых и промышленных нужд.

В результате исследований, проведенных с целью подбора компонентов и их соотношений в смеси с коксовой мелочью для приготовления из последних нефтекоксовых брикетов, было установлено, что необходимыми компонентами являются коксовая мелочь, сушеный кизяк, отработанное моторное масло для пропитки [6,7] и отходы полимерного производства. Коксовая мелочь, взятая для исследования, имела следующую характеристику: содержание летучих углеводородов –8-12%, золы – 0,2 – 0,6%, серы – 1-3%. Показатели отработанного моторного масла: содержание воды – 0,1 - 0,2%, вязкость при 20^0С – 9,0мм^2/с.

Таким образом, приведенные компоненты с указанными выше свойствами, взятые в различных соотношениях смешиваются при комнатной температуре. Количество связующего составляет 5 – 10 % от общей массы. Смешивание компонентов топливного брикета проводилось при комнатной температуре и прессовалось в форме цилиндра 50 х 50 мм с помощью гидравлического пресса под давлением 5 - 10 МПа. На рисунке 1 показаны полученные в лабораторных условиях топливные брикеты.

Рисунок 1 – Полученные топливные брикеты

Тепловые исследования по топливным брикетам проводились с помощью оборудования STA 449 F3 Jupiter синхронного термического анализатора до температуры 800 ^{0}С. В результате исследовании получены термограммы со свойствами образца (рисунок 2).

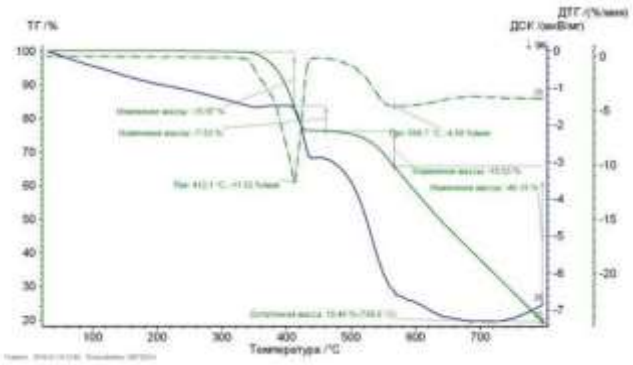


Рисунок 2 – Термограмма образца топливного брикета

По данным этой термограммы можно определить наивысшую температуру и изменение массы с повышением температуры.

Механическая прочность на сжатие определялось с помощью испытательного пресса «ИП-500М-авто». По результатам исследовании, механическая прочность на сжатие составило – 7-10%. В том числе показатели механической прочности на истирание и сбрасывание составили – 96% и 98% соответственно [8].

Также одним из показателей качественных характеристик топливных брикетов является – водопоглощение. [9]. Эксперименты проводились в лабораторных условиях. В результате исследования брикетов на водопоглощения установлено, что показатель водопоглощаемости топливных брикетов составил 2,8 – 3,0 %.

Выводы. Полученные нефтекоксовые брикеты обладают следующими показателями качества: теплотворная способность – 20 – 25 МДж/кг; зольность, не более – 0,2 – 0,6 %; прочность на сжатие – 7 – 10 %; водопоглощение – 2,8 - 3,0 %; расход связующего – 5 - 10%.

Таким образом, было установлено, что для прочного и водостойкого топливного брикета расход связующего составляет 10 % от общей массы.

Список литературы

1. Концепция экологической безопасности Республики Казахстан на 2004-2015 годы, утвержденного Указом президента Республики Казахстан от 03.12.2003 г. №1241.

2. Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике» на 2013-2050 годы.

3. Говсиевич Е.Р. Повышение эффективности топливообеспечения и топливоиспользованияна тепловых электростанциях (вопросы методологии и практики); Дисс. док.эк. наук. – М.:2002. – 270 с.

4. Головин Г.С. Современные направления получения окускованного бездымного топлива для малых энергетических установок и бытовых печей / Г.С.Головин, В.А.Рубан, А.П.Фомин // Уголь. – 1996, -№2. – С.38-42.

5. Лобыч А.М. Брикетирование коксовой мелочи со связующими и коксование частично брикетированных шихт впроизводстве металлургического кокса: Дис. На соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Уфа:Алапаевск, 2000. – 180 с.

6. Князева Л.Г., Вигдорович В.И., Акользин А.П., Остриков В.В., Цыганкова Л.Е., Шель Н.В. Экологическая оценка предотвращения ущерба окружающей среде посредством утилизации отработанных масел. // Практика противокоррозионной защиты. 2013. № 4 (70). С. 28 – 32.

7. Князева Л.Г., Прохоренков В.Д., Остриков В.В., Чернышова И.Ю. Разработка консервационных материалов на основе отработанных масел.// Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2002. № 10. С. 38.

8. ГОСТ 21289-75. Брикеты угольные. Методы определения механической прочности. – М.: Изд. Стандарт, 1986. – 5 с.

9. ГОСТ 21290-75. Брикеты угольные. Метод определения водопоглощения. – Введ. 1977-07-01. – М.: Издательство стандартов, 1986.

References

1. Koncepcija jekologicheskoj bezopasnosti Respubliki Kazahstan na 2004-2015 gody, utverzhdennogo Ukazom prezidenta Respubliki Kazahstan ot 03.12.2003 g. № 1241.

2. Koncepcija po perehodu Respubliki Kazahstan k «zelenoj jekonomike» na 2013 - 2050 gody.

3. Govsievich E.R. Povyshenie jeffektivnosti toplivoobespechenija i toplivoispol'zovanija na teplovyh jelektrostancijah (voprosy metodologii i praktiki); Diss. dok. jek. nauk. – M.: 2002. – 270 s.

4. Golovin G.S. Sovremennye napravlenija poluchenija okuskovannogo bezdymnogo topliva dlja malyh jenergeticheskih ustanovok i bytovyh pechej / G.S.Golovin, V.A.Ruban, A.P.Fomin // Ugol'. – 1996, -№ 2. – S.38 - 42.

5. Lobych A.M. Briketirovanie koksovoj melochi so svjazujushhimi i koksovanie chastichno briketirovannyh shiht vproizvodstve metallurgicheskogo koksa: Dis. Na soisk. uch. st. kand. tehn. nauk. – Ufa: Alapaevsk, 2000. – 180 s.

6. Knyazeva L.G., Vigdorovich V.I., Akol'zin A.P., Ostrikov V.V., Cygankova L.E., Shel' N.V. Jekologicheskaja ocenka predotvrashhenija ushherba okruzhajushhej srede posredstvom utilizacii otrabotannyh masel. // Praktika protivokorrozionnoj zashhity.2013. № 4 (70). S. 28 – 32.

7. Knyazeva L.G., Prohorenkov V.D., Ostrikov V.V., Chernyshova I.Ju. Razrabotka konservacionnyh materialov na osnove otrabotannyh masel.// Himicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. 2002. № 10. S. 38.

8. GOST 21289 - 75. Brikety ugol'nye. Metody opredelenija mehanicheskoj prochnosti. – M.: Izd. Standart, 1986. – 5 s.

9. GOST 21290 - 75. Brikety ugol'nye. Metod opredelenija vodopogloshhenija. – Vved. 1977-07-01. – M.: Izdatel'stvo standartov, 1986.

УДК 628.84:142

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ПЕРВОЙ РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ В I-S КООРДИНАТАХ

Звенигородский Игорь Иванович,
кандидат технических наук, доцент,
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» г. Воронеж,
E-mail 79036544092@yandex.ru

Текутьев Михаил Викторович.
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), ул. Старых Большевиков 54А, 394064, г. Воронеж, Российская Федерация, телефон 8903-654-40-92,
E-mail79036544092@yandex.ru

Реферат. *Известно, что одной из самой энергоемкой инженерной системой является центральная система кондиционирования воздуха (ЦСКВ). Для анализа эффективности использования энергии и энергоносителей в ЦСКВ на основе I-d диаграммы строится термодинамическая модель (ТДМ), связывающая область наружного климата и разрешенную область внутреннего микроклимата в единой расчетной схеме. Указанная ТДМ не позволяет оценить эффективность использования энергии и энергоносителей ЦСКВ, функционирующих в различных климатических условиях и классах тепловлажностных нагрузок. Для компенсации данных недостатков предлагается использование ТДМ в I-S координатах. В статье получена ТДМ на основе I-S диаграммы для зимних и переходных режимов функционирования ЦСКВ. На примере 1 режима показаны процессы обработки воздуха в центральном кондиционере (смешение, нагрев с постоянным массовым влагосодержанием в теплообменниках первого и второго подогрева и изоэнтальпийное увлажнение в контактном аппарате). Предложенная ТДМ в I-S координатах позволяет определять значение полезной эксергии и оценивать эксергетический КПД с учетом потерь энергии в нагнетателях, электроприводе и системе автоматики.*

Ключевые слова*: центральный кондиционер, энтропия, энтальпия, эксергия, термодинамическая модель.*

THERMODYNAMIC MODEL OF THE CENTRAL AIR CONDITIONING SYSTEM WITH THE FIRST RECIRCULATION IN I-S COORDINATES

Zvenigorodskii Igor' Ivanovich
Candidat of Technical Sciences, docent, Military Educational and Scientific Center of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy
Voronezh, E-mail 79036544092@yandex.ru
Tekut'ev Mikhail Viktorovich,
Military Educational and Scientific Center of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy Voronezh, E-mail 79036544092@yandex.ru

Abstract. *It is known that one of the most power-intensive engineering system is the central air conditioning system (CACS). For the analysis of efficiency of use of energy and energy carriers in CACS on the basis of I-d of the chart the thermodynamic model (TDM) connecting area of external climate and the resolved area of an internal microclimate in the uniform settlement scheme is under construction. The specified TDM doesn't allow to estimate efficiency of use of energy and the CACS energy carriers functioning in various climatic conditions and classes of heat moist loadings. For compensation of these shortcomings use of TDM in I-S coordinates is offered. In article TDM on the basis of chart I-S for the winter and transitional modes of functioning of CACS is received. On the example of 1 mode air processing in the central conditioner is shown (mixture, heating with constant mass moisture content in heat exchangers of the first and second heating and izoentalpiyny moistening in the contact device). The offered TDM in I-S coordinates allows to define value of a useful exergy and to estimate eksergetichesky efficiency taking into account losses of energy in superchargers, the electric drive and system of automatic equipment.*

Keyword: *central conditioner, Entropy, enthalpy, exergy, thermodynamic model.*

Введение. Одной из самой энергоемкой инженерной системой является центральная система кондиционирования воздуха (ЦСКВ). Доля энергозатрат на процессы кондиционирования воздуха составляют 50% – 70% от суммарного энергопотребления зданий и сооружений [1].

Для анализа эффективности использования энергии и энергоносителей в ЦСКВ на основе I-dдиаграммы строится термодинамическая модель (ТДМ), связывающая область наружного климата и разрешенную область внутреннего микроклимата в единой расчетной схеме.

Наиболее известными являются ТДМ для ЦСКВ, в которых регулирование параметров приточного воздуха осуществляется по методу температуры «точки росы» или смешанному методу регулирования относительной влажности (метод «оптимальных режимов») рисунок 1 [2].

Однако, данные ТДМ не позволяют сравнивать энергоэффективность ЦСКВ, стоящих на разных энергетических уровнях, имеющих различные тепловлажностные нагрузки, кроме того невозможно учесть потери электроэнергии в нагнетателях, электроприводах и системах управления.

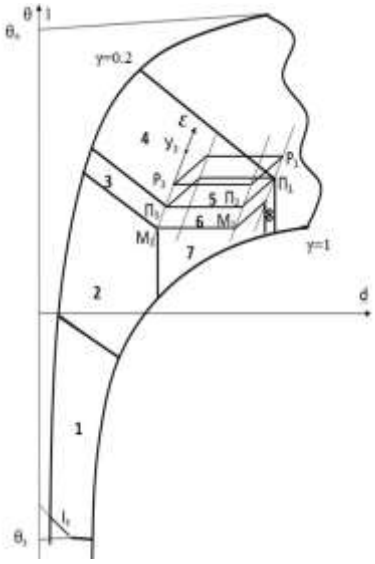


Рисунок 1– Расчетная схема ТДМ ЦСКВ с первой рециркуляцией, где 1-8 зоны оптимальных режимов, без использования искусственного холода, $П_1П_2П_3П_4$ – область приточного воздуха, $Р_1Р_2Р_3Р_4$ – зона рабочего микроклимата, d – влагосодержание, I – энтальпия, γ – относительная влажность, ε – угловой коэффициент луча процесса ассимиляции тепловлагоизбытков, $\theta_з$ – температура точки росы в зимний период года, $\theta_л$ – температура точки росы в летний период года, $У_3$ – точка, характеризующая параметры уходящего воздуха.

Материалы и методы

Для компенсации данных недостатков предлагается построить ТДМ ЦСКВ с первой рециркуляцией в зимних и переходных режимах в I-Sкоординатах.

За ось ординат выберем значения энтальпии I, ось абсцисс – изменение энтропии ΔS, подразумевая, что ось S характеризует уменьшение полезной работы A [3], мерой которой и является изменение энтропии.

$$A = \theta_0 \Delta S, \qquad (1)$$

где θ_0 – температура окружающей среды.

ЦСКВ является проточной ТДМ системой, функционирующей при постоянном барометрической давлении (изменение барометрического давления будем считать квазистационарным) с автоматической стабилизацией температуры и относительной влажности приточного воздуха, за точку, характеризующую равновесное состояние с окружающей средой, для зимних и переходных режимов принята точка с параметрами соответствующей точке $П_3$ на I-dдиаграмме (рисунок 1).

Изменение энтропии обрабатываемого воздуха выражается уравнением:

$$\Delta S = c\ln\frac{\theta_1}{\theta_0}, \qquad (2)$$

где c – удельная теплоемкость сухого воздуха, кДж/(кг·К); θ_1 – температура воздуха в определенной точке, измеренная в[К], θ_0– температура точки П3, [К].

Границы зон «оптимальных режимов» ТДМ в I-S координатах определяются соответствующими изоэнтальпиями, линиями постоянных влагосодержанийdи температуры θ, а также кривыми относительной влажности γ из I-dдиаграммы.

Основными процессами тепловлажностной обработки воздуха в ЦСКВ в зимних и переходных режимах являются: смешение, нагревание при постоянном массовом влагосодержании в теплообменниках 1и 2 подогрева, изоэнтальпийное увлажнение в камере орошения (КО). Процессы смешения в I-S диаграмме выглядят аналогичным образом как и в I-d координатах.

Процесс нагрева воздуха при постоянном влагосодержании в I-S координатах графически представляется прямой, проходящей через точку, характеризующую параметры обрабатываемого воздуха на входе в теплообменный аппарат. Угол наклона α данной прямой к оси абсцисс определяется угловым коэффициентом K.

$$K = tg\alpha = \frac{\Delta I_{1-2}}{\theta_{П3}\Delta S}, \qquad (3)$$

где ΔI_{1-2} – изменение энтальпии в процессе нагрева воздуха в теплообменном аппарате от произвольно точки до точки П3.

Известно, что изменение энтальпии при нагревании при постоянном влагосодержании можно представить в виде:

$$\Delta I = c\Delta\theta. \qquad (4)$$

Тогда выражение (3) с учетом (2) и (4) представляется в виде:

$$tg\alpha = \frac{\Delta\theta}{\theta_{П3}\ln\left(\frac{\theta_{П3}+\Delta\theta}{\theta_{П3}}\right)}. \qquad (5)$$

В узком диапазоне температуры (от –20до+30ºС) техники вентиляции и кондиционирования воздуха справедливо соотношение:

$$\ln\left(\frac{\theta_{П3}+\Delta\theta}{\theta_{П3}}\right) = \frac{\Delta\theta}{\theta_{П3}}. \qquad (6)$$

Тогда:

$$\alpha = 45^{o} \qquad (7)$$

Процесс изоэнтальпийного увлажнения в КО на ТДМ в I-Sкоординатах определяется прямой, параллельной оси абсцисс.

Результаты и их обсуждение. Таким образом, построена ТДМ в I-Sкоординатах с зонами, соответствующими «оптимальным режимам» ТДМ в I-dкоординатах (рисунок 2).

Технология обработки воздуха при нахождении параметров наружного климата в пределах участка 1 (точка А) на рисунке3 выглядит следующим образом. Минимальное количество наружного воздуха смешивается с уходящим до точки Б. Смесь нагревается в калорифере первого подогрева до точки В, изоэнтальпийно увлажняется в камере орошения до точки Г и снова нагревается в калорифере второго подогрева до точки П3.

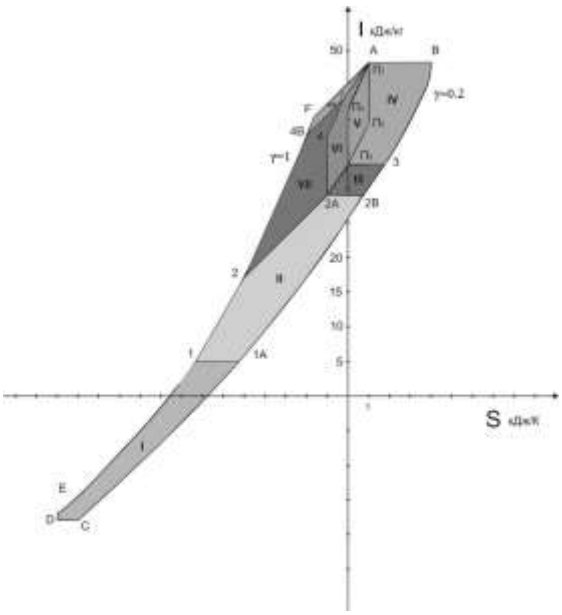


Рисунок 2 – «Оптимальные режимы» работы ЦСКВ в I– Sкоординатах

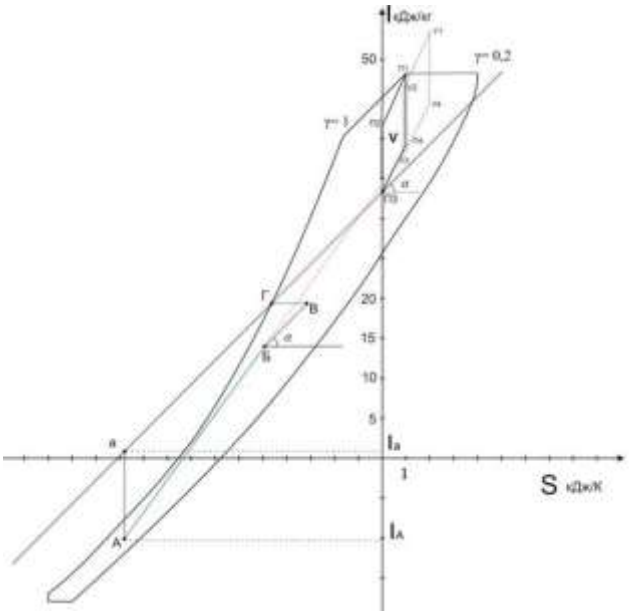


Рисунок 3 – Процесс обработки воздуха в 1 зимнем режиме,
где АБ – смешение воздуха, БВ – нагрев в калорифере 1 подогрева, ВГ–изоэнтальпийное увлажнение, $ГП_3$ – нагрев в калорифере 2 подогрева.

Предложенная ТДМ в I-Sкоординатах позволяет определить полезнуюэксергию процессов обработки воздуха в ЦСКВ в различных режимах (длина отрезка Аа равна величине полезной эксергии, рисунок 3) [3, 4], т.е.

$$E_{пол} = I_a - I_A. \quad (8)$$

Для оценки эффективности использования энергии и энергоносителей в ЦСКВ целесообразно использовать эксергетический КПД.

$$\eta_э = \frac{E_{пол}}{E_{затр}}, \quad (9)$$

где $E_{пол}$ – полезная эксергия; $E_{затр}$ – затраченная эксергия.

Затраченная эксергия $E_{затр}$ определяется суммой длин всех отрезков, характеризующими процесс обработки воздуха в ЦСКВ и суммарными потерями. С учетом вышесказанного выражение (9) представится к виду:

$$\eta_э = \frac{M_I(Aa)}{M_I(АБ + БВ + ВГ + ГП_З) + \sum П_н + \sum П_п}, \quad (10)$$

где M_I – масштаб оси ординат (величина энтальпии I, кДж/кг в 1 см оси); $\sum П_н$ – суммарные потери в нагнетателях; $\sum П_п$ – суммарные потери в электроприводе, КИП и автоматике.

Заключение. Таким образом, предложенная ТДМ ЦСКВ в I-S координатах с использованием эксергетического КПД, позволяет оценивать эффективность использования энергии и энергоносителей в ЦСКВ, функционирующих в различных климатических условиях и классах тепловлажностных нагрузок. Для контроля параметров рассмотренных процессов перспективным представляется применение датчиков с жидкокристаллическим рабочим телом, отличающихся высокой чувствительностью, простотой конструкции и удовлетворяющих требованиям обеспечения экологической безопасности [5].

Список литературы

1.Креслинь А.Я. Оптимизация энергопотребления системами кондиционирования воздуха. Рига. 1982. 155с.

2.Богословский В.Н. и др. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. – М.: Стройиздат. 1985. 367с.

3.Крутов В.И. Техническая термодинамика. – М.: Высшая школа 1981. 440с.

4.Ларионов А.Н. Теоретические основы термодинамики и теплопередачи. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. 2015. – 199 с.

5. Ларионов А.Н. Жидкие кристаллы и их применение. Монография. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. 2015. – 159 с.

References

1. Kreslin' A.Ya. Optimizatsiyaenergopotrebleniyasistemamikonditsionirovaniyavozdukha. Riga, 1982. 155s.

2. Bogoslovskii V.N. i dr. Konditsionirovanievozdukha i kholodosnabzhenie. – M.: Stroiizdat, 1985. 367s.

3. Krutov V.I. Tehnicheskayatermodinamika. M.: Vyisshayashkola 1981. 440s.

4. Teoretischieosnovytermodynamiki I teploperedochi. A.N. Larionov [et al.] – Voronezh. – FGBOY VO Voronezhkiy GAU. – 2015 199 p.

5. Larionov A.N. Zhidkiekristally I ihprimenenie. –Voronezh. – FGBOY VO Voronezhkiy GAU. – 2015 159 p.

Отпечатано ООО «Максимал информационные технологии»
398017, г. Липецк, ул. Ушинского, 8
Email: naukacr@yandex.ru. Тел. +7 (920) 246-20-64:
Подписано в печать 27.04.2016 Заказ № 60513-01
Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Печать электрографическая.
Гарнитура Times. Объем – 10,34 усл. печ. л. Тираж 100 экз.