«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
№6 (30), 2017 г.

Основан 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, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ ВНИИТиН
НАГОРНОВ Станислав Александрович — зам. главного редактора, доктор технических наук, профессор, зам. директора по научной работе ФГБНУ ВНИИТиН
ГОЛУБЕВ Иван Григорьевич — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Московской области, зав. отделом ФГБНУ «Росинформагротех»
ГОРБАЧЕВ Иван Васильевич — член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
ЕРОХИН Михаил Никитьевич — академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ
ЖАЛНИН Эдуард Викторович — доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
ЗАВРАЖНОВ Анатолий Иванович — академик РАН, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО МичГАУ
КНЯЗЕВА Лариса Геннадьевна— доктор химических наук, доцент, главный научный сотрудник с возложением обязанностей Ученого секретаря ФГБНУ ВНИИТиН
ЛАРЮШИН Николай Петрович — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный работник сельского хозяйства, профессор кафедры ФГБОУ ВПО «Пензенский ГАУ»
ЛЯЛЯКИН Валентин Павлович — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
МИЩЕНКО Сергей Владимирович — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат премии Правительства РФ в области образования, член Национального комитета по теплофизическим свойствам веществ РАН, ФГБОУ ВО ТГТУ
ПОПОВ Владимир Дмитриевич — академик РАН, доктор технических 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, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заместитель председателя Российского комитета по использованию возобновляемых источников энергии, председатель рабочей группы Европейского бюро ЮНЕСКО по образованию в области солнечной энергии, главный научный сотрудник ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
ФЕДОРЕНКО Вячеслав Филиппович — академик РАН**,** доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, директор ФГБНУ «Росинформагротех»
REZA Ambrishambaf — PhD, Vice Rector of Eastern Mediterranean University, Centro Algoritmi University of Minho Campus of Azurem, Portugal
MAJID Hashemipour — PhD Manufacturing Engineering, Professor, Vice 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.
№ 6 (30) 25.12.2017, 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 № ФС 77 - 66036 от 10.06.2016 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», 2017

«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» **«SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»**
Научно-производственный периодический журнал The research-and-production periodic magazine
№6 (30), 2017 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»

технологии в животноводстве и растениеводстве, эффективное использование отечественной и зарубежной сельскохозяйственной техники

ОСТРИКОВ Валерий Васильевич — доктор технических наук, зав. лабораторией использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов, ФГБНУ ВНИИТиН
ШУВАЛОВ Анатолий Михайлович — доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией использования альтернативных источников энергии взамен жидкого топлива, ФГБНУ ВНИИТиН
ПЕТРАШЕВ Александр Иванович — доктор технических наук, зав. лабораторией организации хранения и защиты техники от коррозии, ФГБНУ ВНИИТиН
ЕРОХИН Геннадий Николаевич — кандидат технических наук, зав. лабораторией эксплуатационных требований к сельскохозяйственной технике, ФГБНУ ВНИИТиН

Технология продовольственных продуктов

ТИШАНИНОВ Николай Петрович — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве, ФГБНУ ВНИИТиН
ДОРОВСКИХ Владимир Иванович — кандидат технических наук, зав. лабораторией управления качеством технологических процессов в животноводстве, ФГБНУ ВНИИТиН

Агрономия

ТРУНОВ Юрий Викторович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Всероссийский институт садоводства им. И.В. Мичурина

Ветеринария и Зоотехния

ЭНГОВАТОВ Вячеслав Федорович — доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории технологии производства свинины, ФГБНУ ВНИИТиН
ШУЛАЕВ Геннадий Михайлович — кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией технологии производства свинины, ФГБНУ ВНИИТиН
ФИЛИППОВА Ольга Борисовна — кандидат биологических наук, зав. лабораторией технологии производства молока и говядины, ФГБНУ ВНИИТиН

Экономика и управление народным хозяйством (АПК и сельское хозяйство)

САЗОНОВ Сергей Николаевич — доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией использования производственных ресурсов в фермерских хозяйствах, ФГБНУ ВНИИТиН
СОЛОПОВ Владимир Алексеевич — доктор экономических наук, профессор, проректор по научной и инновационной работе ФГБОУ ВО 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», 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ, АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВЕ, ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ, АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ, ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ 6

БАЛАШОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ, СТРЫГИН СЕРГЕЙ ПЕТРОВИЧ, СИНЕЛЬНИКОВ АЛЕКСАНДР АЛЕКСЕЕВИЧ, ПУСТОВАРОВ НИКИТА ЮРЬЕВИЧ, ХАЙРУЛЛИНА САБИНА ГУМАРОВНА ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТРОЛИРУЕМОГО ГНЕЗДОВОГО ПОСЕВА СЕМЯН СОИ.... 6 BALASHOV ALEXANDER, SINELNIKOV ALEXANDER, STRYGIN SERGEI,

PUSTOVAROV NIKITA, KHAYRULLINA SABINA

RESEARCH OF CONTROLLED NEST SOWING OF SOYBEANS 7

БЕСПАМЯТНОВА НАТАЛЬЯ МИХАЙЛОВНА, БЕСПАМЯТНОВ ЮРИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ, КОЛИНЬКО АЛЕКСЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ПОСЕВА НА ПРИМЕРЕ

АНАЛИЗА ГРАФИКОВ В СИСТЕМЕ «STATISTICA» 17

BESPAMYATNOVA NATALIA, BESPYAMTNOV YURI, KOLINKO ALEXEY

IMPROVEMENT OF WORKING BODIES FOR SOWING ON THE EXAMPLE OF

ANALYSIS OF SCHEDULES IN THE SYSTEM "STATISTICA" 18

БУСИН ИГОРЬ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ, ШИХАЛЕВ ИЛЬЯ НИКОЛАЕВИЧ, КОРНЕВ АЛЕКСЕЙ ЮРЬЕВИЧ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК НА ОСНОВЕ ИНДУСТРИАЛЬНОГО МАСЛА С ДОБАВЛЕНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ

НАНОМАТЕРИАЛОВ 24

BUSIN IGOR, SHIKHALEV ILYA, KORNEV ALEXEY INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF PLASTIC LUBRICANTS ON THE BASIS

OF INDUSTRIAL OIL WITH ADDITION OF CARBON NANOMATERIALS 25

КОРНЕВ АЛЕКСЕЙ ЮРЬЕВИЧ, БУСИН ИГОРЬ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ, АЛИБАЕВ БАТЫРБЕК ТУЛЕГЕНОВИЧ ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА СМАЗЫВАЮЩИЕ СВОЙСТВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ

ТЕХНИКИ 31

KORNEV ALEXEY, BUSIN IGOR, ALIBAYEV BATYRBEK INFLUENCE OF CARBON NANOMATERIALS ON LUBRICATING PROPERTIES OF

DIESEL FUEL FOR AGRICULTURAL MACHINERY 32

КНЯЗЕВА ЛАРИСА ГЕННАДЬЕВНА, ПЕТРАШЕВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ, ПРОХОРЕНКОВ ВЯЧЕСЛАВ ДМИТРИЕВИЧ, КЛЕПИКОВ ВИКТОР ВАЛЕРЬЕВИЧ К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХРАНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ

ТЕХНИКИ 37

KNYAZEVA LARISSA, PETRASHEV ALEXANDR, PROKHORENKOV VYACHESLAV, KLEPIKOV VICTOR

TO THE PROBLEM OF STORAGE EFFICIENCY OF AGRICULTURAL MACHINERY 38

СОРОКИН НИКОЛАЙ ТИМОФЕЕВИЧ, СОЛДАТОВА ТАМАРА ГЕОРГИЕВНА, ЛЮБЧЕНКО ВЛАДИМИР БОРИСОВИЧ, НИКИТИН ВАСИЛИЙ СТЕПАНОВИЧ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ В СИСТЕМЕ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ....49
SOROKIN NIKOLAI, SOLDATOVA TAMARA, LYUBCHENKO VLADIMIR, NIKITIN VASILY MATHEMATICAL METHODS OF CALCULATIONS IN THE SYSTEM MANUFACTURE OF AGRICULTURAL PRODUCTION....50
СОРОКИН НИКОЛАЙ ТИМОФЕЕВИЧ, ГАЙБАРЯН МИХАИЛ АРУТЮНОВИЧ, СИДОРКИН ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ, СМЫШЛЯЕВ ЭДУАРД ИВАНОВИЧ, ГАПЕЕВА НАТАЛЬЯ НИКОЛАЕВНА, СОРОКИН КОНСТАНТИН НИКОЛАЕВИЧ НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СУХИХ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ.... 56
SOROKIN NIKOLAI, GAYBARYAN MIKHAIL, SIDORKIN VLADIMIR, SMYSHLYAEV EDUARD, GAPEEVA NATALIA, SOROKIN CONSTANTINE NEW TECHNICAL SOLUTIONS FOR THE PRODUCTION OF DRY HUMIC FERTILIZER 57

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ....64
КУЗНЕЦОВА ЕКАТЕРИНА АЛЕКСАНДРОВНА, ЗАВРАЖНОВ АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ ИЗМЕРЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА КИСЛОРОДА В СОКОВОЙ ПРОДУКЦИИ....64
KUZNETSOVA EKATERINA, ZAVRAZHNOV ANATOLI
A MEASUREMENT OF THE AMOUNT OF OXYGEN IN JUICE PRODUCTS 64
РУДОБАШТА СТАНИСЛАВ ПАВЛОВИЧ, МУРАВЛЕВА ЕКАТЕРИНА АЛЕКСАНДРОВНА, ЗУЕВА ГАЛИНА АЛЬБЕРТОВНА
РАВНОВЕСНОЕ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ СЕМЯН КУКУРУЗЫ 70
RUDOBASHTA STANISLAV,71 MURAVLEVA EKATERINA, ZUEVA GALINA CORN SEED EQUILIBRIUM MOISTURE CONTENT....71

АГРОНОМИЯ, ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ. 79
ЛАЗАРЕВ СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ, КОВАЛЕВА ОЛЬГА АЛЕКСАНДРОВНА, ШЕСТАКОВ КОНСТАНТИН ВАЛЕРЬЕВИЧ, ЛЕВИН АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОБАРОМЕМБРАННОГО АППАРАТА ТРУБЧАТОГО ТИПА ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ 79
LAZAREV SERGEY IVANOVICH, KOVALEVA OLGA ALEKSANDROVNA, SHESTAKOV KONSTANTIN VALER'YEVICH, LEVIN ALEXANDR ALEXANDROVICH
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ (АПК И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО) 87
ШПАГИНА ИРИНА ЕВГЕНЬЕВНА, ПАВЛОВА ИРИНА ВАЛЕНТИНОВНА, ЛАВРИНА ОЛЬГА ВИКТОРОВНА РЕГИОНАЛЬНЫЙ РЫНОК ТРУДА: ПРОБЛЕМЫ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
РАЗВИТИЯ.... 87
SHPAGINA IRINA, PAVLOVA IRINA, LAVRINA OLGA REGIONAL LABOR MARKET: PROBLEMS AND MAIN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT....88

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ (АПК И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО) 87

ШПАГИНА ИРИНА ЕВГЕНЬЕВНА, ПАВЛОВА ИРИНА ВАЛЕНТИНОВНА, ЛАВРИНА ОЛЬГА ВИКТОРОВНА РЕГИОНАЛЬНЫЙ РЫНОК ТРУДА: ПРОБЛЕМЫ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ 87

SHPAGINA IRINA, PAVLOVA IRINA, LAVRINA OLGA REGIONAL LABOR MARKET: PROBLEMS AND MAIN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT 88

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ, АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВЕ, ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ, АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ, ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

УДК 631.331: 681.5.017

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТРОЛИРУЕМОГО ГНЕЗДОВОГО ПОСЕВА СЕМЯН СОИ

Балашов Александр Владимирович,
кандидат технических наук, доцент, e-mail: ntc.agro@yandex.ru
Стрыгин Сергей Петрович,
кандидат технических наук, e-mail: sew1982@gmail.com
Синельников Александр Алексеевич,
кандидат технических наук, e-mail: ntc.agro@yandex.ru
Пустоваров Никита Юрьевич,
аспирант, e-mail: nikita.pustovarov@mail.ru
ФГБНУ "Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве", Тамбов
Хайруллина Сабина Гумаровна,
аспирант, e-mail: hsg1988@mail.ru
ФГБОУ ВО Тамбовский государственный технический университет, Тамбов

Реферат. *Предложено использовать гнездовой способ для посева семян сои, предусматривающий равномерное размещение трех семян сои в гнезде с заданным расстоянием между гнездами в зависимости от нормы высева семян на одном гектаре. Лабораторные исследования высевающего аппарата проводили на специально изготовленных стендах. По результатам предварительного полевого опыта были выявлены преимущества гнездового способа по нескольким схемам интервалов между семенами в гнезде и расстояниями между гнездами в сравнении с рядовым посевом. Установлено, что высота растений сои по гнездовому способу превышает на 5-10 см посаженных вручную рядовым способом. Количеством бобов с двумя зернами на растении варьировали по схемам размещения от 30 до 44%, а с тремя зернами- от 52 до 66%. Определили, что диаметр и глубина ячейки цилиндрической формы, в которую может быть уложено только одно семя сои, должны быть не более 9-10 мм. Установили, что временные интервалы между выбросами из ячеек максимального количества семян сои составляют от 140 до 300 миллисекунд при изменении частоты вращения высевающего диска от 1,2 до 2,72 $с^{-1}$. Расчетный коэффициент вариации распределения семян в гнезде и между гнездами, в зависимости от режима работы экспериментального аппарата, определили, он составил 0,3-0,45 и 0,70-0,86.*

Установлено, что сходимость расчетных данных, полученных по результатам проведенного вычислительного эксперимента, и экспериментальных данных, полученных с помощью видеосъемки, удовлетворительная; расхождение составляет не более 6-8 %, что находится в пределах погрешности эксперимента. Длина чувствительной зоны датчика высева смещенного относительно точки выброса семян из ячеек не менее 15 мм при его установке не ниже 50 мм от точки отрыва семени от боковой поверхности диска должна составлять не менее 30 мм. Расстояние между пластинами чувствительной зоны датчика высева не должно превышать 20 мм. Зазор между торцом индуктивного датчика пути и головками болтов на диске экспериментальной установки должен быть не более 2 мм. Показано, что использование усовершенствованной системы контроля высева семян позволит повысить качество посева за счет постоянного информирования механизатора о ходе процесса, технологических и технических отказах сеялки.

Ключевые слова: *соя, способ посева, высевающий аппарат, система контроля.*

RESEARCH OF CONTROLLED NEST SOWING OF SOYBEANS

Balashov Alexander,
candidate of technical Sciences, associate Professor, e-mail: ntc.agro@yandex.ru
Sinelnikov Alexander,
candidate of technical Sciences, e-mail: ntc.agro@yandex.ru
Strygin Sergei,
candidate of technical Sciences, e-mail: sew1982@gmail.com
Pustovarov Nikita Y.,
postgraduate student, nikita.pustovarov@mail.ru
Federal state budgetary scientific institution "All-Russian research Insitute for using machinery and oil products in agriculture", Tambov
Khayrullina Sabina,
postgraduate student, e-mail: hsg1988@mail.ru
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Tambov State Technical University», Tambov

Abstract. *A nesting method for seeding soybean seeds, providing for the uniform arrangement of three soybean seeds in a nest with a given spacing between the sockets, depending on the seeding rate on one hectare, it was proposed to use. Laboratory tests of the sowing apparatus were carried out on specially constructed stands. Advantages of the nesting method according to several patterns of intervals between the seeds in the nest and the distances between the nests, in comparison with the ordinary sowing, were revealed by the results of the preliminary field experiment. It is established that the height of soybean plants by the nesting method exceeds by 5-10 cm hand-planted by the ordinary method. The number of beans with two grains on the plant varied according to layouts from 30 to 44%, and with three grains from 52 to 66%. It was determined that the diameter and depth of the cell of a cylindrical shape, into which only one soybean seed can be laid, should not be more than 9-10 mm. It was established that the time intervals between the emissions from the cells of the*

maximum number of soybean seeds range from 140 to 300 milliseconds with a change in the rotation speed of the sowing disk from 1.2 to 2.72 s^{-1}. The calculated coefficient of variation in seed distribution in the nest and between the nests, depending on the mode of operation of the experimental apparatus, was 0.3-0.45 and 0.70-0.86. It is established that the convergence of the calculated data obtained from the results of the computational experiment and the experimental data obtained with video shooting is satisfactory; the discrepancy is not more than 6-8%, which is within the error of the experiment. The length of the sensitive zone of the seeding sensor of the seeds shifted from the point of ejection from the cells is not less than 15 mm when it is installed not less than 50 mm from the point of separation of the seed from the side surface of the disk should be not less than 30 mm. The distance between the plates of the sensitive zone of the seed sensor should not exceed 20 mm. The clearance between the end face of the inductive path sensor and the bolt heads on the disk of the experimental setup should be no more than 2 mm. It is shown that the use of an improved seed sowing control system will improve the quality of sowing by constantly informing the operator of the progress of the process, technological and technical failures of the seeder.

Key words: *soybean, method of sowing, sowing apparatus, control system.*

Введение. Большинство хозяйств сеют сою рядовым способом зерновыми сеялками с междурядьем 15 см. Имеющийся производственный опыт по посеву сои как пропашной культуры с междурядьями 45 см и использованием пропашных сеялок показывает преимущества широкорядного посева перед рядовым по урожайности культуры. Необходимость в этом способе посева связана с высокой потребностью сои к освещению и уничтожению сорняков междурядными обработками. Разновидностью широкорядного посева является гнездовой способ, при котором семена равномерно размещаются в гнезде по несколько штук с заданным расстоянием между гнездами. При гнездовом размещении семян в рядке, по сравнению с односемянным высевом, повышается полевая всхожесть, появляются более дружные всходы, и повышается урожайность сои [1].

Повышению качества посева сои механическими и пневматическими сеялками способствует их оснащение устройствами контроля технологического процесса, которые предназначены для выполнения оперативного контроля работы и своевременного сообщения механизатору об отклонениях от заданных параметров функционирования посевного агрегата. Существующие системы контроля, устанавливаемые на некоторых отечественных и зарубежных сеялках многофункциональны, сложны в эксплуатации, требуют высококвалифицированного обслуживающего персонала [2].

В настоящее время ни в отечественной, ни в зарубежной практике на рынках не представлены сеялки для гнездового посева пропашных культур оснащенных простой и доступной в эксплуатации системой контроля высева семян. Поэтому их разработка является актуальной научной задачей, имеющей важное хозяйственное значение.

Материалы и методы исследований. Для оценки предложенного гнездового способа посева сои по различным схемам распределения семян в рядке был заложен предварительный полевой опыт в одном из хозяйств Тамбовского района. Семена сорта

Лиссабон были вручную разложены гнездами с междурядьем 45 см на глубину 5 см на выделенном участке поля по схемам: с интервалом между тремя семенами в гнездах по вариантам 30, 40 и 50 мм и между гнездами 60, 80 и 150 мм соответственно. Контрольная делянка – рядовой посев с междурядьем 15 см. Уборку сои проводили вручную с последующим формированием снопов по каждой схеме размещения растений. После разборки снопов и необходимых измерений растений и семян на изготовленном приспособлении и определяли биологическую урожайность по каждой схеме.

Лабораторные исследования высевающего аппарата проводили в лаборатории «Использование МТА» ФГБНУ ВНИИТиН на специально изготовленных стендах [3]. В ходе проведения лабораторных исследований определялись конструктивно-режимные параметры экспериментального высевающего аппарата для гнездового посева сои и системы контроля высева семян на различных частотах вращения диска от 1,2 до 2,72 $с^{-1}$. Для этого были изготовлены из полистирола экспериментальные высевающие диски с внешним диаметром 220 мм, на боковой поверхности которых выполнены 3 ряда трапецеидальных канавок с цилиндрическими ячейками. Количество трапецеидальных канавок определяет количество семян в гнезде. При этом интервалы между семенами в гнезде образуются за счет смещения на определенный угол относительно друг друга цилиндрических ячеек, находящихся в соседних канавках.

При проведении лабораторных исследований равномерность распределения семян сои в рядке определяли методом измерения временных интервалов между выбросами семян из ячеек высевающего диска с помощью датчика высева и приставки к компьютеру с LPT-портом. Суть метода заключается в измерении временного промежутка между двумя фронтами соседних импульсов, от датчика высева с точностью до одной миллисекунды, и отображаемого на дисплее в виде гистограммы, которые накапливаются в памяти компьютера и затем обрабатываются. Для чего промежуток времени, зафиксированный на оси гистограммы в миллисекундах между импульсами от датчика высева, фиксируемые моменты пролета семян через чувствительные пластины, выпавших из ячеек соседних рядов на диске и временные интервалы пролета семян, выпавших из последней ячейки первого ряда и первой ячейки третьего ряда (интервал между гнездами). Полученные значения временных интервалов умножают на заданную скорость посевного агрегата в метрах на миллисекунду, получают пройденное им расстояние за этот промежуток времени и количество выпавших из ячеек семян, которые сравнивают с установленной нормой высева на погонный метр рядка с учетом интервалов между семенами в гнезде и между гнездами.

Траекторию полета семян, выпавших из ячеек высевающего диска, в зависимости от частоты его вращения, определяли с использованием видеосъемки на камеру GoPro HERO4. Полученные видеоматериалы обрабатывались на компьютере по специально разработанной методике, в результате которой определялись координаты траектории отдельного семени в конкретный момент времени пролета через чувствительные пластины датчика. Фиксация координат осуществлялась на координатной сетке с шагом 3 мм, которая размещалась в полости и ниже сошника.

Исследования местоположения датчика высева относительно диска проводились на приспособлении, на котором датчик выставлялся по угломеру на определенный угол относительно горизонта. С определенной высоты роняли различные семена для пролета между чувствительными пластинами датчика. Фиксировали продолжительность импульса в миллисекундах от пролета различных семян, брошенных с определенной высоты с помощью LPT-порта.

Для определения длины чувствительной зоны датчика высева было выполнено аналитическое исследование траектории полета семян с момента их отрыва от высевающего диска до чувствительных пластин датчика, в результате которого получено уравнение теоретической траектории полета семени с учетом сопротивления воздуха [4]:

$$y = \frac{\left(\sqrt{m^2 \cdot \frac{\omega^2 \cdot r^2 \cdot \pi^2}{900} - C_x \cdot m \cdot \rho \cdot V_x^{\,2} \cdot S_{мид} \cdot x} - \frac{m^2 \cdot \omega \cdot r \cdot \pi}{15}\right)^2 \left(C_x \cdot \rho \cdot V_y^{\,2} \cdot S_{мид} - 4 \cdot m \cdot g\right)}{128 \cdot m^3}, \quad (1)$$

где m - масса семени, кг; ω - частота вращения высевающего диска, с$^{-1}$; r - радиус высевающего диска, м; C_x=0,4 – коэффициент лобового сопротивления (для семян шарообразной формы); ρ – плотность воздуха, кг/м^3; V_x, V_y – скорость полета семени, м/с; $S_{мид}$ – площадь поперечного сечения семени, м; g – ускорение свободного падения, м/с^2

Для выявления местоположения индуктивного датчика пути на сеялке и обоснования его конструктивных и размерных характеристик были проведены исследования на специально изготовленном экспериментальном стенде. Определялось расстояние между торцом стержня индуктивной катушки и головками болтов, их количество на диске имитирующего ступицу приводного колеса сеялки.

Результаты и обсуждение. Нами предложен гнездовой способ посева, который предусматривает равномерное размещение с заданным интервалом трех семян сои в гнезде с заданным расстоянием между гнездами в зависимости от нормы высева на одном гектаре.

На рисунке 1 представлены результаты измерения растений сои по исследуемым схемам размещения, полученным по средним значениям показателей в ходе предварительного полевого опыта: высоты растений, высоты прикрепления нижних бобов, количества боковых стеблей.

Анализируя гистограммы представленные на рисунке 1, можно заключить следующее. Высота растений сои посаженных по гнездовому способу превышает на 5-10 см (высота по паспорту сорта Лиссабон – до 70 см) аналогичный показатель на контрольной делянке. Высота прикрепления нижних бобов по рассматриваемым схемам не превышает 10 см, что меньше на 2-5 см паспортных данных сорта. Количество боковых стеблей на растениях посаженных гнездовым способом по схеме размещения 2х40-80 мм и 2х50-150 мм составило 4, что на один боковой стебель больше на растениях посаженных по другим схемам.

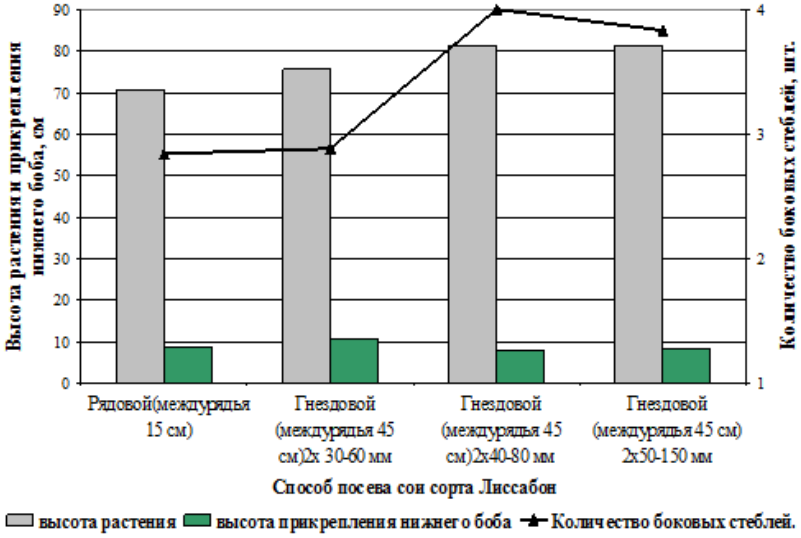


Рисунок 1 – Результаты полевого опыта по исследованию схем размещения растений при гнездовом способе посева сои

При подсчете количества бобов на стеблях растений посаженных по исследуемым схемам было выявлено преобладающее количество бобов с двумя зернами (варьирование по схемам размещения от 30 до 44%), а количество бобов с тремя зернами отмечено на 52-66% растений по рассматриваемым схемам (рисунок 2). При этом бобов с одним и четырьмя зернами не превышало 5%.

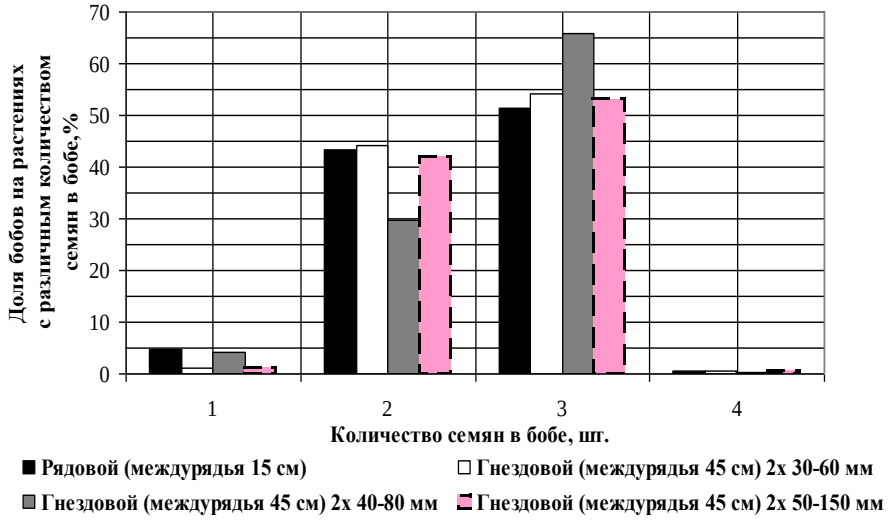


Рисунок 2 –Распределение растений сои по количеству бобов и семян в них

Биологическая урожайность сои по рассматриваемым схемам гнездового посева варьировала от 28,8 до 38,8 ц/га, что 5,96-42,75% больше урожайности сои при рядовом посеве.

На основании анализа размерных характеристик исследуемых семян сои, различных сортов и фракций, были получены следующие результаты (таблица 1) [5].

Из анализа соотношений размеров семян и визуальной оценки нами принято, что форма семян сои можно отнести к эллипсоиду. Анализ результатов таблицы 1

показывает, что с увеличением размеров семян сои коэффициент сферичности уменьшается с 0,74 до 0,54, т.е. семена меньших фракций наиболее близки к сферической форме.

Таблица 1 – Результаты исследований размерных характеристик семян сои, различных сортов и фракций

Название сорта сои, фракция, мм		Длина		Ширина		Толщина		Коэффициент сферичности
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	
Припять	6,5-7,5	6,0	7,5	5,58	6,95	4,1	5,98	0,72
	7,5-8,5	7,5	8,5	5,49	6,98	4,32	5,98	0,68
Мерлин	6,0-8,0	6,23	8,84	4,68	6,39	3,92	5,95	0,61
Лиссабон	7,0-9,0	7,17	9,04	5,61	7,47	5,1	6,41	0,74
Ланцетная	8,0-10,0	8,01	9,83	4,54	7,34	3,91	5,62	0,54

Большое значение при обосновании размеров ячеек высевающего диска имеет соотношение размеров семян, которое определяет условие западания в ячейку семени: в ячейку должно укладываться одно самое большое и не должно помещаться два самых маленьких семени высеваемой фракции.

Для круглой ячейки при заполнении ее семенем в вертикальном положении должно выполняться условие [6]:

$$2\delta_{\min} > l_1 = b_{\max} + k_1, \quad (2)$$

где $\delta_{\min}$ – минимальная толщина семени, мм; l_1 – длина ячейки, мм; $b_{\max}$ – максимальная ширина семени, мм; k_1 – зазор между стенкой ячейки и семенем, мм.

При определении глубины ячейки δ_1 для положения семени плашмя необходимо соблюдать условие:

$$2\delta_{\min} > \delta_1 = b_{\max} + k_2, \quad (3)$$

где k_2 – зазор между верхней плоскостью диска и зерном.

Исходя из соотношений размерных характеристик семян сои (таблица 1) были определены диаметр и глубина ячейки цилиндрической формы, в которую может быть уложено только одно семя, значения которых должны быть не более 9-10 мм [7].

Коэффициент заполнения ячеек вычисляли как отношение количества выпавших семян из ячеек к количеству проходящих ячеек над выгрузным окном высевающего аппарата за определенное количество оборотов диска. Коэффициент заполнения ячеек семенами сои на частотах вращения диска до 2 $с^{-1}$ составлял не менее 95%.

Лабораторными исследованиями установлено, что при изменении частоты вращения высевающего диска от 1,2 до 2,72 $с^{-1}$ временные интервалы между выбросами из ячеек максимального количества семян сои варьировали от 140 до 300 миллисекунд (рисунок 3).

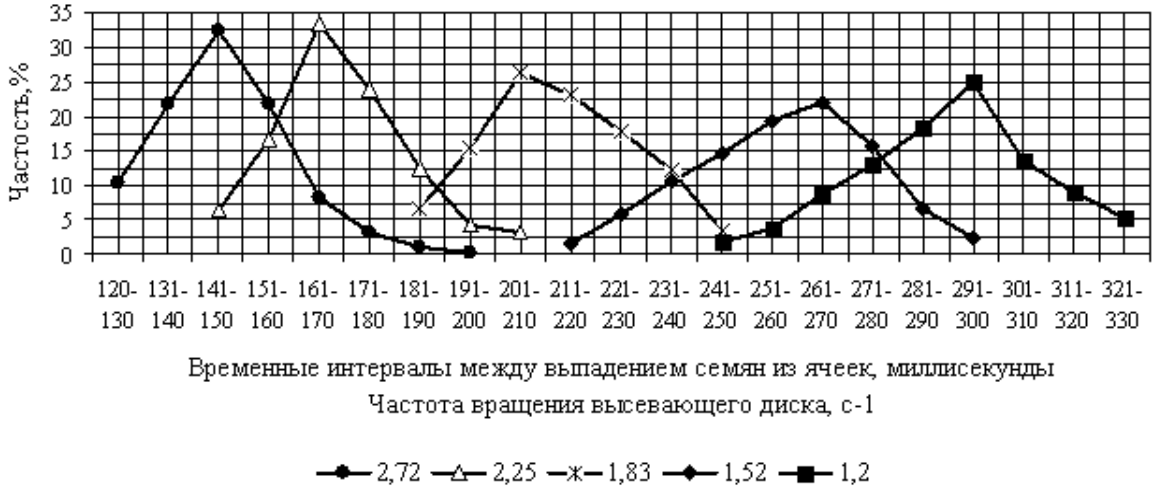


Рисунок 3– Распределение временных интервалов между выбросами семян из ячеек высевающего диска в зависимости от частоты его вращения

При этом расчетный коэффициент вариации распределения семян в гнезде и между гнездами в зависимости от режима работы экспериментального аппарата составил 0,3-0,45 и 0,70-0,86 соответственно (рисунок 4).

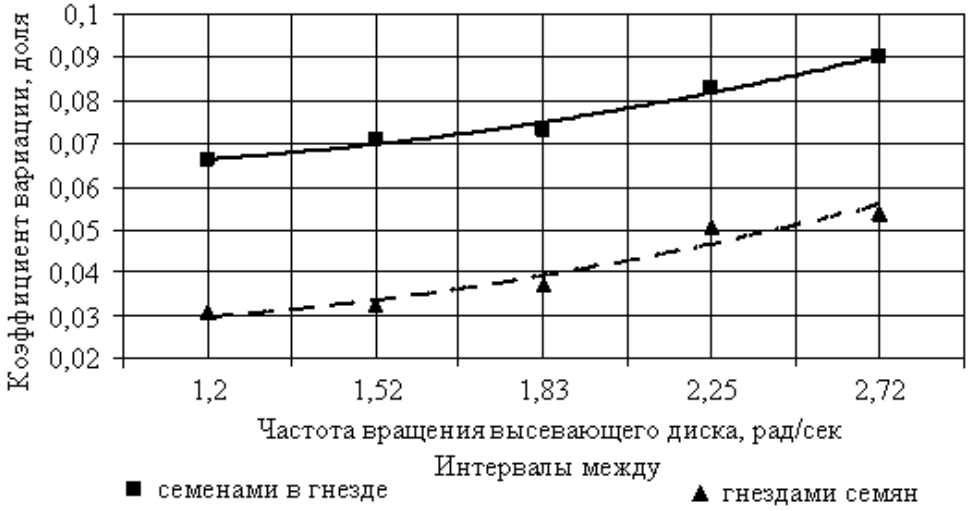


Рисунок 4 – Коэффициенты вариации интервалов между семенами в гнезде и между гнездами семян в зависимости от частоты его вращения

В ходе исследований были получены экспериментальные траектории полета семян сои при фиксированных частотах вращения высевающего диска при изменении высоты установки датчика относительно боковой поверхности диска, полученные с помощью видеосъемки. На рисунке 5 представлен график с наложенными расчетными траекториями, полученными по результатам проведенного вычислительного эксперимента по выражению (1), при частоте вращения высевающего диска 2,72 $с^{-1}$, и экспериментальной траектории полета семян сои. Сходимость расчетных и экспериментальных данных следует расценивать как вполне удовлетворительную; расхождение составляет не более 6 – 8 %, что находится в пределах погрешности эксперимента.

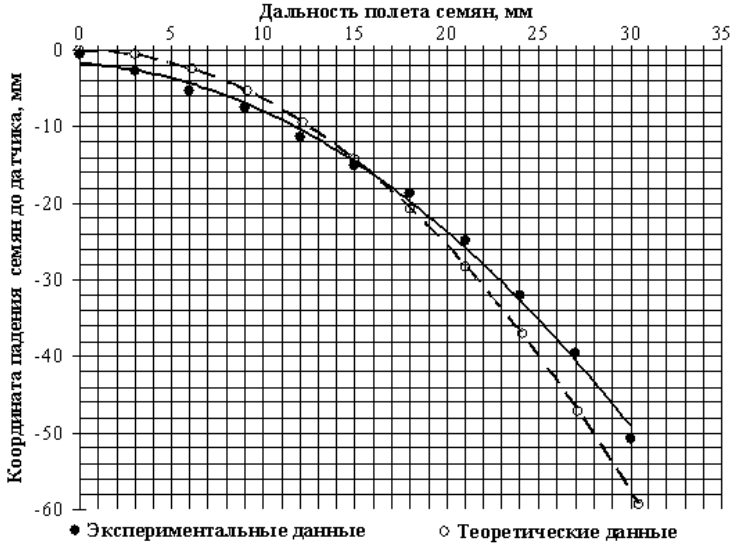


Рисунок 5 – Теоретическая и экспериментальная траектории полета семян сои при различных высотах установки датчика при частоте вращения высевающего диска 2,72 $с^{-1}$

На рисунке 6 представлен сводный график экспериментальных траекторий полета семян сои при различных частотах вращения высевающего диска.

Проекции траектории полета семян на ось X определяют длину чувствительной зоны датчика высева. Так, при установке датчика в сошнике на расстоянии от высевающего диска в 50 мм, длина его чувствительной зоны увеличивается от 13 мм при частоте вращения высевающего диска 1,2 $с^{-1}$ до 30 мм при частоте вращения диска 2,72 $с^{-1}$ (рисунок 6).

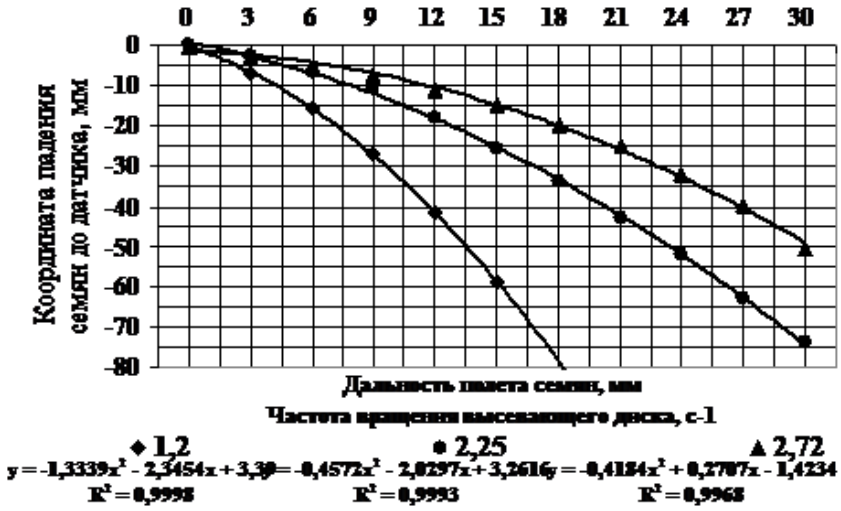


Рисунок 6 –Экспериментальные траектории полета семян сои при различных частотах вращения высевающего диска и высоте установки датчика

По агротехническим требованиям скорость посевного агрегата при использовании механических сеялок не должна превышать 6 км/ч (1,67 м/с). При этой скорости агрегата для качественного заполнения ячеек семенами частота вращения высевающего диска не должна превышать 2,72 $с^{-1}$. Поэтому длина чувствительной зоны датчика

высева должна составлять не менее 30 мм. Эта зона должна быть смещена относительно точки выброса семян из ячеек не менее 15 мм при установке датчика не ниже 50 мм от точки отрыва семени от боковой поверхности диска.

Для надежной регистрации пролета семян и отсеивания ложных срабатываний на пыль и вибрацию расстояние между пластинами чувствительной зоны датчика высева не должно превышать 20 мм.

Экспериментальными исследованиями установлено, что для надежного срабатывания индуктивного датчика пути зазор между торцом датчика и головками болтов на диске экспериментальной установки должен быть не более 2 мм.

В процессе производственного использования 12-ти рядных и 24-х рядных сеялок на посеве семян сахарной свеклы и 16-ти рядных сеялок на посеве кукурузы и подсолнечника, были выявлены технологические и технические отказы системы контроля и предложены способы их устранения, которые были реализованы при разработке усовершенствованной системы контроля высева семян.

Система контроля непосредственно во время работы сеялок представляла механизатору цифровую информацию о норме высева и отклонениях от запрограммированных пределов. При этом необходимо придерживаться такой скорости движения посевного агрегата, при которой отсутствует непрерывный звуковой сигнал и визуальный сигнал об отклонении от запрограммированного интервала скорости. Через определенное количество оборотов колеса, происходило изменение показаний нормы высева. В идеальном случае звуковой сигнал отсутствовал, а на информационном табло изменялись показания нормы высева семян в штуках на 1 м пути.

Повреждения чувствительных пластин ёмкостных датчиков высева из-за деформации щек сошника приводила к их отказу, который можно устранить установкой между щеками сошника распорной втулки.

Не правильная установка зазора между торцом индуктивного датчика пути и головками болтов на диске приводного колеса и при его намагничивании из-за металлических примесей на торце, коррозии контактов вследствие попадания влаги в корпус приводили к ложным срабатываниям датчика.

Неудобство использования системы и утомляемость механизатора приводят отсутствие цифровой информации на мониторе о скорости посевного агрегата и текущей производительности, о коротком замыкании в цепи датчиков высева, а также нечеткое изображение цифровой информации на мониторе и двухрядное расположение одноцветных светодиодов. Выявленные недостатки были устранены в процессе усовершенствования системы контроля высева семян.

Заключение. Предварительный полевой опыт подтвердил преимущества гнездового посева сои, при котором создаются благоприятные условия развития растений, быстрее появляются всходы, повышается на 6- 42,75% биологическая урожайность по рассматриваемым схемам в сравнении с рядовым посевом. Предлагаемая конструкция аппарата позволит равномерно распределить семена в гнезде и между гнездами по длине рядка в результате поштучного заполнения всех ячеек диска из подвижного организованного ряда, сформированного в распределительной камере на трапецеидальных канавках и счесывающим роликом. Использование

усовершенствованной системы контроля высева семян позволит повысить качество посева и увеличить производительность посевного агрегата за счет постоянного информирования механизатора о ходе процесса, технологических и технических отказах сеялки и оперативного их устранения.

Список литературы

1. Рыбалкина, Н.Н. Влияние норм высева и способов посева на урожайность сои / Н.Н. Рыбалкина // Земледелие. – 2000. – № 1. – С. 23.

2. Балашов, А.В. Контроль высева семян на пропашных сеялках / А.В. Балашов, Н.Ю. Пустоваров // Интеллектуальные технологии и техника в АПК: материалы Международной научно-практической конференции 18-20 октября 2016 года. – Мичуринск: ООО «Бис», 2016. – С. 217-225.

3. Завражнов, А.И. Результаты исследований параметров датчиков, используемых в системе контроля высева семян пропашных культур / А.И. Завражнов, А.В. Балашов, Н.Ю. Пустоваров // Наука в центральной России. – 2017. - № 5. – С. 29-35.

4. Завражнов, А.И. Теоретическое обоснование параметров датчика высева семян / А.И. Завражнов, А.А. Синельников, С.П. Стрыгин, Н.Ю. Пустоваров // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: Сборник научных докладов Международной научно-практической конференции, посвященной году экологии в России и 80-летию Тамбовской области, 27-28 сентября 2017 года, г. Тамбов: Изд-во Першина Р.В. - С.55-57.

5. Балашов, А.В. Определение физико-механических свойств семян сои / А.В. Балашов, С.П. Стрыгин, А.А. Синельников, В.П. Капустин, С.Г. Хайрулина // Наука в центральной России. - 2017. - №2. – С.5-12.

6. Бузенков, Г.М. Машины для посева сельскохозяйственных культур / Г.М. Бузенков, С.А. Ма – М.: Машиностроение, 1976. – 272 с.

7. Хайруллина, С.Г. Определение размерных характеристик семян сои / В.П. Капустин, С.Г. Хайруллина // Материалы 69-й научно-практической конференции студентов и аспирантов: сборник научных статей, в 2-х частях, часть II. – Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ. – 2017. – С.298-302.

8. Балашов, А.В. Повышение качества посева пропашных культур пневматическими сеялками / А.В. Балашов, С.П. Стрыгин, А.В. Крищенко // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: Сборник научных докладов 8 Международной научно-практической конференции, 23-24 сентября 2015 года, г. Тамбов. – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2015. – С. 63-67.

References

1. Rybalkina, N.N. Vlijanie norm vyseva i sposobov poseva na urozhajnost' soi / N.N. Rybalkina // Zemledelie. – 2000. – № 1. – S. 23.

2. Balashov, A.V. Kontrol' vyseva semjan na propashnyh sejalkah / A.V. Balashov, N.Ju. Pustovarov // Intellektual'nye tehnologii i tehnika v APK: materialy Mezhdunarodnoj

nauchno-prakticheskoj konferencii 18-20 oktjabrja 2016 goda. – Michurinsk: OOO «Bis», 2016. – S. 217-225.

3. Zavrazhnov, A.I. Rezul'taty issledovanij parametrov datchikov, ispol'zuemyh v sisteme kontrolja vyseva semjan propashnyh kul'tur / A.I. Zavrazhnov, A.V. Balashov, N.Ju. Pustovarov // Nauka v central'noj Rossii. – 2017. - № 5. – S. 29-35.

4. Zavrazhnov, A.I. Teoreticheskoe obosnovanie parametrov datchika vyseva semjan / A.I. Zavrazhnov, A.A. Sinel'nikov, S.P. Strygin, N.Ju. Pustovarov // Povyshenie jeffektivnosti ispol'zovanija resursov pri proizvodstve sel'skohozjajstvennoj produkcii – novye tehnologii i tehnika novogo pokolenija dlja rastenievodstva i zhivotnovodstva: Sbornik nauchnyh dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj godu jekologii v Rossii i 80-letiju Tambovskoj oblasti, 27-28 sentjabrja 2017 goda, g. Tambov: Izd-vo Pershina R.V. - S.55-57.

5. Balashov, A.V. Opredelenie fiziko-mehanicheskih svojstv semjan soi / A.V. Balashov, S.P. Strygin, A.A. Sinel'nikov, V.P. Kapustin, S.G. Hajrulina // Nauka v central'noj Rossii. - 2017. - №2. – S.5-12.

6. Buzenkov, G.M. Mashiny dlja poseva sel'skohozjajstvennyh kul'tur / G.M. Buzenkov, S.A. Ma – M.: Mashinostroenie, 1976. – 272 s.

7. Hajrullina, S.G. Opredelenie razmernyh harakteristik semjan soi / V.P. Kapustin, S.G. Hajrullina // Materialy 69-j nauchno-prakticheskoj konferencii studentov i aspirantov: sbornik nauchnyh statej, v 2-h chastjah, chast' II. – Michurinsk: Izd-vo Michurinskogo GAU. – 2017. – S.298-302.

8. Balashov, A.V. Povyshenie kachestva poseva propashnyh kul'tur pnevmaticheskimi sejalkami / A.V. Balashov, S.P. Strygin, A.V. Krishhenko // Povyshenie jeffektivnosti ispol'zovanija resursov pri proizvodstve sel'skohozjajstvennoj produkcii – novye tehnologii i tehnika novogo pokolenija dlja rastenievodstva i zhivotnovodstva: Sbornik nauchnyh dokladov 8 Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, 23-24 sentjabrja 2015 goda, g. Tambov. – Tambov: Izd-vo Pershina R.V., 2015. – S. 63-67.

УДК 631.17: 631.331: 631.816.1

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ПОСЕВА НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА ГРАФИКОВ В СИСТЕМЕ «STATISTICA»

Беспамятнова Наталья Михайловна
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник,
e-mail:vniptim@gmail.com
Беспамятнов Юрий Алексеевич
научный сотрудник
Колинько Алексей Александрович,
конструктор
АНЦ «Донской» (научное подразделение «СКНИИМЭСХ»),
г. Зерноград Ростовской области

Реферат. *Использована компьютерная программа «Statistica в целях совершенствования новых рабочих орудий для механизации посева. Предложено применить к экспериментальным данным, полученным в виде графиков и поверхностей отклика коэффициент дивергенции - элемент формулы Гаусса-Остроградского. Предел дивергенции рассматривается как предел изменения технологического показателя (нормы высева, неравномерности и других агротехнических показателей) при воздействии на него изменяющихся (распределённых) технических параметров. Степень изменения линий поверхности отклика исследуемого технологического процесса рассматривается аналогично замкнутым по поверхности дифференциалов коэффициента дивергенции. Предложена методика интерпретации данных по нескольким технологическим процессам, выполненным рабочими органами для посева семян и внесения удобрений, позволяющая принимать более качественные технические решения, обеспечивающие получение технологических показателей в соответствии с агротехническими требованиями. Представлен и проанализирован идеальный контурный график расстояния между форсунками, обеспечивающими получение неравномерности распределения удобрений в 5 %, в зависимости от рабочего давления и высоты расположения форсунки. Рассмотрены возможности уточнения параметров штанговых опрыскивателей, органов пневмовакуумного аппарата, а также для выбора параметров и режимов рабочих органов для посева семян с применением вибрации.*

Ключевые слова: *анализ графиков, коэффициент дивергенции, параметры и режимы работы рабочих органов; посев и внесение удобрений.*

IMPROVEMENT OF WORKING BODIES FOR SOWING ON THE EXAMPLE OF ANALYSIS OF SCHEDULES IN THE SYSTEM "STATISTICA"

Bespamyatnova Natalia,
Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, e-mail: vniptim@gmail.com
Bespyamtnov Yuri,
Researcher
Kolinko Alexey,
Constructor

Abstract. *The computer program "Statistica" is used to improve new tools for seeding mechanization. It is proposed to apply to the experimental data obtained in the form of graphs and response surfaces the divergence coefficient, an element of the Gauss-Ostrogradsky formula. It is proposed to apply to the experimental data obtained in the form of graphs and response surfaces the divergence coefficient, an element of the Gauss-Ostrogradsky formula. The divergence limit is considered as the limit of the change in the technological indicator (the rate of seeding, unevenness and other agrotechnical indices) under the influence of changing (distributed) technical parameters on it. The degree of change of the surface lines of the response of the technological process under consideration is treated similarly to the divergence coefficient closed on the surface of the differentials. The technique of interpreting data on several technological processes performed by the working bodies for seeding and*

fertilizing, which allows to make better technical solutions ensuring the obtaining of technological indicators in accordance with agrotechnical requirements, is proposed. An ideal contour plot of the distance between the nozzles is provided and analyzed, which provides an uneven distribution of fertilizers in 5%, depending on the operating pressure and height of the nozzle. Possibilities of specification of parameters of rod sprayers, bodies of pneumatic vacuum apparatus, and also for selection of parameters and regimes of working organs for sowing seeds with application of vibration are considered.

Keywords: *analysis of graphs, coefficient of divergence, parameters and operating modes of working bodies; sowing and fertilization.*

Введение. Современная обработка полученных в ходе экспериментов материалов основана на компьютерных программах, значительно сокращающих время и качество принимаемых решений. Одной из наиболее часто применяемых программ является программа «Statistica».

Анализ многих полученных графиков, известных в современной научной литературе показал, что возможности и преимущества широко известной программы «Statistica» недостаточно используются при интерпретации полученных в ходе экспериментов материалов при создании техники механизации сельского хозяйства.

Материалы и методы. В литературе достаточно широко описаны углублённые методы анализа в системе «Statistica» с примерами из экономики, маркетинга, рекламы, бизнеса, медицины, промышленности и других областей. В предлагаемой работе предпринята попытка углубленного анализа графиков в системе «Statistica» на примере совершенствования новых рабочих орудий для механизации посева путём применения элементов формулы Гауса-Остроградского, в частности, коэффициента дивергенции. Предел дивергенции рассматривается как предел изменения объёмного показателя при воздействии на него параметров, непрерывно распределённых по поверхности и выражается в виде [1].

$$\iiint_{Y} div \cdot FdV = \oint\oint F \cdot n \cdot dS, \tag{1}$$

или:

$$\int\left(\frac{dR}{dx}+\frac{dQ}{dy}+\frac{dR}{dz}\right)\cdot\omega = \int\left(P\cos\lambda + Q\cos\mu + R\cos V\right)\cdot S, \tag{2}$$

где ω и S – дифференциалы объема (ω) и поверхности (S); в современной

записи ω = dω – элемент объема, а S = dS – элемент поверхности. Остальные показатели соответствуют параметрам, влияющим на объем и поверхность исследуемого процесса.

Если представить объём как массовый расход семян из бункера (норма высева), то поверхность представляет собой участок, на котором высеваются семена.

В формуле Гаусса-Остроградского показатель коэффициента дивергенции:

$$\iint_{S_S}\left(d \cdot dS\right) = \iiint div \cdot \alpha \cdot d\alpha \cdot dz, \tag{3}$$

где α – скорость изменения объёмного показателя.

Предел дивергенции представляет собой:

$$div \cdot \alpha = \lim_{S \to 0} \frac{1}{|V_S|} \cdot \iint (\alpha \cdot dS), \text{ в точке (x, y, z).} \quad (4)$$

В наших задачах он может рассматриваться как предел изменения объёмного показателя α при воздействии на него изменяемых параметров V_s, непрерывно распределённых по исследуемой поверхности.

Предел изменения объёмного показателя α представляем как нормативный показатель агротехнических требований по времени и в пространстве.

В такой интерпретации любую технологическую задачу можно математически связать с техническими параметрами.

В программе «Statistica» основными показателями принято считать уравнение регрессии и его анализ в виде графика полученной поверхности отклика изучаемого объекта на исследуемые параметры.

Оси координат, в которых строится поверхность отклика, обычно соответствуют техническим показателям, а поверхность отклика как раз и показывает насколько правильно выбраны технические параметры рабочего органа, чтобы получить достигнутый технологический показатель. Зачастую уже в первом приближении становится ясно, располагается ли центр контурного графика в исследуемых параметрах или следует отбросить полученную версию, как незначительную.

Однако при более глубоком изучении контурных графиков можно получить направление дальнейших исследований поставленных задач. Решение этой задачи заключается в самом понимании предела коэффициента дивергенции. В формуле Гаусса-Остроградского степень изменения скорости исследуемого показателя (потока жидкости) зависит от изменения скорости поля (по поверхности), создаваемого элементами поверхности.

Практически при таком подходе дивергенцию можно рассматривать как уровень изменения параметров процесса на исследуемую величину, а предел дивергенции – как ограничитель на показатель изменения технологического параметра (исследуемого), задаваемого агротехническими требованиями [1]. При увеличении показателя дивергенции степень влияния того или иного параметра (x,y) на исследуемый показатель z уменьшается, а сам показатель более стабилен. При уменьшении показателя дивергенции divα исследуемый технологический показатель изменяется сильнее и может выйти за пределы допустимого.

В связи с этим можно рассматривать степень изменения линий поверхности отклика исследуемого технологического процесса аналогично замкнутым по поверхности дифференциалов коэффициента дивергенции.

Результаты. Для примера рассмотрим идеальный контурный график расстояния между форсунками, обеспечивающими получение неравномерности распределения удобрений в 5 % в зависимости от рабочего давления Р и высоты расположения форсунки Н. [2].

Центр (ядро) графика ярко выражен, изо линии поверхности отклика хорошо характеризуют преимущественное влияние высоты расположения форсунки: на более

низкой высоте коэффициент дивергенцииdivα_1 быстро изменяется, следовательно, быстро изменяется и давление в форсунке, а равномерность распределения удобрений – в худшую сторону, увеличивая их неравномерность выше 5 %. Давление ρ мало изменяет расстояние между изолиниями divα_2 поэтому автор исследования [2] справедливо делает вывод о необходимости чёткого расположения высоты форсунки (рисунок 1).

Однако не всегда удаётся получить идеальный контурный график полученного в ходе исследований уравнения.

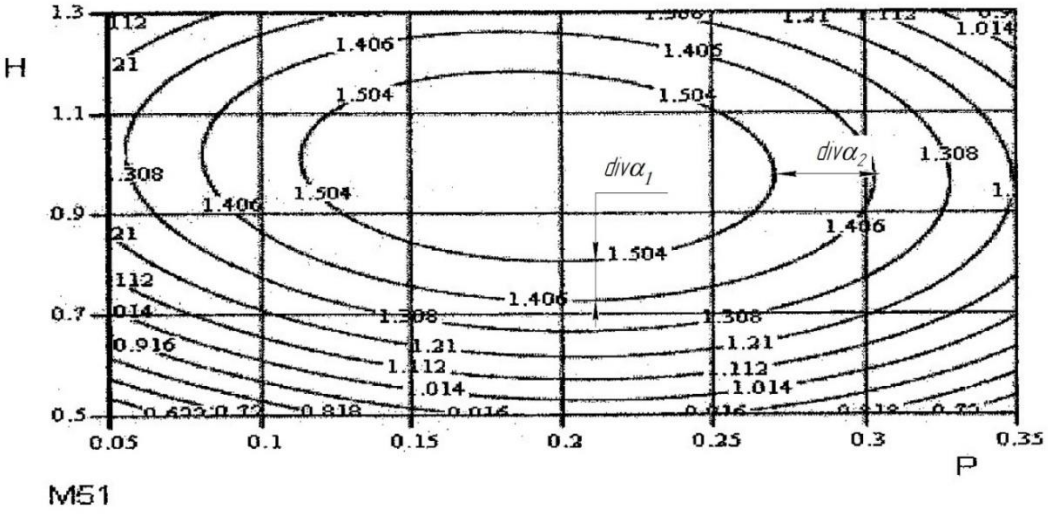


Рисунок 1 - Контурный график уравнения B_5 (в редакции представления и оформления[2]).

Иногда центр графика обозначен, но расстояния между поверхностями отклика слишком малы, то есть достигнутый уровень в центре неустойчив, так как градиенты между изолиниями велики. В таких случаях целесообразно выбирать искомую величину в области наименьших градиентов(с большими расстояниями между изолиниями),так называемая массовая задача (рисунок 2)[3].

$$div \cdot \alpha = \lim_{\substack{V_s \\ S \to 0}} \frac{1}{V_s} \cdot \iint (\alpha \cdot dS); \tag{5}$$

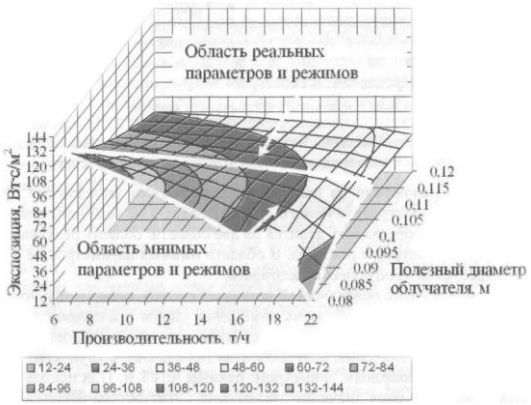


Рисунок 2 - Изменение экспозиции облучения для случая, когда движение зерна происходит по оси облучателя (в редакции представления и оформления[3]).

Очень часто встречаются графики с поверхностями отклика в виде ложбины или гребня (рисунок 3) [2]. В подобном случае следует соотноситься с уравнениями регрессии, полученными в ходе эксперимента и возможности изменения положенияложбины или гребня, т.к. такие формы графиков наиболее устойчивы. В конкретном случае для семян подсолнечника, можно оставить найденные значения давления в системе, слегка сдвинув его в сторону более низких. В данном случае не следует достигать центр графика, так как придётся увеличивать давление в системе.

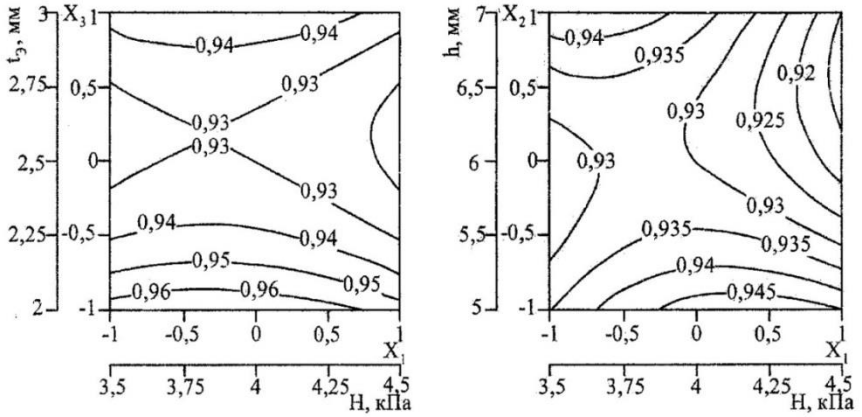


Рисунок 3 - Изолинии единичной подачи семян кукурузы (в редакции представления и оформления[4]).

Рассмотрим более сложный случай изменения показателя плотности почвы от массы груза технического показателя конструктивного элемента и влажности почвы.

Поверхность отклика по полученным экспериментальным данным на рисунке 4 представлена в виде одного локального центра показателя уплотнения семенного ложа при влажности 22-24% и массе сошника 2 кг. При недостаточном увлажнении (менее 18%) ядро центра плотности почвы не достигает завершенности и, скорее всего образуется вследствие естественного иссушения почвы. Третий центр возможен при влажности почвы 18-20%, но не достигает выраженности при имеющейся массе сошника.

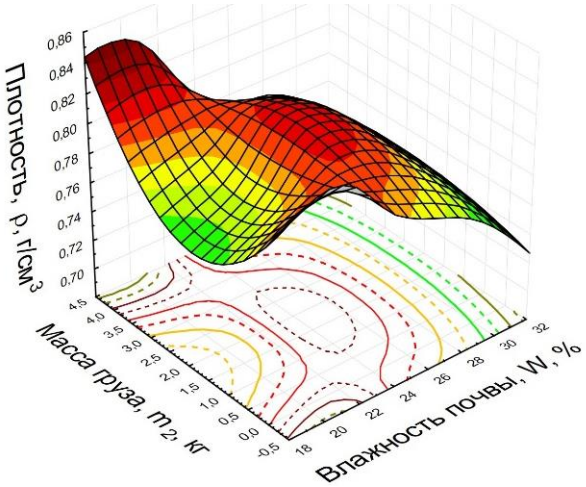


Рисунок 4 - График зависимости плотности почвы от массы виброуплотнителя при L=50 мм и частоте 30 Гц.

Практически достичь пределов агротехнических требований не возможно, так как уплотнение почвенного ложа в 0,84 г/см^3 не соответствует требованиям в 1,0-1,2 г/см^3. Увеличивать массу сошника до 10 кг нецелесообразно по экономическим требованиям.

Применив рассмотренные элементы формулы Гаусса-Остроградского, можно отметить, что в центрах поверхностей отклика изолинии имеют наибольшие градиенты, следовательно, показатель плотности почвы не меняется. По периферии центров коэффициент дивергенции стремится к уменьшению, что означает быстрое изменение плотности почвы и возможность выхода за пределы агротехнических требований.

При установке на сошнике вибрационного уплотнителя с общей массой 6 кг даже при влажности почвы 19,5%, плотность почвы на ложе семян составила 1,0 г/см^3, что и задаётся агротехническими требованиями. Следует отметить, что коэффициент дивергенции на этом уровне строго ограничен: при малых и больших показателях массы уплотнителя вместе с сошником плотность почвы резко падает (рисунок 5).

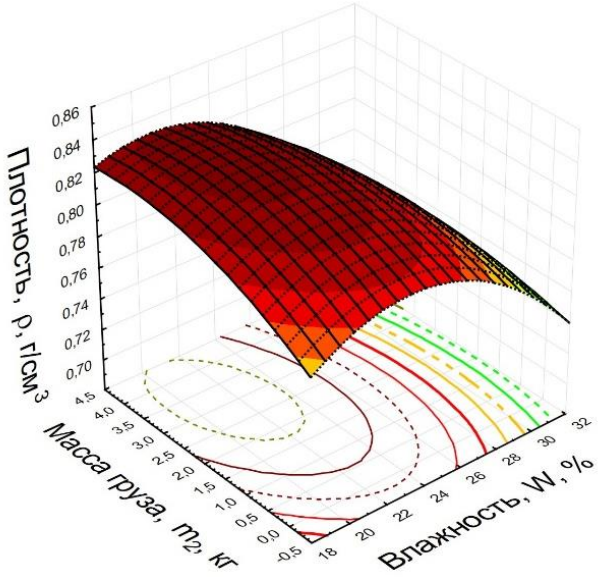


Рисунок 5 – График зависимости плотности почвы от массы виброуплотнителя и влажности почвы при L=100мм и частоте 30 Гц.

Выводы. Таким образом, использование значения коэффициента дивергенции на графиках и поверхностях отклика данных, полученных в системе «Statistica» позволяет более детально рассматривать возможности технических решений, обеспечивающих выполнение агротехнических требований показателей технологических процессов.

Список литературы

1. Беспамятнова Н.М. Методология создания единого вибровысевающего аппарата для семян и удобрений / Н.М. Беспамятнова, Ю.А. Беспамятнов, В.В. Реутин // Политехнических сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – Краснодар, КубГАУ, 2015 - №113(09) Ноябрь – УДА: 11315090004 – Режим доступа: http://kubagro.ru/2015/09/paf04/paf,0,813у.п.л. – с.56-69

2. Крупко А.М. Совершенствование процесса распределения жидких удобрений штанговыми опрыскивателями (на примере гумата калия торфяного жидкого).

Автореф. дисс. канд. техн. наук. Зерноград – 2005. ФГОУ ВПО «Азово-Черноморская ГАУ».

3. Пономарёва Н.Е. Обоснование параметров и режимов электрооптического преобразователя для предпосевной обработки семян пшеницы. Автореферат диссертациии на соискание учёной степени кандидат технических наук. Зерноград – 2006, СтГАУ

4. Должиков В.В. Совершенствование процесса подачи семян пропашных культур пневмовакуумным аппаратом. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. Зерноград – 2013, ФГОУ ВПО АЧГАА.

УДК 665.7.035

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК НА ОСНОВЕ ИНДУСТРИАЛЬНОГО МАСЛА С ДОБАВЛЕНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Бусин Игорь Вячеславович,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
E-mail: vniitinlab7@yandex.ru
Шихалев Илья Николаевич
кандидат технических наук, научный сотрудник, e-mail: viitinlab8@bk.ru
Корнев Алексей Юрьевич,
кандидат технических наук, заведующий лабораторией,
e-mail: vniitinlab7@yandex.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Тамбов

Реферат. *В условиях возросших требований к противоизносным свойствам смазывающих материалов для узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники при различных критических условиях эксплуатации, большой интерес вызывает исследование влияния наноструктур на смазывающую способность. Изучали вопросы приготовления литиевых пластичных смазок с добавлением углеродных наноматериалов (УНМ). Для приготовления пластичных смазок 15 – 17% оксида лития смешивали при комнатной температуре с маслом, нагревали до 100 ºС и выдерживалась в течение 1 часа, затем следовал кратковременный (до 5 минут) нагрев до 225 ºС, после чего смесь отправлялась в гомогенизатор. На последней стадии в смазку добавляли необходимое количество УНМ. При приготовлении использовали два вида наноматериалов УНМ – ГНП 10 и ГНП 25, представляющие собой малослойные графеновые нанопластины с концентрацией 10 % и 25 % в индустриальном масле И–20А, соответственно, а также УНМ «Таунит». В качестве основы смазки также использовали два вида индустриального масла И–20А товарное и И–20А очищенное. Определяли температуры каплепадения пластичных смазок и их смазывающие свойства. Установили, что добавление графена в пластичные смазки,*

как и использование товарного или очищенного индустриального масла в качестве основы пластичных смазок не оказывает существенного влиянии на температуру каплепадения смазки. Показали, что внесение в смазку различных модификаций графена улучшает смазывающую способность на 10 – 17 %, при этом не наблюдалось заметной разницы между вносимыми модификациями графена. Показали, что применение УНМ серии «Таунит» в качестве твердого наполнителя к пластичным смазкам (0,1 масс. %) не изменяет общей картины наблюдений. Смазывающая способность пластичных смазок увеличилась в среднем на 12 %, по сравнению со смазкой без добавки.

Ключевые слова: *индустриальное масло, пластичные смазки, углеродные наноматериалы*

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF PLASTIC LUBRICANTS ON THE BASIS OF INDUSTRIAL OIL WITH ADDITION OF CARBON NANOMATERIALS

Busin Igor,
candidate of technical sciences, senior researcher, e-mail: vniitinlab7@yandex.ru
Shikhalev Ilya,
candidate of technical sciences, researcher, e-mail: viitinlab8@bk.ru
Kornev Alexey,
Candidate of Technical Sciences, Head of Laboratory, e-mail: vniitinlab7@yandex.ru

Federal state budgetary scientific institution "All-Russian research Insitute for using machinery and oil products in agriculture", Tambov

Abstract. *Investigation of the influence of nanostructures on lubricity in conditions of increased requirements for the anti-wear properties of lubricating materials for units and aggregates of agricultural machinery under various critical operating conditions is of great interest. The preparation of lithium plastic greases with the addition of carbon nanomaterials (UNM) was studied. In the preparation of greases, 15-17% of lithium oxide was mixed at room temperature with oil, heated to 100 ° C and held for 1 hour, followed by a short (up to 5 minutes) heating to 225 ° C, after which the mixture was sent to a homogenizer. The required amount of CNM was added to the grease at the last stage in the lubricant. Two types of nanomaterials UNM - GNP 10 and HNP 25, which are low-layer graphene nanoplasts with a concentration of 10% and 25% in industrial oil I-20A, respectively, and also UNM "Taunit" were used in the preparation of lubricants. Two types of industrial oil I-20A commercial and I-20A were also used as a lubricant base. The dropping points of grease and their lubricating properties were determined. It was found that the addition of graphene to plastic greases, as well as the use of commercial or refined industrial oil as the basis of plastic greases, does not significantly affect the dropping temperature of the lubricant. It was shown that the introduction of various modifications of graphene into the lubricant improves the lubricity by 10-17%, while there was no noticeable difference between the introduced graphene*

modifications. It was shown that the application of the UNM series "Taunit" as a solid filler to plastic lubricants (0.1 wt.%) Does not change the overall picture of the observations. Lubricity of greases increased by an average of 12 %, compared with lubricant without additives.

Key words: *industrial oil, greases, carbon nanomaterials*

Введение. В настоящее время к современным смазывающим материалам предъявляются все более высокие требования. Прежде всего, это касается противоизносных свойств при различных критических условиях эксплуатации. Одним из традиционных способов их улучшения является внесение специальных присадок на этапе приготовления.

Исследованиями последнего десятилетия показана насущная необходимость в определении возможностей использования нанодисперсных веществ в различных областях человеческой деятельности. Как известно, «наноматериалы» – продукт нанотехнологий, функциональные свойства которых определяются их размером, находящимся между 1 и 100 нм [1 - 3]. Одним из новых и перспективных углеродных материалов является графен, представляющий собой единичную графитовую плоскость, в которой sp^2–гибридизированные атомы образуют гексогональную решетку.

Вместе с тем на сегодняшний день практический интерес представляют структуры, содержащие два и более (до десяти) графеновых слоев, которые являются «строительными блоками» для нанотрубок, графита и других углеродных материалов (УНМ) [4 – 7].

Большой интерес вызывает исследование влияния наноструктур на смазывающую способность. Основываясь на известных данных об использовании модификаций углерода в качестве наполнителей для пластичных смазок, повышающих их противоизносные свойства [8], можно предположить, что основное влияние углеродные наноматериалы будут оказывать так же на смазывающую способность пластичных смазок.

Методы исследований. Для приготовления пластичных смазок 15 – 17 % оксида лития смешивали при комнатной температуре с индустриальным маслом. После чего смесь нагревалась до 100 ºС и около часа выдерживалась при этой температуре. Затем следовал кратковременный (до 5 минут) нагрев до 225 ºС, после чего смесь отправлялась в гомогенизатор. На последней стадии в смазку добавлялось необходимое количество УНМ. При приготовлении использовались два вида УНМ – ГНП 10 и ГНП 25, представляющие собой малослойные графеновые нанопластины в индустриальном масле И–20А с концентрацией нанопластин 10 % и 25 % соответственно, а также УНМ «Таунит». Определение температуры каплепадения пластичных смазок проводилось по ГОСТ 6793, определение смазывающих свойств – сравнительными испытаниями на четырехшариковой машине трения.

Результаты исследований. В ФГБНУ ВНИИТиН были исследованы присадки в нефтепродукты на основе наноструктурированного углерода – Таунита и графена,

производства ООО «НаноТехЦентр», г. Тамбов. Некоторые их свойства представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристики углеродных наноматериалов

Парамеры	Таунит	Таунит-МД	Параметры	Малослойные графеновые нанопластины
Внешний диаметр, нм	20…70	30…80	Толщина нанопластин, нм	1…2
Внутренний диаметр, нм	5…10	10…20	Размер нанопластин, мкм	2…10
Насыпная плотность, г/см^3	0,4…0,6	0,03…0,05	Содержание кислорода, масс. %	9…13
Удельная поверхность, м^2 /г	120…130	180…200	Содержание серы, масс. %	менее 0,7
Длина, мкм	2 и более	20 и более	Число слоев	3…5

В качестве исследуемых нефтепродуктов использовались пластичные смазки - аналоги литолов собственного изготовления, дисперсионную среду которых составляло индустриальное масло. Использование в качестве основы пластичной смазки глубокоочищенного отработанного индустриального масла позволяет решить проблему ресурсосбережения и снизить затраты на ее производство. Применяемый при этом способ получения пластичной смазки сочетает в себе процесс очистки отработанного индустриального масла с добавлением загустителя и присадок, упрощен и адаптирован для применения в условиях малых предприятий и может быть реализован в нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности и отраслях, связанных с переработкой нефтеотходов.

При изготовлении аналога графитной смазки в качестве наполнителя используется 10 масс. % антифрикционного наполнителя – графита ГС-4, ГС-10 или ГС-12. Предположительно применение меньшей концентрации наноструктурированного углерода позволит снизить себестоимость получаемой смазки, повысить ее противоизносные свойства и уменьшить расход сырья.

В качестве основы смазки также использовали два вида индустриального масла И–20А товарное и И–20А, очищенное по известному способу [9] (таблица 2).

Таблица 2 - Физико-химические характеристики индустриальных масел, используемых для приготовления пластичных смазок с наноматериалами

Показатели	И–20А Товарное (Т)	И–20А Загрязненное (З)	И–20А Очищенное (О)
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм^2/с	32	39	35
Температура вспышки, °С	200	194	201
Кислотное число, мг КОН/г	0,03	1,8	0,05
Содержание мех. примесей. %	отсутствие	0,5	отс
Содержание воды, %	отсутствие	0,05	отс
Цвет, ед. ЦНТ	2,0	4,5	2,5 – 3,0

После гомогенизации и остывания смазки измерялись два основных параметра – температура каплепадения и диаметр пятна износа при различных значениях температуры (таблица 3, рисунки 1 – 3).

На основании представленных данных можно сделать вывод о том, что добавление графена в пластичные смазки, равно как и использование товарного или очищенного индустриального масла в качестве основы пластичных смазок не оказывает существенного влиянии на температуру каплепадения смазки. В тоже время внесение в смазку различных модификаций графена улучшает смазывающую способность на 10 – 17 %. При этом не наблюдалось заметной разницы между вносимыми модификациями графена.

Таблица 3 - Изменение температуры каплепадения пластичных смазок при добавлении углеродных наноматериалов

Состав смазки	И-20А (Т)	И-20А (О)	И-20А (Т) + ГНП 10	И-20А (О) + ГНП 10	И-20А (Т) + ГНП 25	И-20А (О) + ГНП 25
Температура каплепадения, °С	162	165	164	166	165	166

Применение УНМ серии «Таунит» в качестве твердого наполнителя к пластичным смазкам (0,1 масс. %) не изменяет общей картины наблюдений – смазывающая способность пластичных смазок так же увеличилась в среднем на 12 %, по сравнению со смазкой без добавки.

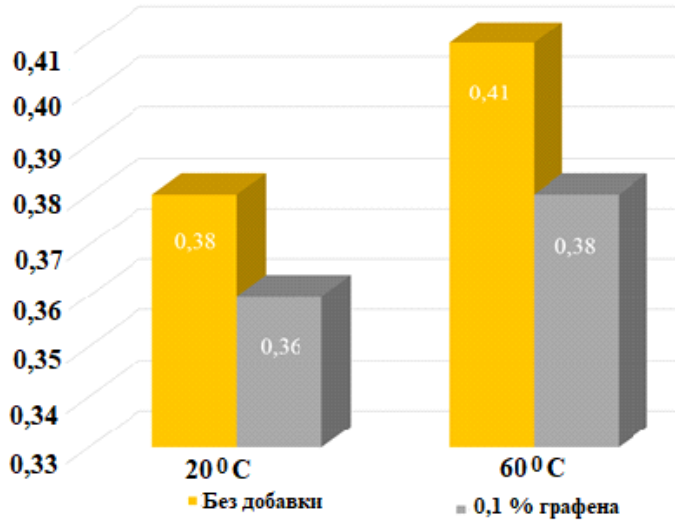


Рисунок 1. Изменение диаметра пятна износа И–20А(Т) после внесения ГНП-25
1 - И-20А(Т), 2 - И-20А(О), 3 - И-20А(Т)+10 % графита, 4 - И-20А(О)+10 % графита,
5 - И-20А(Т)+ГНП-10, 6 - И-20А(О)+ГНП 10, 7 - И-20А(Т)+ГНП-25, 8 - И-20А(О)+ГНП 25

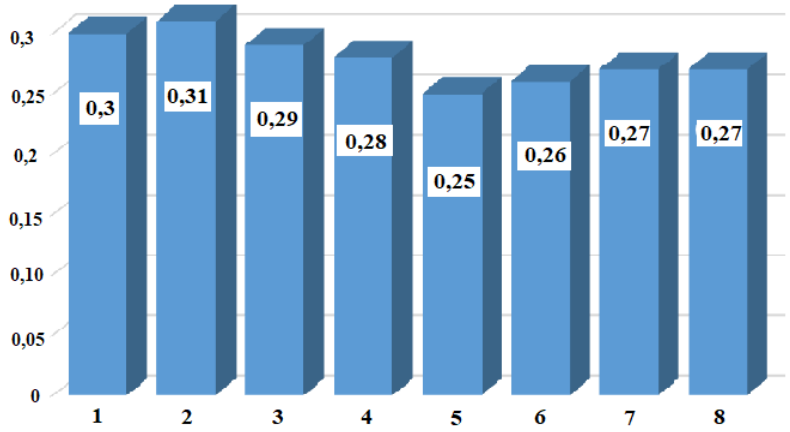


Рисунок 2. Изменение диаметра пятна износа смазок при 20ºС в зависимости от вида основы и добавок для: 1 - И-20А(Т), 2 - И-20А(О), 3 - И-20А(Т)+10 % графита, 4 - И-20А(О)+10 % графита, 5 - И-20А(Т)+ГНП-10, 6 - И-20А(О)+ГНП 10, 7 - И-20А(Т)+ГНП-25, 8 - И-20А(О)+ГНП 25

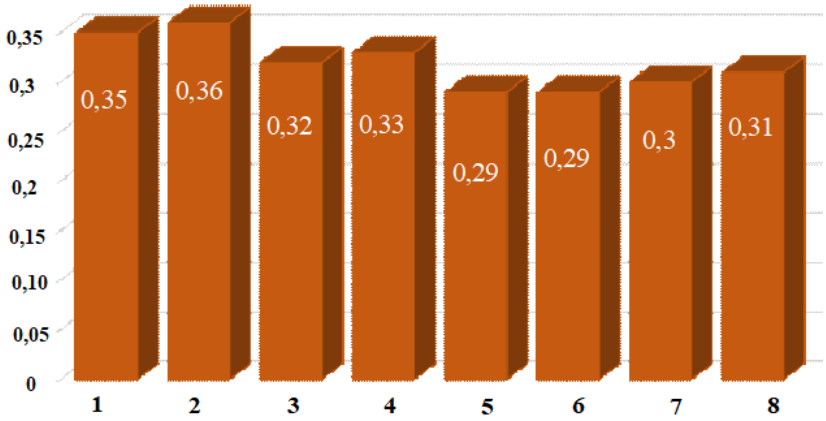


Рисунок 3. Изменение диаметра пятна износа смазок при 120 ºС в зависимости от вида основы и добавок

Таким образом, добавление рекомендованного производителем количества УНМ (0,1 масс. %) в пластичные смазки позволяет до 17 % улучшить их смазывающую способность при этом их количество на порядок меньше чем для традиционного наполнителя – графита. Влияние УНМ на другие характеристики пластичных смазок требуют дальнейших исследований. Экономический эффект зависит только от стоимости УНМ по сравнению с традиционными добавками.

Список литературы

1. Третьяков Ю. Д., Гудилин Е. А. Основные направления фундаментальных и ориентированных исследований в области наноматериалов. // Успехи химии. 78:9 (2009). С. 867–888.

2. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Осетров А.Ю. Наносостояние вещества как основа реакционной способности наноматериалов // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2011. Т. 47. № 3. С. 330-336.

3. Вигдорович В.И. Некоторые вопросы создания химических нанотехнологий// Наукоемкие технологии. 2012. Т. 13. № 6. С. 3 - 8.

4. Грайфер Е.Д., Макотченко В.Г., Назаров А.С., Ким С.Дж., Федоров В.Е. Графен: химические подходы к синтезу и модифицированию // Успехи химии. 80:8 (2011). С. 784–804

5. Мищенко С.В., Ткачев А.Г. Углеродные наноматериалы. Производство, свойства, применение. – М.: Машиностроение, 2008 – 320 с.; ил.

6. Квашнин Д.Г., Сорокин П.Б., Квашнина О.П., Сорокина Т.П., Чернозатонский Л.А. Исследование новых углеродных наноструктур на основе двухслойного графена с периодически расположенными дырками // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2014. Т. 57. № 5. С. 77-79.

7. Smalley R.E. Discovering the Fullerenes // Rev. Mod. Phys. 1997. Vol. 69, No. 3.

8. Остриков В.В., Корнев А.Ю., Шихалев И.Н., Тупотилов Н.Н., Алибаев Б.Т. Пластичная смазка и способ ее получения. Патент РФ № 2556215. 2015.

9. Остриков В.В., Тупотилов Н.Н., Корнев А.Ю., Вигдорович В.И., Шихалев И.Н. Способ очистки отработанного синтетического моторного масла Патент РФ № 2529858. 2014.

References

1. Tret'jakov Ju. D., Gudilin E. A. Osnovnye napravlenija fundamental'nyh i orientirovannyh issledovanij v oblasti nanomaterialov. // Uspehi himii. 78:9 (2009). S. 867–888.

2. Vigdorovich V.I., Cygankova L.E., Osetrov A.Ju. Nanosostojanie veshhestva kak osnova reakcionnoj sposobnosti nanomaterialov // Fizikohimija poverhnosti i zashhita materialov. 2011. T. 47. № 3. S. 330-336.

3. Vigdorovich V.I. Nekotorye voprosy sozdanija himicheskih nanotehnologij// Naukoemkie tehnologii. 2012. T. 13. № 6. S. 3 - 8.

4. Grajfer E.D., Makotchenko V.G., Nazarov A.S., Kim S.Dzh., Fedorov V.E. Grafen: himicheskie podhody k sintezu i modificirovaniju // Uspehi himii. 80:8 (2011). S. 784–804

5. Mishhenko S.V., Tkachev A.G. Uglerodnye nanomaterialy. Proizvodstvo, svojstva, primenenie. – M.: Mashinostroenie, 2008 – 320 s.; il.

6. Kvashnin D.G., Sorokin P.B., Kvashnina O.P., Sorokina T.P., Chernozatonskij L.A. Issledovanie novyh uglerodnyh nanostruktur na osnove dvuhslojnogo grafena s periodi-cheski raspolozhennymi dyrkami // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Serija: Himija i himicheskaja tehnologija. 2014. T. 57. № 5. S. 77-79.

7. Smalley R.E. Discovering the Fullerenes // Rev. Mod. Phys. 1997. Vol. 69, No. 3.

8. Ostrikov V.V., Kornev A.Ju., Shihalev I.N., Tupotilov N.N., Alibaev B.T. Plastichnaja smazka i sposob ee poluchenija. Patent RF № 2556215. 2015.

9. Ostrikov V.V., Tupotilov N.N., Kornev A.Ju., Vigdorovich V.I., Shihalev I.N. Sposob ochistki otrabotannogo sinteticheskogo motornogo masla Patent RF № 2529858. 2014.

УДК 665.7.035

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА СМАЗЫВАЮЩИЕ СВОЙСТВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Корнев Алексей Юрьевич,
кандидат технических наук, заведующий лабораторией, e-mail: vniitinlab7@yandex.ru
Бусин Игорь Вячеславович,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Всероссийский научно исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Российская Федерация,
Алибаев Батырбек Тулегенович
преподаватель, e-mail: batyrbek1983@mail.ru
Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана» (ЗКАТУ им. Жангир хана), г. Уральск, Казахстан

Реферат. *Для сельскохозяйственного производства большую проблему представляет применение низкокачественного топлива в межсезонный период. Для улучшения свойств топлива исследована возможность использования углеродного наноматериала (УНМ), представляющего собой малослойные графеновые нанопластины. Изучены свойства составов из дизельного топлива и УНМ в концентрации 0,1 % и 0,01 %. Исследования показали, что при концентрации УНМ 0,1 % топливо приобретает черный цвет и становятся практически непрозрачным, теряя товарный вид. При уменьшении концентрации УНМ в 10 раз внешний вид дизельного топлива не изменяется. Установлено, что заметного изменения физико-химических свойств дизельного топлива (кроме смазывающих) от добавления 0,1 % УНМ не происходит. Зафиксировано постепенное укрупнение и оседание частиц УНМ с течением времени. Отмечено улучшение смазывающей способности ДТ на 7,3 % (при 20 ºС) и 7,1 % (при 60 ºС), даже после оседания большинства частиц УНМ, по сравнению с исходным топливом без добавок. Через час после внесения добавки улучшение составляло 12,2 % (при 20 ºС) и 11,9 % (при 60 ºС) соответственно. Установлено, что коллоидная система «дизельное топливо – УНМ» является малостабильной и уже через сутки большая часть частиц оседает на дно тары. При этом топливо по внешнему виду становится прозрачным, но имеет сероватый оттенок, в отличие от ярко выраженного желтого оттенка исходного образца, что совместно с данными фотонной корреляционной спектроскопии может свидетельствовать об остаточном содержании наноструктурированного углерода в топливе.*

Ключевые слова: *дизельное топливо, углеродные наноматериалы, физико-химические характеристики, противоизносные свойства.*

INFLUENCE OF CARBON NANOMATERIALS ON LUBRICATING PROPERTIES OF DIESEL FUEL FOR AGRICULTURAL MACHINERY

Kornev Alexey,
Candidate of Technical Sciences, Head of Laboratory, e-mail: vniitinlab7@yandex.ru
Busin Igor,
candidate of technical sciences, senior researcher, e-mail: vniitinlab7@yandex.ru
Federal state budgetary scientific institution "All-Russian research Insitute for using machinery and oil products in agriculture", Tambov
Alibayev Batyrbek
teacher, e-mail: batyrbek1983@mail.ru
West Kazakhstan Agricultural Technical University named after Zhangir Khan "(ZKATU named after Zhangir Khan), Uralsk, Kazakhstan

Abstract. *The use of low-quality fuel in the off-season is a big problem for agricultural production. The possibility of using a carbon nanomaterial (UNM), which is a low-layer graphene nanoplate is investigated to improve the properties of fuel. The properties of compositions of diesel fuel and CNM in a concentration of 0.1% and 0.01% were studied. Studies have shown that the fuel acquires a black color and becomes almost opaque, losing marketability, with a concentration of UNM 0.1%. The appearance of diesel fuel does not change when the concentration of CNM is reduced by a factor of 10. It has been established that there is no noticeable change in the physico-chemical properties of diesel fuel (other than lubricating oils) from the addition of 0.1% of CNM. Gradual enlargement and subsidence of particles of CNM with time have been fixed. Improvement of the lubricating ability of diesel fuel by 7.3% (at 20 ° C) and 7.1% (at 60 ° C) was noted, even after the settling of most of the CNM particles, compared to the initial fuel without additives. The improvement was 12.2% (at 20 ° C) and 11.9% (at 60 ° C) one hour after the addition, respectively. It is established that the colloidal system "diesel fuel - UNM" is unstable and after a day most of the particles settle on the bottom of the container. At the same time, the fuel becomes transparent in appearance, but has a grayish shade, in contrast to the pronounced yellow shade of the original sample, which, together with the data of photon correlation spectroscopy, indicates the residual content of nanostructured carbon in the fuel.*

Key words: *diesel fuel, carbon nanomaterials, physicochemical characteristics, antiwear properties.*

Введение. Для сельскохозяйственного производства большую проблему представляет применение низкокачественного топлива, особенно в межсезонный период. Использование некачественного топлива приводит к заклиниванию и залипанию прецизионных пар топливной аппаратуры по причине недостаточной смазывающей способности, забивке фильтров топливной магистрали отложениями парафинов, из-за несоответствия низкотемпературных характеристик топлива климатическим условиям.

Одним из традиционных способов улучшения смазывающих свойств нефтепродуктов служит использование специальных присадок, потребность в которых растет по мере совершенствования техники [1 – 3]. В качестве присадок могут быть использованы соединения различной химической природы. Так, противоизносными

свойствами обладают парафиновые углеводороды, некоторые эфиры, карбоновые кислоты или их производные, азотсодержащие соединения, а также смеси карбоновых кислот или их эфиров с азотсодержащими соединениями. За рубежом широко используют композиции, и состав которых входят различные поверхностно-активные вещества – амины, амиды, имиды и кислородсодержащие соединения (гликоли, полигликоли, амипоспирты, их эфиры и комплексы с органическими кислотами) [4, 5].

В последнее время большой интерес вызывает исследование влияния наноструктур на смазывающую способность и другие свойства нефтепродуктов [6,7]. При этом важную роль играет фиксация именно наноразмерного эффекта, когда микроколичества нановещества способны инициировать макроскопические изменения свойств.

Методы исследований. Образцы для исследования представляли собой смеси дизельного топлива и углеродного наноматериала (УНМ), представляющего собой малослойные графеновые нанопластины. Концентрация УНМ – 0,1 % и 0,01 %. Анализ физико-химических свойств исходного топлива и его смесей с УНМ проводился по методам, утвержденным ГОСТ. Динамику изменения размеров частиц в смесях исследовали методом фотонной корреляционной спектроскопии.

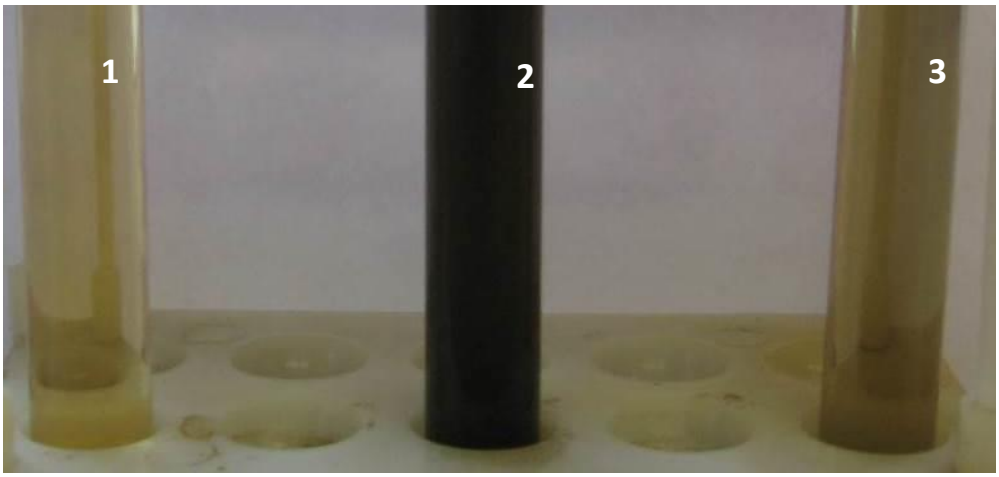
Результаты исследований. Для наблюдения поведения смеси дизельного топлива и УНМ использовали дизельное топливо с физико-химическими характеристиками, приведенными в таблице 1, в которое первоначально вносили 0,1 масс. % УНМ. Как видно из приведенных данных, заметных изменений физико-химических характеристик дизельного топлива не наблюдается, вместе с тем при такой концентрации УНМ наблюдались значительные изменения во внешнем виде – топливо приобретает черный цвет и становятся практически непрозрачным, фактически теряет товарный вид.

Таблица 1. Физико-химические характеристики дизельного топлива

ПОКАЗАТЕЛИ	ДТ	ДТ + 0,1 % УНМ	ГОСТ Р 52368	ГОСТ 305 Л / З
Цетановый индекс (расчетное значение)	42	42	46,0	выше 45
Фракционный состав: до температуры 180 ºС (по объему), % при температуре 250 ºС (по объему), % до температуры 340 ºС (по объему), % при температуре 350 ºС (по объему), % 50 % (по объему) перегоняется при t, ºС 95 % (по объему) перегоняется при t, ºС	 1 41 93 95 264 350	 0 41 92 95 261 354	 не более 10 менее 65 не более 95 не менее 85 не выше 360	 не выше 280 не выше 360
Кинематическая вязкость при 20ºС, $мм^2/с$	3,8	3,9	-	3,0-6,0/1,8-5,0
Температура помутнения, ºС	-13	-13	-	- 5/-25
Температура застывания, ºС	-29	-28	-	-10/-35
Температура вспышки в закрытом тигле, ^0C	55	55	выше 55	выше 62/40

Плотность при 15^0С, кг/м^3	837	839	800-845	-
Плотность при 20^0С, кг/м^3	833	835	-	< 860/840
Кислотность, мг КОН/100 см^3	1,5	1,5	-	< 5 / < 5

При уменьшении концентрации УНМ в 10 раз внешний вид ДТ с добавкой стал практически таким же как у исходного топлива. Отмечалась разница в цветовом оттенке в объеме пробы – ДТ с добавкой УНМ имело сероватый оттенок против светло-желтого у исходного ДТ (рисунок 1).



1 - исходное ДТ, 2 - ДТ с добавкой 0,1 % УНМ, 3 - ДТ с добавкой 0,01% УНМ

Рисунок 1 - Внешний вид образцов ДТ с разной концентрацией УНМ

Дальнейшие наблюдение во времени показали, что частицы УНМ не образуют стабильной коллоидной системы в ДТ. С течением времени они собираются в более крупные агрегаты, которые оседают под действием гравитационных сил. Это подтверждается как визуальными наблюдениями, так и при помощи фотонной корреляционной спектроскопии (таблица 2).

Далее были проведены исследования смазывающих свойств исходного топлива и топлива с добавлением УНМ при 20 и 60 ºС (рисунки 2, 3). По мере укрупнения и оседания частиц УНМ смазывающая способность топлива ухудшается, однако не достигает значения смазывающих свойств исходного дизельного топлива без добавления УНМ даже на вторые сутки, когда визуально частицы уже осели. Видимо в топливе остается некоторая часть УНМ, улучшающих смазывающие свойства топлива.

Таблица 2. Динамика изменения размеров частиц в течение 48 часов с момента внесения УНМ в топливо.

Время, ч	0	0,5	1	3	6	9	12	24	48
D, нм	33,3	95,9	111,5	151,0	185,8	204,3	276,5	374,2	797,2
S, нм	$4{,}8\cdot10^6$	$7.2\cdot10^5$	216,8	85,7	94,8	58,0	68,8	83,5	180,7

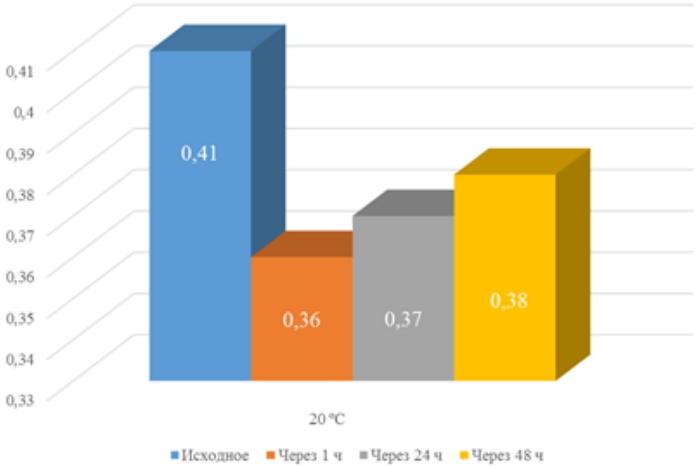


Рисунок 2. Изменение смазывающих свойств ДТ с 0,01 % УНМ при 20 ºС

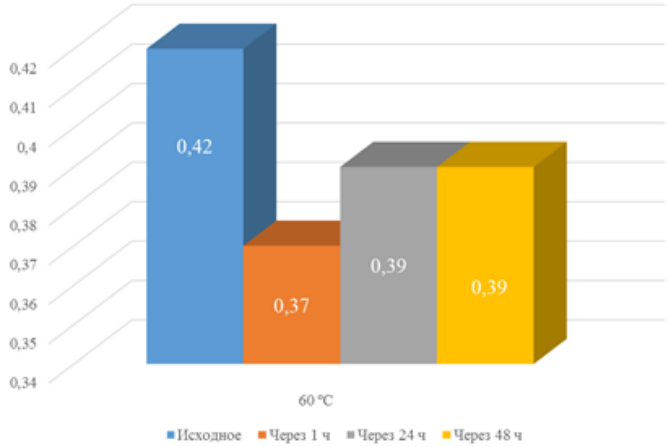


Рисунок 3. Изменение смазывающих свойств ДТ с 0,01 % УНМ при 20 и 60 ºС

По результатам измерения диаметра пятна износа шариков на ЧШМТ видно, что даже оставшегося количества УНМ достаточно для улучшения смазывающей способности топлива на 7,3 % (при 20 ºС) и 7,1 % (при 60 ºС) по сравнению с исходным топливом без добавок. В тоже время через час после внесения добавки улучшение составляло 12,2 % (при 20 ºС) и 11,9 % (при 60 ºС) соответственно.

Выводы. Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

– не зафиксировано заметного изменения физико-химических свойств дизельного топлива (кроме смазывающих) от добавления малых количеств УНМ;

– зафиксировано постепенное укрупнение и оседание частиц УНМ с течением времени.

– зафиксировано улучшении смазывающей способности ДТ, даже после оседания большинства частиц УНМ.

Добавление УНМ в дизельное топливо приводит к улучшению смазывающей способности, однако без применения ПАВ коллоидная система «дизельное топливо – УНМ» является малостабильной и уже через сутки большая часть частиц оседает на

дно тары. При этом топливо по внешнему виду становится прозрачным, но имеет сероватый оттенок, в отличие от ярко выраженного желтого оттенка исходного образца, что совместно с данными фотонной корреляционной спектроскопии может свидетельствовать об остаточном содержании наноструктурированного углерода в топливе.

Список литературы

1. Нагорнов, С.А. Полифункциональная присадка к углеводородному топливу. / С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, О.А. Клейменов // Патент на изобретение RUS № 2165958. – 2000.

2. Остриков, В.В. Повышение смазывающих свойств топлива / В.В. Остриков, А.Ю. Корнев, К.А. Манаенков, А.Ю. Бектилевов // Сельский механизатор. – 2012. – № 4. – С. 34-35.

3. Остриков, В.В. Исследование влияния многофункциональных добавок на смазочные свойства низкосернистых дизельных топлив / В.В. Остриков, А.Ю. Корнев, И.Н. Шихалев, А.Ю. Бектилевов // Наука в центральной России. – 2013. – № 5. – С. 20-27.

4. Корнев А.Ю. Синтез противоизносных компонентов топлив из возобновляемого сырья / Корнев А.Ю., Романцова С.В., Нагорнов С.А., Алибаев Б.Т. // Инновации в сельском хозяйстве. 2017. № 1 (22). С. 170 – 175.

5. Романцова С.В. Получение присадок для дизельного топлива, используемого в сельском хозяйстве / Романцова С.В., Алибаев Б.Т., Корнев А.Ю., Нагорнов С.А. // Наука в центральной России. 2017. № 1 (25). С. 54 – 62.

6. Корнев, А.Ю. Исследование влияния наноструктурированного углерода на смазывающие свойства нефтепродуктов / А.Ю. Корнев, И.В. Бусин, Б.Т. Алибаев // Сб. научных докладов Международной научной конференции «Повышение эффективности и экологические аспекты использования ресурсов в сельскохозяйственном производстве 6-7 октября 2016 года, г. Тамбов». – 2016. – С. 123-125.

7. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Осетров А.Ю. Наносостояние вещества как основа реакционной способности наноматериалов // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2011. Т. 47. № 3. С. 330-336.

References

1. Nagornov, S.A. Polifunkcional'naja prisadka k uglevodorodnomu toplivu. / S.A. Nagornov, S.V. Romancova, O.A. Klejmenov // Patent na izobretenie RUS № 2165958. – 2000.

2. Ostrikov, V.V. Povyshenie smazyvajushhih svojstv topliva / V.V. Ostrikov, A.Ju. Kornev, K.A. Manaenkov, A.Ju. Bektilevov // Sel'skij mehanizator. – 2012. – № 4. – S. 34-35.

3. Ostrikov, V.V. Issledovanie vlijanija mnogofunkcional'nyh dobavok na smazochnye svojstva nizkosernistyh dizel'nyh topliv / V.V. Ostrikov, A.Ju. Kornev, I.N. Shihalev, A.Ju. Bektilevov // Nauka v central'noj Rossii. – 2013. – № 5. – S. 20-27.

4. Kornev A.Ju. Sintez protivoiznosnyh komponentov topliv iz vozobnovljaemogo syr'ja / Kornev A.Ju., Romancova S.V., Nagornov S.A., Alibaev B.T. // Innovacii v sel'skom hozjajstve. 2017. № 1 (22). S. 170 – 175.

5. Romancova S.V. Poluchenie prisadok dlja dizel'nogo topliva, ispol'zuemogo v sel'skom hozjajstve / Romancova S.V., Alibaev B.T., Kornev A.Ju., Nagornov S.A. // Nauka v central'noj Rossii. 2017. № 1 (25). S. 54 – 62.

6. Kornev, A.Ju. Issledovanie vlijanija nanostrukturirovannogo ugleroda na smazyvajushhie svojstva nefteproduktov / A.Ju. Kornev, I.V. Busin, B.T. Alibaev // Sb. nauchnyh dokladov Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Povyshenie jeffektivnosti i jekologicheskie aspekty ispol'zovanija resursov v sel'skohozjajstvennom proizvodstve 6-7 oktjabrja 2016 goda, g. Tambov». – 2016. – S. 123-125.

7. Vigdorovich V.I., Cygankova L.E., Osetrov A.Ju. Nanosostojanie veshhestva kak osnova reakcionnoj sposobnosti nanomaterialov // Fizikohimija poverhnosti i zashhita materialov. 2011. T. 47. № 3. S. 330-336.

УДК 620.197.3

К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХРАНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Князева Лариса Геннадьевна,
доктор химических наук, доцент, главный научный сотрудник, e-mail: vitin-10@mail.ru
Петрашев Александр Иванович,
доктор технических наук, старший научный сотрудник, и. о. заведующего лабораторией,
e-mail: vitin-10.pet@mail.ru
Прохоренков Вячеслав Дмитриевич,
доктор технических наук, ведущий научный сотрудник
Клепиков Виктор Валерьевич,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Известно, что своевременная и качественная постановка сельскохозяйственных машин и агрегатов на хранение является дополнительной гарантией их безотказной работы на полях. Проведен анализ показателей для оценки эффективности хранения техники, используемых на региональных конкурсах на лучшее хранение техники. Отмечено, что большинство из этих показателей направлено на оценку выполнения операций по подготовке техники к хранению и не дают представления об ее эффективности хранения. Обосновано, что наиболее емко эффективность хранения сельскохозяйственной техники отражает эффективность ее противокоррозионной защиты. Оценивали эффективность противокоррозионной защиты по доле площади поверхности со следами коррозии в общей площади поверхности рабочих органов, подвергнутых консервации, а также гравиметрически, используя образцы-свидетели. Установлено, что скорости коррозии сталей Ст3 и 65Г в условиях воздействия влажной почвы на открытой площадке по данным*

шестимесячных гравиметрических испытаний составили 0,7 и 0,8 г/м^2, соответственно. Показали, что защитный эффект от применения отработанного масла практически равен нулю. Для повышения эффективности отработанного масла его ингибировали. В качестве ингибиторов использовали Мобиин-3, Эмульгин, ПООМ. Защитная эффективность консервационных материалов на основе отработанного моторного масла с Мобиин-3 и Эмульгин в концентрации 15 -20 % и с ПООМ в концентрации 50 % после 6 месяцев испытаний на стали Ст3 составила приблизительно 100 %, как при открытом, так и при закрытом хранении.

Ключевые слова: *эффективность, хранение, противокоррозионная защита, отработанное масло, ингибитор, региональный конкурс, сельскохозяйственная техника*

TO THE PROBLEM OF STORAGE EFFICIENCY OF AGRICULTURAL MACHINERY

Knyazeva Larissa,
Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher, e-mail: vitin-10@mail.ru
Petrashev Alexandr,
Full Doctor of Technical Sciences, associate professor, laboratory chief, e-mail: vitin-10.pet@mail.ru,
Prokhorenkov Vyacheslav,
Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher
Klepikov Victor,
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Federal state budgetary scientific institution "All-Russian research Institute for using machinery and oil products in agriculture", Tambov

Abstract. *It is known that timely and qualitative setting of agricultural machines and units for storage is an additional guarantee of their trouble-free operation in the fields. An analysis of indicators for assessing the efficiency of storage of equipment used in regional competitions for the best storage of technology was carried out. It is noted that most of these indicators are aimed at assessing the performance of operations for preparation of equipment for storage and do not give an idea of its storage efficiency. The effectiveness of anticorrosive protection was assessed by the proportion of the surface area with traces of corrosion in the total surface area of the working organs subjected to conservation, and also gravimetrically, using specimen-witnesses. It is established that the corrosion rates of St3 and 65G steels under conditions of exposure to moist soil in the open area were 0.7 and 0.8 g / m^2, respectively, from the six-month gravimetric tests. It was shown that the protective effect from the use of waste oil is practically zero. Waste oil was inhibited to improve efficiency. Mobiin-3, Emulgin, ПООМ were used as corrosion inhibitors. The protective efficiency of conservation materials based on used motor oil from Mobiin-3 and Emulgin at a concentration of 15-20% and with a ПООМ at 50% after 6 months of testing for St3 steel was approximately 100%, both in open and closed storage.*

Key words: efficiency, storage, anticorrosive protection, waste oil, inhibitor, regional competition, agricultural machinery

Введение. Известно, что своевременная и качественная постановка сельскохозяйственных машин и агрегатов на хранение является дополнительной гарантией их безотказной работы на полях [1-9]. Она позволяет снизить разрушающее действие атмосферных осадков и агрессивных сред, увеличивает срок службы машин и агрегатов, снижает затраты на техническое обслуживание и ремонт, способствует повышению их производительности. Существует тесная взаимосвязь между уровнем коррозионных разрушений и состоянием окружающей среды. В присутствии частиц минеральных и органических удобрений, пестицидов и др., загрязняющих атмосферу, почву и водные ресурсы, значительно ускоряются процессы атмосферной коррозии машин и оборудования. В свою очередь, продукты коррозии, попадая в окружающую среду, дополнительно ее загрязняют, кроме того, может быть нанесен вред здоровью специалистов, занятых в сельскохозяйственном производстве. Ежегодно сельское хозяйство страны несет огромный материальный ущерб от несоблюдения правил хранения и противокоррозионной защиты, что приводит к потере функциональных свойств техники, отказам машин в ответственные напряженные периоды выполнения сельскохозяйственных работ, недобору продукции из-занесоблюдения агротехнических сроков выполнения полевых работ и потерям сельскохозяйственной продукции.

Эффективность хранения сельскохозяйственной техники зависит от уровня проведения комплекса организационных и технических мероприятий, позволяющих исключить вредные воздействия на машину в нерабочий период, которые определены межгосударственным стандартом 7751-2009 «Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения» (рисунок 1). Ответственность за организацию хранения и сохранность техники в целом по хозяйству возлагается на руководителя и главного инженера. На практике правила постановки техники на хранение на современном этапе не всегда выполняются, чему есть объективные причины. Несоблюдение правил хранения техники обнаруживается не сразу и даже при плановой экономике не контролировалось так жестко, как количественные показатели выхода сельскохозяйственной продукции.

Современная аграрная реформа, связанная с переводом АПК к рыночным методам хозяйствования, возникновением многоукладности в экономике, нацелена на получение максимального результата в короткий срок при минимальных затратах, а для получения экономического эффекта от мероприятий по постановке техники на хранение требуются время и деньги. А в результате реформы из-за диспаритета цен на промышленную и сельскохозяйственную продукцию, устранения государства от регулирования заказа на производство продуктов питания, отсутствия поддержки отечественных сельских товаропроизводителей, роста цен на энергоносители и удобрения многие сельскохозяйственные предприятия стали мало или полностью неплатежеспособными в части приобретения новой техники, запасных частей, консервационных материалов и др.

Рисунок 1 – Технические мероприятия

В ходе реформирования экономики максимальным негативным изменениям подверглась система технического сервиса АПК. Аграрная реформа сопровождалась сокращением рабочих мест в инженерных службах, традиционно занимающихся вопросами хранения техники, и даже утратой таких служб. Только в отдельных крупных хозяйствах сохранились службы машинного двора с традициями качественной постановки техники на хранение, в соответствии с установленными стандартами. Большие надежды возлагались на машинно-технологические станции, но их услуги по подготовке сельскохозяйственных машин к хранению остаются маловостребованными из-за высокой стоимости выполненных работ. Следует отметить, что за рубежом придают важное значение обеспечению сохранности сельскохозяйственной техники из-за высокой доходности бизнеса по ее техническому обслуживанию.

В эффективном хранении сельскохозяйственной техники не всегда заинтересованхозяин (работодатель) и даже специалист, который на ней работает. Предоставляя технику в аренду, хозяин не заинтересован в ее длительном хранении. Специалист, которому техника не принадлежит, может оказаться заинтересованным в том, чтобы ему ее поменяли на новую модернизированную.

В Тамбовской области уделяется недостаточное внимание хранению сельскохозяйственной техники. Хотя контроль за техническим состоянием машин возложен на Гостехнадзор, в постановлении главы администрации Тамбовской области № 83 от 29.08.2014 «Об утверждении Положения по госнадзору за техническим состоянием самоходных машин и других видов техники Тамбовской области (Гостехнадзор Тамбовской области) даже не выделена отдельной строкой необходимость контроля за качеством хранения сельскохозяйственной техники, как это сделано в некоторых других регионах.

Ранее проводились ежегодные областные и районные конкурсы на лучшее хранение сельскохозяйственной техники, целью которых было повышение эффективности сельскохозяйственного производства за счет экономии материальных средств, бережного отношение к технике, обеспечения ее надежности, сохранности и постоянной готовности. Но положения администрации Тамбовской области от 26.09.1997 № 577 "О проведении областного конкурса на лучшее хранение сельскохозяйственной техники в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных формированиях", от 03.10. 2000 г. «О проведении областного конкурса на лучшее хранение сельскохозяйственной техники» были отменены постановлением от 22 ноября 2006 г. № 1318 «О признании утратившими силу некоторых постановлений и распоряжений администрации области в сфере сельскохозяйственного производства» Подобные конкурсы стали редкостью, хотя в других регионах они традиционно сохранились, как например, в Алтайском крае [10], Чувашской Республике [11], Рязанской [12], Вологодской [13], Псковской [14], Калужской [15] и других областях, инициаторами таких конкурсов в настоящее время чаще всего выступают органы Гостехнадзора.

Отсутствует единая методика оценки эффективности хранения техники, хотя описано множество возможных методов [1-3,16-18]. Среди самых распространенных критериев оценки эффективности хранения следует отметить: коэффициенты сохраняемости, готовности [1]. Большой интерес представляет методика, предложенная Латышонком М.Б., Шемякиным А.В., Астаховой Е.М. [17], в основе которой лежит критерий приспособленности составных частей сельскохозяйственных машин к хранению и соблюдению технологий выполнения операций технического обслуживания и за эталон было принято закрытое хранение. К сожалению, на практике большинство научно-разработанных критериев, включая выше упомянутые, из-за сложности, вероятностного характера не являются востребованными и обязательными к исполнению.

Очевидно, что стимулировать эффективное хранение сельскохозяйственной техники могут мероприятия, подобные упомянутым выше региональным конкурсам на лучшее хранение техники. Анализ информации о проводимых ранее конкурсах на лучшее хранение техники показал, что одним из их недостатков является слабое мотивирование участников. Понятно, что региональные бюджеты никогда не смогут выделить достаточно материальных средств (соизмеримо со стоимостью качественной подготовки к хранению) для награды победителям. Но хозяйства-победители могли бы иметь преимущества, например, для льготного кредитования при покупке новой техники, при обеспечении ГСМ, при покупке консервационных материалов и оборудования для их нанесения.

При проведении конкурсов для оценки результатов наиболее часто используют следующие показатели (таблица 1). Как следует из приведенных данных, большинство показателей направлено на оценку выполнения операций по подготовке техники к хранению и не дают представления о том, насколько эффективным оказывается такое хранение в конкретных условиях.

Наиболее емко эффективность хранения техники отражает эффективность ее противокоррозионной защиты [19, 21]. При консервации эффективными противокоррозионными материалами возможно практически полностью предотвратить коррозионные процессы на поверхности металла, вне зависимости от способа хранения техники. Основой правильного заключения о защитной эффективности консервационного материала является корректная оценка состояния поверхности металла до и после нанесения покрытия перед постановкой на хранение и после расконсервации (если в ней есть необходимость) перед выводом техники после хранения на поля.

Материалы и методы. Для оценки эффективности хранения использовали визуальную оценку площади коррозионного разрушения за время хранения техники, согласно ГОСТ 9.054-75. Определяли долю площади поверхности со следами коррозии в общей площади поверхности рабочих органов, подвергнутых консервации [1-4,19].

Таблица 1. – Наиболее часто используемые показатели качества хранения техники

№	Объединенная группа	Показатель
1	Материально-техническая база хранения	наличие закрытых помещений для хранения
		наличие открытых площадок
		склад для хранения составных частей, снимаемых с машин
		разгрузочно-погрузочная и моечная площадки
		грузоподъемное оборудование, механизмы, приспособления и подставки для установки машин и снятия их с хранения
2	База хранения нефтепродуктов	наличие поста заправки тракторов, автомобилей
		наличие склада горюче-смазочных материалов
		установка емкостей на фундамент и соответствие всем требованиям, исключающим потери и загрязнение нефтепродуктов
		наличие поста заправки тракторов, автомобилей
3	Соответствие количества техники, поставленной на площадки хранения и находящейся на балансе хозяйства.	Количество техники на балансе предприятия
		количество техники, поставленной на площадки хранения
		наличие плана постановки техники на хранение
		наличие дефектовочных актов
4	Подготовка сельскохозяйственной техники к длительному хранению: снятие с машин, подготовка к хранению и сдача на склад	очистка, мойка рабочих органов сельскохозтехники
		технический осмотр и ремонт машин
		доставка техники к месту хранения
		подготовка к хранениюэлектрооборудования (аккумуляторные батареи, генераторы, фары и др), цепей, приводных ремней, шлангов гидросистем, резиновых семяпроводов и трубопроводов, тентов, мягких сидений, запасных частей из резины, полимерных материалов и текстиля и др, ножей режущих аппаратов

		закрытие крышками или пробками-заглушками всех отверстий, щелей, полостей, через которые могут попасть атмосферные осадки во внутренние полости машин (выхлопные трубы двигателей, заливные горловины баков и редукторов, заслонки карбюраторов и вентиляторов, загрузочные и выгрузочные, смотровые устройства)
		Установка машин по группам, видам и маркам на подставки или подкладки в положение, исключающее перекос и изгиб рам и других узлов и обеспечивающее разгрузку пневматических колес и рессор.
5	Проведение консервации в соответствии с требованиями ГОСТ 9014-78:	Консервация режущих аппаратов, ножей, отвалов; лап, дисков, сошников, шнеков, деталей и механизмов передач цепных и карданных передач, шлицевых соединений, режущих аппаратов, ножей
		консервация внутренних поверхностей агрегатов и составных частей (двигателя, гидросистемы, узлов трансмиссии, ходовой части) посредством заполнения внутренних полостей рабоче-консервационными или рабочими маслами с последующим проворачиванием
		Площадь поверхностей рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий, обработанная и подвергнутая консервации 100 %, более 50%, менее 50 %.

Более точен гравиметрический метод количественного определения скорости коррозии по изменению массы образцов-свидетелей за счет протекания коррозионных процессов:

$$K = \Delta m / S$$

где Δm – изменение массы образца, г; S – площадь поверхности образца-свидетеля, $м^2$.

Результаты и обсуждение. На рисунке 2 показаны результаты хранения 5-ти корпусного плуга без консервации, поставленного на хранение на открытой площадке. Доля площади поверхности со следами коррозии весной составила ~ 50 %. Если использовать неэффективный консервационный материал, то хранение также может оказаться неэффективным. На рисунке 3 продемонстрированы результаты хранения 8-ми корпусного импортного плуга в нерабочий период, его отвалы и лемеха были покрыты отработанным маслом (ММО).

а) – при постановке на хранение б) через 6 месяцев

Рисунок 2 – Хранение рабочих органов 5-ти корпусного плуга без консервации

а) – при постановке на хранение б) через 6 месяцев

Рисунок 3 – Результаты консервации корпусов плуга отработанным маслом

Сравнивая состояние поверхностей отвалов обоих плугов весной, отмечаем, что защитный эффект от применения отработанного масла практически равен нулю. Это подтвердили результаты натурно-стендовых гравиметрических испытаний образцов – свидетелей (рисунок 4, таблица 1). Скорости коррозии сталей Ст3 и 65Г в условиях воздействия влажной почвы на открытой площадке по гравиметрическим испытаниям составили 0,7 и 0,8 г/м^2, соответственно.

Рисунок 4 – Результаты натурно-стендовых испытаний в течение полугода стальных образцов-свидетелей, покрытых: 1 – без покрытия; 2 –отработанным моторным маслом; 3 – составом из ММО + 10 масс. % Эмульгина; 4 - ММО + 50 масс.% ПООМ

Защитные свойства отработанного масла можно повысить с помощью ингибиторов коррозии. Для эффективной консервации машин в сельхозпредприятиях важна возможность создания децентрализованной системы производства и применения консервационных материалов на основе отработанных масел и ингибиторов коррозии. Привлекательно использовать для этих целей отходы производства. В данной работе использовали Мобиин-3 (нефтепродукт, полученный на основе нитрованных масел, выпускается НПП «Алтайспецпродукт» г. Бийск), Эмульгин (кубовые остатки производства высших алифатических аминов, ОАО «Азот», г. Березняки), ПООМ (продукты очистки и осветления отработавших масел карбамидом [19].

Исследования показали, что ингибированное отработанное масло позволяет при определенных условиях практически полностью защитить сталь от атмосферной коррозии (таблицы 2,3). По результатам атмосферных испытаний защитная эффективность консервационных материалов на основе ММО с присадками Мобиин-3, Эмульгин в концентрации 15 -20 % и с добавками ПООМ 50 % после 6 месяцев испытаний на стали Ст3 составила ~ 100 %, как при открытом, так и при закрытом хранении. Тем не менее, безусловно необходимо следовать правилам хранения техники, обозначенных в ГОСТ.

Таблица.2 – Внешний вид пластин из стали 65Г, защищённых консервационными материалами на основе ММО и присадки Эмульгин после 6 месяцев атмосферных испытаний

Контроль	Отработанное масло (ММО)	Концентрация присадки Эмульгин в ММО			
		5 %	10 %	12 %	15 %
после 6 месяцев испытаний					

Таблица 3. Результаты натурно-стендовых испытаний образцов из стали Ст3, ингибированных отработанных масел

Состав покрытия		Защитная эффективность, %			
Ингибитор	$C_{ингибитора}$, масс.%	в условиях открытой атмосферы			в условиях не отапливаемого помещения
		1 мес.	6 мес.	12 мес.	12 месяцев
	0	70	45	12	79
Мобиин-3	1	77	67	58	92

	5	92	81	75	~100
	20	100	~100	99	~100
Эмульгин	1	90	82	80	90
	5	97	82	77	92
	10	~100	95	98	~100
	20	~100	~100	~100	~100
ПООМ	10	77	69	70	96
	30	85	79	79	~100
	50	~ 100	~ 100	95	~100
Примечания: Скорость коррозии незащищенной стали образцов, г/м^{2}ч·10^3: открытая атмосфера. $К_1$ = 9,31; $К_6$ = 12,54; $К_{12}$ = 13,43; не отапливаемое помещение $К_{12}$ = 2,0. Индекс - продолжительность испытаний, мес.					

Заключение. Таким образом, наиболее емко эффективность хранения сельскохозяйственной техники отражает эффективность ее противокоррозионной защиты. Защитная эффективность консервационных материалов на основе ММО с присадками Мобиин-3, Эмульгин в концентрации 15 -20 % и с добавками ПООМ 50 % после 6 месяцев испытаний на стали Ст3 составила ~ 100 %, как при открытом, так и при закрытом хранении.

Список литературы

1. Черноиванов В.И., Северный А.Э., Зазуля А.Н., Прохоренков В.Д., Петрашев А.И., Вигдорович В.И., Князева Л.Г. Сохраняемость и противокоррозионная защита техники в сельском хозяйстве. М.:2009.

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

3. Прохоренков В.Д. Разработка методов противокоррозионной защиты и технологических процессов хранения сельскохозяйственной техники. Диссертация на соискание ученой степени д-ра тех. наук/Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина. Тамбов 2002.

4. Петрашев А.И. Совершенствование технологических процессов и ресурсосберегающих средств консервации сельскохозяйственной техники при хранении. Диссертация на соискание ученой степени д-ра тех. Наук /Саратовский государственный аграрный университет Н.И. Вавилова. Тамбов. 2007.

5. Князева Л.Г., Сазонов С.Н. О некоторых проблемах хранения сельскохозяйственной техники// АПК России. 2016. Т. 23. № 2. С. 392-399.

6. Прохоренков В.Д., Петрашев А.И., Князева Л.Г. Защита от коррозии сельскохозяйственной техники отработанными маслами// Техника в сельском хозяйстве. 2006.№5. С. 18-21.

7. Прохоренков В.Д., Петрашев А.И., Князева Л.Г. Ресурсосберегающая технология защиты сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии// Техника и оборудование для села.2007. № 10. С.24.

8. Губашева А.М., Князева Л.Г., Прохоренков В.Д. Проблемы хранения сельскохозяйственной техники в республике Казахстан// Наука в центральной России. 2014. №6(12). С.38-48.

9. Прохоренков В.Д., Петрашев А.И. Практика защиты от коррозии сельскохозяйственной техники в современных условиях// Технология металлов. 2000.№ 8. С.14.

10. http://www.altairegion22.ru/region_news/smotrykonkursy-na-luchshuyu-postanovku-selhoztehniki-na-hranenie-provodyat-v-raionah-altaiskogo-kraya_555632.htm.Обращение 20 августа 2017.

11. http://www.cap.ru/news?type=news&id=3110192. 15:06 // 13 октября 2015 г. Обращение 20августа 2017 г

12. http://7law.info/ryazan/act7n/n693.htm Обращение 20 августа 2017 г

13.http://volraion.ru/o_rayone/obyavleniya/administratsiya-rayona/10559/: http://www.sokoladm.ru/news/smotr-konkurs-na-luchshee-hranenie-i-remont-selskohozyaystvennoy-tehniki-proshel-v-rayone.Обращение 20 августа 2017

14.http://pskovrajon.reg60.ru/news/25.11.16/14196.Обращение 20 августа 2017

15. http://archive.cfo-info.com/okrug1e/rajonvs/read7fdhisa.htm.Обращение 20 августа 2017

16. Беседин Н.А. Оценка качества хранения техники // Техника в сельском хозяйстве, 1981, № 2.

17. Астахова Е.М. Повышение эффективности подготовки сельскохозяйственной техники к хранению средствами машинно-технологических станций с разработкой методики оценки качества: Диссертация к.т.н. 05.20.03. – Рязань, 2007. -169 с.

18. ГОСТ 27.002-89.

19. Князева Л.Г. Научные основы создания антикоррозионных консервационных материалов на базе отработавших нефтяных масел и растительного сырья. Диссертация на соискание уч. степени д-ра хим. Наук / ГОУВПО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, 2012.

20. Петрашев А.И., Князева Л.Г., Прохоренков В.Д., Клепиков В.В. Технология консервации сельскохозяйственной техники отработанными маслами // Наука в центральной России. 2013. № 1. С. 57-61.

21. Вигдорович В.И., Прохоренков В.Д., Князева Л.Г. Защитная эффективность продуктов очистки отработавших масел в условиях электрохимической коррозии стали.// Технологии нефти и газа. 2008. № 4 (57). С. 24-30.

References

1. Chernoivanov V.I., Severnyj A.Je., Zazulja A.N., Prohorenkov V.D., Petrashev A.I., Vigdorovich V.I., Knjazeva L.G. Sohranjaemost' i protivokorrozionnaja zashhita tehniki v sel'skom hozjajstve. M.:2009.

2. Severnev, M.M. Hranenie sel'skohozjajstvennoj tehniki / M.M. Severnev, M.V. Latushkin, N.N. Podlekarev. - Minsk: Uradzhaj, 1980. - 151 s.

3. Prohorenkov V.D. Razrabotka metodov protivokorrozionnoj zashhity i tehnologi-cheskih processov hranenija sel'skohozjajstvennoj tehniki. Dissertacija na soiskanie uchenoj

stepeni d-ra teh. nauk/Tambovskij gosudarstvennyj universitet im. G.R. Derzha-vina. Tambov 2002.

4. Petrashev A.I. Sovershenstvovanie tehnologicheskih processov i resursosberega-jushhih sredstv konservacii sel'skohozjajstvennoj tehniki pri hranenii. Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni d-ra teh. Nauk /Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet N.I. Vavilova. Tambov. 2007.

5. Knjazeva L.G., Sazonov S.N. O nekotoryh problemah hranenija sel'skohozjajstven-noj tehniki// APK Rossii. 2016. T. 23. № 2. S. 392-399.

6. Prohorenkov V.D., Petrashev A.I., Knjazeva L.G. Zashhita ot korrozii sel'skohozjaj-stvennoj tehniki otrabotannymi maslami// Tehnika v sel'skom hozjajstve. 2006.№5. S. 18-21.

7. Prohorenkov V.D., Petrashev A.I., Knjazeva L.G. Resursosberegajushhaja tehnologija zashhity sel'skohozjajstvennoj tehniki ot atmosfernoj korrozii// Tehnika i oborudova-nie dlja sela.2007. № 10. S.24.

8. Gubasheva A.M., Knjazeva L.G., Prohorenkov V.D. Problemy hranenija sel'skohozjaj-stvennoj tehniki v respublike Kazahstan// Nauka v central'noj Rossii. 2014. №6(12). S.38-48.

9. Prohorenkov V.D., Petrashev A.I. Praktika zashhity ot korrozii sel'skohozjaj-stvennoj tehniki v sovremennyh uslovijah// Tehnologija metallov. 2000.№ 8. S.14.

10. http://www.altairegion22.ru/region_news/smotrykonkursy-na-luchshuyu-postanovku-selhoztehniki-na-hranenie-provodyat-v-raionah-altaiskogo-kraya_555632.htm.Obrashhenie 20 avgusta 2017.

11. http://www.cap.ru/news?type=news&id=3110192. 15:06 // 13 oktjabrja 2015 g. Obrashhe-nie 20avgusta 2017 g

12. http://7law.info/ryazan/act7n/n693.htm Obrashhenie 20 avgusta 2017 g

13.http://volraion.ru/o_rayone/obyavleniya/administratsiya-rayona/10559/: http://www.sokoladm.ru/news/smotr-konkurs-na-luchshee-hranenie-i-remont-selskohozyaystvennoy-tehniki-proshel-v-rayone.Obrashhenie 20 avgusta 2017

14.http://pskovrajon.reg60.ru/news/25.11.16/14196.Obrashhenie 20 avgusta 2017

15. http://archive.cfo-info.com/okrug1e/rajonvs/read7fdhisa.htm.Obrashhenie 20 avgusta 2017

16. Besedin N.A. Ocenka kachestva hranenija tehniki // Tehnika v sel'skom hozjajstve, 1981, № 2.

17. Astahova E.M. Povyshenie jeffektivnosti podgotovki sel'skohozjajstvennoj teh-niki k hraneniju sredstvami mashinno-tehnologicheskih stancij s razrabotkoj metodiki ocenki kachestva: Dissertacija k.t.n. 05.20.03. – Rjazan', 2007. -169 s.

18. GOST 27.002-89.

19. Knjazeva L.G. Nauchnye osnovy sozdanija antikorrozionnyh konservacionnyh ma-terialov na baze otrabotavshih neftjanyh masel i rastitel'nogo syr'ja. Dissertacija na soiskanie uch. stepeni d-ra him. Nauk / GOUVPO «Tambovskij gosudarstvennyj tehniche-skij universitet», Tambov, 2012.

20. Petrashev A.I., Knjazeva L.G., Prohorenkov V.D., Klepikov V.V. Tehnologija kon-servacii sel'skohozjajstvennoj tehniki otrabotannymi maslami // Nauka v central'noj Rossii. 2013. № 1. S. 57-61.

21. Vigdorovich V.I., Prohorenkov V.D., Knjazeva L.G. Zashhitnaja jeffektivnost' produktov ochistki otrabotavshih masel v uslovijah jelektrohimicheskoj korrozii stali.// Tehnologii nefti i gaza. 2008. № 4 (57). S. 24-30.

УДК001.573: (001.18: 631.559)

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ В СИСТЕМЕ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Сорокин Николай Тимофеевич,
доктор экономических наук, директор, e-mail: n.Sorokin.vnims13@yandex.ru
Солдатова Тамара Георгиевна,
кандидат сельскохозяйственных наук, научный руководитель, e-mail: gnu@vnims.ryazan.ru
Любченко Владимир Борисович,
кандидат технических наук, зав. отделом, e-mail: gnu@vnims.ryazan.ru
Никитин Василий Степанович,
старший научный сотрудник, e-mail: gnu@vnims.ryazan.ru

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства, г. Рязань

Реферат. *Известна взаимосвязь свойств почвы и урожая сельскохозяйственных культур от объема и качества вносимых органических и минеральных удобрений. В рамках программы развития научно-производственной деятельности института на 2015-2020 годы разработана компьютерная система управления производством сельскохозяйственной продукции в растениеводстве. Для определения потребности элементов почвенного питания растений на основе многолетних статистических данных разработали математические модели с учетом влияния показателей уровня почвенного плодородия и внесенных удобрений на урожайность основных сельскохозяйственных культур для типов почв Центрального региона России. Для каждой основной сельскохозяйственной культуры разработана своя математическая модель почвенного питания. Рассматривается построение параметрической аппроксимации функции урожайности от двух переменных в пространстве на основе зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от двух факторов, то есть* $Y=F(X_1, X_2)$*. Использованы опыты по ячменю на дерново-подзолистых суглинистых почвах Центрального района Нечерноземной зоны РФ, содержащие следующие показатели: кислотность почвы, ед. pH урожайность культуры, ц/га; содержание в почве гумуса, %; фосфора (*P_2O_5*), мг/100 г; калия (*K_2O*), мг/100 г, азота (N), мг/кг; внесенных органических удобрений в почву, т; внесенного азотного удобрения,. кг/га; внесенного фосфорного удобрения, кг/га; внесенного калийного удобрения, кг/га. Разработанные модели позволяют не только рассчитывать дозы минеральных удобрений под планируемую урожайность, но и прогнозировать ее на основе*

агрохимических показателей почвы (естественное плодородие) и доз внесенных органических и минеральных удобрений.

Ключевые слова: *тип почвы, плодородие, удобрения, математическая модель.*

MATHEMATICAL METHODS OF CALCULATIONS IN THE SYSTEM MANUFACTURE OF AGRICULTURAL PRODUCTION

Sorokin Nikolai,
Doctor of Economic Sciences, Director, e-mail: n.Sorokin.vnims13@yandex.ru
Soldatova Tamara,
Candidate of agricultural sciences, supervisor of studies, e-mail: gnu@vnims.ryazan.ru
Lyubchenko Vladimir,
Candidate of Technical Sciences, Head of Department, e-mail: gnu@vnims.ryazan.ru
Nikitin Vasily,
Senior Researcher, e-mail: gnu@vnims.ryazan.ru
FGBNU All-Russian Research Institute of Mechanization and Informatization of Agricultural
Agrochemical Support, Ryazan

Abstract. *The relationship between soil properties and crop yields on the volume and quality of organic and mineral fertilizers introduced is known. The computer system for managing agricultural production in crop production was developed within the framework of the program for the development of the scientific and industrial activities of the Institute for 2015-2020. Mathematical models, taking into account the influence of indicators of the soil fertility level and applied fertilizers on the productivity of the main agricultural crops for soil types in the Central region of Russia, were developed to determine the need for soil nutrient elements based on long-term statistical data. Its mathematical model of soil nutrition is developed for each main crop. The construction of a parametric approximation of the yield function from two variables in space based on the dependence of crop yields on two factors, that is, Y = F (X1, X2) is considered. Experiments on barley on sod-podzolic loamy soils of the Central region of the Non-chernozem zone of the Russian Federation, containing the following indicators: soil acidity, pH crop yield, centner / ha; soil humus content, %; phosphorus (P2O5), mg / 100 g; potassium (K2O), mg / 100 g, nitrogen (N), mg / kg; applied organic fertilizers in the soil, t; applied nitrogen fertilizer. kg / ha; applied phosphorus fertilizer, kg / ha; applied potassium fertilizer, kg / ha were used. The developed models allow not only calculating the doses of mineral fertilizers for the planned yield, but also forecasting it on the basis of agrochemical indicators of the soil (natural fertility) and the doses of organic and mineral fertilizers applied.*

Key words: *type of soil, fertility, fertilizer, mathematical model.*

Введение. Практическое осуществление Государственной научно-технической политики АПК должно базироваться на обоснованной стратегии развития аграрной науки. Учеными ФГБНУ ВНИМС в соответствии с перспективным планом научных исследований РАН разработана Программа развития научно-производственной

деятельности института на 2015-2020 годы. Основа данной Программы – разработка компьютерной системы управления производством сельскохозяйственной продукции в растениеводстве. Решению этой задачи подчинены фундаментальные и прикладные исследования. Результаты выполненных научных разработок используются в сельскохозяйственных предприятиях Рязанской, Московской и Тульской областей.

Математизация научных исследований позволяет в достаточно полной форме изучить технологические процессы в сельском хозяйстве. Одним из возможных направлений разработки математических моделей в производстве сельскохозяйственной продукции является определение и практическое использование связи урожая со свойствами почв и удобрений и рядом факторов (величин переменных и изменчивых как в пространстве, так и во времени). С внесением в почву минеральных и органических удобрений взаимосвязь свойств почвы и урожая сельскохозяйственных культур находятся под влиянием объема и качества вносимых удобрений [1-3].

Результаты и обсуждение. Для определения потребности элементов почвенного питания растений ученые ФГБНУ ВНИМС на основе многолетних статистических данных длительных опытов ФГБНУ «Московский НИИСХ «Немчиновка» разработали математические модели с учетом влияния показателей уровня почвенного плодородия и внесенных удобрений на урожайность основных сельскохозяйственных культур для основных типов почв Центрального региона России (таблица 1). Основные группы типов почв составляют: 1 - дерново-подзолистые супесчаные, светло-серые лесные супесчаные, серые лесные супесчаные; 2 - светло-серые лесные суглинистые; серые лесные суглинистые; темно-серые лесные суглинистые с гумусом более 3%; 3 - черноземы.

Научная новизна этих исследований заключается в использовании всех основных источников поступления макроэлементов в почвенный раствор в отличие от традиционных (балансовых, по выносу, с коэффициентом действующего вещества удобрений). Эти программные материалы легли в основу определения параметров азотного, фосфорного и калийного питания сельскохозяйственных культур. Для каждой основной сельскохозяйственной культуры разработана своя математическая модель почвенного питания.

Таблица 1. - Основные группы сельскохозяйственных культур и их подгрупп

№	Группа основных культур	Подгруппа культур
1	Озимая пшеница	озимая рожь, озимый ячмень, озимые зерновые
2	Яровой ячмень	яровая пшеница, овес, гречиха, просо и другие колосовые
3	Горох	вика, чечевица, нут, бобы и другие зернобобовые
4	Клевер	люцерна, козлятник, эспарцет и другие многолетние бобовые
5	Картофель	картофель раннеспелый, среднеспелый, позднеспелый
6	Кормовая свекла	сахарная свекла фабричная, полусахарная, турнепс и другие корнеплоды,
7	Тимофеевка	кострец безостый, овсяница луговая красная, ежа сборная и другие злаковые многолетние травы

Приведенный математический метод построен на основе зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от параметров фосфорного, калийного и азотного питания [4,5].

1. Постановка задачи

Данные опытов по влиянию на урожайность сельскохозяйственных культур основных факторов (почвенных показателей, внесения органических, минеральных удобрений) описаны функцией f от n переменных $X_1, X_2, \dots, X_n$, то есть

$$Y=f(X_1, X_2, \dots, X_n).$$

Рассматривается построение параметрической аппроксимации функции урожайности от двух переменных в пространстве (R^3) на основе зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от двух факторов, то есть $Y=F(X_1, X_2)$.

Структура опытов по ячменю на дерново-подзолистых суглинистых почвах Центрального района Нечерноземной зоны РФ представлена в таблице 2 совокупностью двухмерных массивов XY(i,j) размера 5 х 10.

Таблица 2 -Зависимость урожайности ячменя от уровня плодородия почв и внесения удобрений

№ п/п	Уровень урожайности ячменя, ц/га	Минимальные значения показателей плодородия почвы					Дозы внесения Удобрений			
		Гумус, %	pH, (солевая вытяжка), ед	Фосфор, мг/100 г X_4	Калий, мг/100 г X_5	Азот, мг/кг X_6	Навоз, т/га X_7	Азот,г/га X_8	Фосфор, г/га X_9	Калий, кг/га X_{10}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	20	1,5	5,0	5,0	6, 0	50	0	50	40	40
2	25	1,7	5,1	7,0	8, 0	60	0	60	45	50
3	30	1,8	5,3	9,0	10,0	70	0	70	50	60
4	35	2,0	5,4	11,0	12,0	80	0	80	55	70
5	40	2,2	5,5	13,0	14,0	90	0	90	60	80

Данные содержат следующие показатели:

XY (i, 1) - урожайность культуры в і-м опыте, ц/га;

XY (i, 2) - содержание гумуса в почве в і-м опыте, %;

XY (i, 3) - содержание кислотности почвы в і-м опыте, ед. pH;

XY (i, 4) - содержание фосфора (P_2O_5) почвы в і-м опыте, мг/100 г;

XY (i, 5) - содержание калия (K_2O)почвы в і-м опыте, мг/100 г;

XY (i, 6) - содержание азота (N) почвы в і-м опыте, мг/кг;

XY (i, 7) – количество внесенных органических удобрений в почву в і-м опыте, т;

XY (i, 8) - количество внесенного азотного удобрения в почву в і-м опыте, д. в. кг/га;

XY (i, 9) - количество внесенного фосфорного удобрения в почву в і-м опыте, д. в. кг/га;

XY (i, 10) - количество внесенного калийного удобрения в почву в i-м опыте, д. в. кг/га.

В качестве первого фактора выступает переменная $X1_i$ – содержание фосфора (калия, гумуса) в почве: для фосфора $X1_i$ = XY (i, 4); для калия$X1_i$ = XY (i, 5); для гумуса $X1_i$ = XY (i, 2).

Второй фактор представляет собой агрегированную переменную$X2_i$, которая конструируется в виде линейной функции трех переменных, а именно: содержание фосфора (калия, азота) в почве, количества внесенных в почву органических удобрений, количества внесенных в почву удобрений фосфорных (калийных, азотных).

Конкретно агрегированная переменная имеет следующий вид:

для фосфора $X2_i = 30XY (i, 4) + org_P_2O_5XY (i, 7) + XY (i, 9)$ (1)

для калия $X2_i = 30XY (i, 5) + org_K_2OXY (i, 7) + XY (i, 10)$ (2)

для азота $X2_i = 3\ XY (i, 6) + org_NXY (i, 7) + XY (i, 8)$, (3)

где 30 XY (i, 4), 30 XY (i, 5), 3XY (i, 6) - содержание фосфора (калия, азота) в пахотном горизонте почвы, площадью 1 га, кг;

org_ P_2O_5 (org_ K_2O, org_N) – количество фосфора (калия, азота) в 1 т органических удобрений, кг;

XY (i, 9), XY(i, 10), XY(i, 8) – количество внесенных, соответственно, фосфорных, калийных, азотных удобрений при полученной Y_i урожайности, кг/га.

Для решения задачи требуется:

- осуществить оптимальное оценивание параметров a, b, c аппроксимирующей функцииf (a, b, c, X1, X2) таким образом, чтобы сумма квадрата разности между данными фактической урожайности Y_i и урожайностью, вычисленной по аппроксимирующей функции f (a, b, c, X1, X2) в пространстве R^3, стремилась к минимуму:

$$\sum [Y_i - f (a, b, c, X1_i, X2_i)]^2 \rightarrow \min (a, b, c) \in R^3 \quad (4).$$

- найти величину $X2_i$ (агрегированной переменной) из построенной функции f (a, b, c, $X1_i$, $X2_i$), выразив $X2_i$ через a, b, c, $X1_i$, Y_i.

По найденным оценкам (a, b, c) $X2_i$и из уравнений (1) - (3) определяются дозы вносимых удобрений по формулам:

для фосфора ud_P = $X2_i$ – 30 XY (i, 4) - org_P_2O_5XY(i,7);

для калия ud_K = $X2_i$ – 30 XY (i, 5) - org_ K_2OXY(i,7);

для азота ud_N = $X2_i$ – 3 XY (i, 6) - org_NXY(i,7).

2.Обоснование выбора аппроксимирующей функции

Дано: выборка $\{x_{1i}, x_{2i}, y_i\}_{i=1}^{n}$объема n значений случайного вектора X = (X_1, X_2) и случайной величины Y.

Предполагается, что между случайным вектором X и случайной величиной Y имеет место стохастическая связь и что существует функция f (x_1, x_2) такая, что

$$M_X[Y] = f (x_1, x_2), \quad (5)$$

то есть условное математическое ожидание случайной величины Y изменяется по закону функции f.

Известны такие условия, которым в соответствии с предметной областью должна удовлетворять функция f:

$$f (0, 0) = 0;$$

$$\lim_{x_1 \to +\infty} f(x_1, 0) = c_1,\ c_1 - \text{const},\ c_1 > 0;$$

$$\lim f(x_2, 0) = c_2,\ c_2 - \text{const},\ c_2 > 0.$$

$$x_2 \to +\infty$$

Факторы x_1, x_2 могут принимать только неотрицательные значения.

Существует достаточно много функций, удовлетворяющих этим условиям, например,

$$y = \frac{a\left(x_1^2 + x_2^2\right)}{1 + b\left(x_1^2 + x_2^2\right)}; \quad (6)$$

$$y = \frac{ax_1^2 + bx_2^2}{1 + c\left(x_1^2 + x_2^2\right)}; \quad (7)$$

$$y = \frac{ax_1\left(1 + x_2\right)}{1 + bx_1 + cx_1x_2}. \quad (8)$$

Каждая из приведенных функций удовлетворяет условию f (0, 0) = 0.

Для первой функции (6):

$$\lim_{\substack{x_1 \to +\infty \\ (x_2 = 0)}} \frac{a\left(x_1^2 + x_2^2\right)}{1 + b\left(x_1^2 + x_2^2\right)} = \lim_{\substack{x_2 \to +\infty \\ (x_1 = 0)}} \frac{a\left(x_1^2 + x_2^2\right)}{1 + b\left(x_1^2 + x_2^2\right)} = \frac{a}{b},$$

то есть $c_1 = c_2 = a/b$.

Для второй функции (7) эти пределы равны, соответственно, a/c и b/c, то есть $c_1 = \frac{a}{c}$ и $c_2 = \frac{b}{c}$.

Для функции (8) имеем

$$\lim_{\substack{x_1 \to +\infty \\ (x_2 = 0)}} \frac{ax_1\left(1 + x_2\right)}{1 + bx_1 + cx_1x_2} = \frac{a}{b};$$

$$\lim_{\substack{x_2 \to +\infty \\ (x_1 = 0)}} \frac{ax_1\left(1 + x_2\right)}{1 + bx_1 + cx_1x_2} = \frac{a}{c}.$$

Здесь $c_1 = \frac{a}{b}$; $c_2 = \frac{a}{c}$.

Из проведенного анализа следует, что функции (7) и (8) позволяют «управлять» предельными значениями c_1 и c_2 наиболее гибко за счет подбора параметров, a, b, c модели.

Все рассмотренные модели являются нелинейными по параметрам a, b, c. Поэтому стандартный метод наименьших квадратов неприменим здесь для определения оптимальных значений этих параметров.

Оптимальная оценка $\widehat{A} = \left(\hat{a}, \hat{b}, \hat{c}\right)$ вектора параметров функции f (a, b, c; x_1, x_2) определяется с помощью градиентных методов, в частности, с помощью метода покоординатного спуска.

В результате применения этого метода на основе данных таблицы 2 были рассчитаны коэффициенты a, b, c функции (8) и получено уравнение урожайности:

$$Y = 0{,}11063\ X_1\left(1 + X_2\right)/\left(1 + 1{,}01783X_1 + 0{,}0008X_2\right) \quad . \quad (9)$$

Результаты расчета по уравнению (9) показаны в таблице 3.

Таблица 3. Результаты расчета доз удобрений для ячменя по калию

Урожайность ячменя, ц/га		Калий, мг/кг X1	Калий, кг/га				Расчетные дозы мин. удоб. Zp
Фактическая Yф	Расчетная Yp		Агрегированная переменная (фактическая) X2				
			Всего	в том числе:			
				в почве X5	навозе X7	мин. уд. Zф	
1	2	3	4	5	6	7	8
20	19,4	6,0	240,6	6,0	0	40	48,8
25	25,2	8,0	317,0	8,0	0	50	47,3
30	30,4	10,0	393,4	10,0	0	60	52,7
35	35,2	12,0	469,9	12,0	0	70	65,7
40	39,6	14,0	546,3	14,0	0	80	87,1

В этой таблице приведены результаты расчетов доз калийных удобрений (графа 8) для получения уровня урожайности ячменя (Yф) (графа 1). Также в таблице 3 даны расчеты прогнозируемой урожайности ячменя (графа 2) при исходных значениях показателей в графах (5, 6, 7). Коэффициенты корреляции r (Yф, Yp) = 0,9985 иr (Zф, Zp) = 0,9039 указывают на высокую степень связи расчетных и исходных данных.

Заключение. Таким образом, разработанные математические модели почвенного питания можно использовать в системе производства сельскохозяйственной продукции в сельхозпредприятиях Центрального региона России. Это позволяет не только рассчитывать дозы минеральных удобрений под планируемую урожайность, но и прогнозировать ее на основе агрохимических показателей почвы (естественное плодородие) и доз, внесенных органических и минеральных удобрений.

Список литературы

1. Основные факторы повышения урожая сельскохозяйственных культур и его стабильности / Н.Т. Сорокин, Т.Г. Солдатова, В.Б. Любченко, С.В. Митрофанов // Техника и оборудование для села. 2016. № 10. С. 6-8.

2. Трешкин С.Е., Солдатова Т.Г. Совершенствование основ земледелия в направлении экологического производства продукции // Сб. науч. тр. ФГБНУ ВНИМС. Рязань, 2016: Проблемы механизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства. С.10-17.

3. Губашева А.М., Князева Л.Г., Петрашев А.И., Зазуля А.Н. Исследование коррозионной агрессивности почвы как среды сельскохозяйственного производства.// Наука в центральной России. 2017. № 2 (26). С. 21-32.

4. Любченко В.Б., Белых С.А., Никитин В.С. Математическая модель прогнозирования урожайности основных сельскохозяйственных культур// Сб. науч. трудов ФГБНУ ВНИМС. Рязань, 2016: Проблемы механизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства. С. 27-30.

5. Адаптивные производственные модели расчета доз минеральных удобрений: брошюра / Авт. коллектив: Солдатова Т.Г., Никитин В.С. [и др.]. Рязань: ГНУВНИИМС, 2000. 28 с.

References

1. Osnovnye faktory povyshenija urozhaja sel'skohozjajstvennyh kul'tur i ego sta-bil'nosti / N.T. Sorokin, T.G. Soldatova, V.B. Ljubchenko, S.V. Mitrofanov // Tehnika i oborudovanie dlja sela. 2016. № 10. S. 6-8.

2. Treshkin S.E., Soldatova T.G. Sovershenstvovanie osnov zemledelija v napravlenii jekologicheskogo proizvodstva produkcii // Sb. nauch. tr. FGBNU VNIMS. Rjazan', 2016: Problemy mehanizacii agrohimicheskogo obespechenija sel'skogo hozjajstva. S.10-17.

3. Gubasheva A.M., Knjazeva L.G., Petrashev A.I., Zazulja A.N. Issledovanie korrozi-onnoj agressivnosti pochvy kak sredy sel'skohozjajstvennogo proizvodstva.// Nauka v central'noj Rossii. 2017. № 2 (26). S. 21-32.

4. Ljubchenko V.B., Belyh S.A., Nikitin V.S. Matematicheskaja model' prognozirova-nija urozhajnosti osnovnyh sel'skohozjajstvennyh kul'tur// Sb. nauch. tr.FGBNU VNIMS. Rjazan', 2016: Problemy mehanizacii agrohimicheskogo obespechenija sel'skogo hozjajstva. S. 27-30.

5. Adaptivnye proizvodstvennye modeli rascheta doz mineral'nyh udobrenij: bro-shjura / Avt. kollektiv: Soldatova T.G., Nikitin V.S. [i dr.]. Rjazan': GNUVNIIMS, 2000. 28 s.

УДК 631.333:(547.992: 631.878)

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СУХИХ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ

Сорокин Николай Тимофеевич,
доктор экономических наук, директор, e-mail: n.Sorokin.vnims13@yandex.ru
Гайбарян Михаил Арутюнович,
канд. техн. наук, вед. науч. сотр., тел. 8(4912) 98-55-54, e-mail: gnu@vnims-ryazan.ru
Сидоркин Владимир Иванович,
зав. отд., тел. 8(4912) 24-83-15, e-mail: gnu@vnims-ryazan.ru
Смышляев Эдуард Иванович,
канд. экон. наук, вед. науч. сотр., тел. 8(4912) 98-55-71, e-mail: gnu@vnims-ryazan.ru
Гапеева Наталья Николаевна,
канд. биол. наук, зав. отд, тел. 8(4912) 98-55-70, e-mail: gnu@vnims-ryazan.ru
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства, г. Рязань
Сорокин Константин Николаевич,
канд. техн. наук, проректор, тел. 8(495) 700-08-39, e-mail: rako-apk@mai.ru
ФГБОУ ДПО «Российская академия кадрового обеспечения АПК», г. Рязань

Реферат. *Раскрыта актуальность использования гуминовых удобрений в условиях современного сельского хозяйства. Обоснована необходимость разработки специализированных технологических линий для производства гуминовых удобрений из торфа. Рассмотрена конструкция и основные принципы работы технологической линии для производства сухих гуминовых удобрений из торфа, разработанной в ФГБНУ ВНИМС. Приведены ее технические характеристики. Показано, что основной операцией при производстве сухих гуминовых удобрений является сушка. Разработана методика расчета для определения основных параметров и режимов работы сушильной камеры. Испытания показали, что параметры, рассчитанные теоретическим путем, подтверждаются на практике. Проведено сравнение предложенной сушильной камеры с описанными в литературе. Отмечено, что в предложенной конструкции сушка материала осуществляется за счет горячего воздушного потока, создаваемого ТЭНами и тепловой пушкой, установленной на задней стенке теплогенератора. Использованы новые технические решения по регулированию температуры и ее оптимальному поддержанию в сушильном барабане в процессе сушки торфа. Экспериментально установлено, что при объеме теплогенератора 2,6 м^3, суммарной мощности ТЭНов 40 кВт и температуре воздуха на выходе из тепловой пушки 40 ^{o}С прогрев воздуха в теплогенераторе до 350 ^{o}С осуществляется за 15 минут.*

Ключевые слова: *торф, измельчитель, вибросепаратор, сушильная камера, тепловая пушка, вентилятор, циклон.*

NEW TECHNICAL SOLUTIONS FOR THE PRODUCTION OF DRY HUMIC FERTILIZER

Sorokin Nikolai,
Doctor of Economic Sciences, Director, e-mail: n.Sorokin.vnims13@yandex.ru
Gaybaryan Mikhail,
Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, e-mail: gnu@vnims-ryazan.ru
Sidorkin Vladimir,
Head of Department, e-mail: gnu@vnims-ryazan.ru
Smyshlyaev Eduard,
candidate of economic sciences, leading researcher, e-mail: gnu@vnims-ryazan.ru
Gapeeva Natalia,
Candidate of Biological Sciences, Head of Department, e-mail: gnu@vnims-ryazan.ru
FGBNU All-Russian Research Institute of Mechanization and Informatization of Agricultural Agrochemical Support, Ryazan
Sorokin Constantine,
candidate of technical sciences, prorector, e-mail: rako-apk@mai.ru

FGBOU DPO "Russian academy of staffing of agroindustrial complex", Ryazan

Abstract. *The urgency of using humic fertilizers in the conditions of modern agriculture is revealed. The need to develop specialized production lines for the production of humic*

fertilizers from peat is justified. The design and main principles of the operation of the production line for the production of dry humic fertilizers from peat, developed in the FGBNU of the VNIMS, are considered. Its technical characteristics are given. It is shown that the main operation in the production of dry humic fertilizers is drying. The calculation procedure for determining the basic parameters and operating conditions of the drying chamber is developed. Tests have shown that the parameters calculated theoretically are confirmed in practice. A comparison of the proposed drying chamber with those described in the literature is carried out. It is noted that in the proposed design, the drying of the material is carried out by the hot air flow generated by the heaters and a heat gun mounted on the rear wall of the heat generator. New technical solutions for temperature control and its optimum maintenance in the drying drum during peat drying are used. It was experimentally established that with a heat generator volume of 2.6 m3, a total power of 40 kW TENs and an air outlet temperature of 40 ° C from a heat gun, the heating of air in a heat generator to 350 ° C takes 15 minutes.

Keywords: *peat, mill, vibro separator, drying chamber, heater, fan, cyclone.*

Введение. В конце XIX века были установлены полезные свойства нового поколения удобрений - гуминовых удобрений. Основные действующие вещества таких удобрений – гуминовые и фульвокислоты. Гуматы, составляя основу гумуса, благотворно влияют на структуру почвы, повышая газопроницаемость и влагосодержание, снижают эрозию почвы, что во многом определяет ее урожайный потенциал и плодородие. Их использование способствует экологическому оздоровлению и детоксикации загрязненных земель, рекультивации и восстановлению истощенных и зараженных земель. Гуматы связывают находящиеся в почве радионуклиды, пестициды, токсические вещества и тяжелые металлы в нерастворимые и не усваиваемые растениями соединения и поэтому обеспечивают экологическую чистоту продукции. Использование этих удобрений позволяло не только повышать урожайность сельскохозяйственной продукции, но и улучшать ее качество. Результативность применения гуминовых удобрений оказалась гораздо выше, чем у традиционных органических удобрений. Требуемые для возделывания овощных культур дозы внесения концентрированных гуминовых веществ в сотни раз ниже, чем у обычной органики. К сожалению, отсутствие технологий промышленного производства гуминовых удобрений сдерживало их широкое применение, только во второй половине XX века начался рост промышленного производства гуминовых удобрений. В России до сих пор не существует промышленного производства специализированного оборудования для приготовления гуминовых удобрений из торфа. Предприятия вынуждены приспосабливать для этих целей различные виды технологического оборудования, позаимствованные из других отраслей промышленности. Однако, такое оборудование не всегда может обеспечить необходимый технологический режим, что снижает качество удобрений. Разработка специализированных технологических линий для производства гуминовых удобрений из торфа весьма актуальна.

Результаты и обсуждение. В 2017 году учеными ФГБНУ ВНИМС разработана, изготовлена и успешно испытана технологическая линия для производства сухих

гуминовых удобрений из торфа, которая с апреля 2017 года работает в Курганской области в составе созданного минизавода по производству жидких, сухих и пастообразных гуминовых удобрений.

Она включает в себя (рисунок 1): вибросепаратор (12) с выгрузным лотком (13); загрузочный транспортер (14); теплогенератор (10) с нагревательными элементами в виде электрических ТЭНов (11); сушильную камеру (8), оснащенную приемником (9) и приводом (15); выгрузной транспортер (2) с накопительной емкостью (16); циклон (4) с шиберной заслонкой (3); вытяжную трубу (6) с шиберной заслонкой (7) и всасывающим вентилятором (5), а также центробежный измельчитель (1).

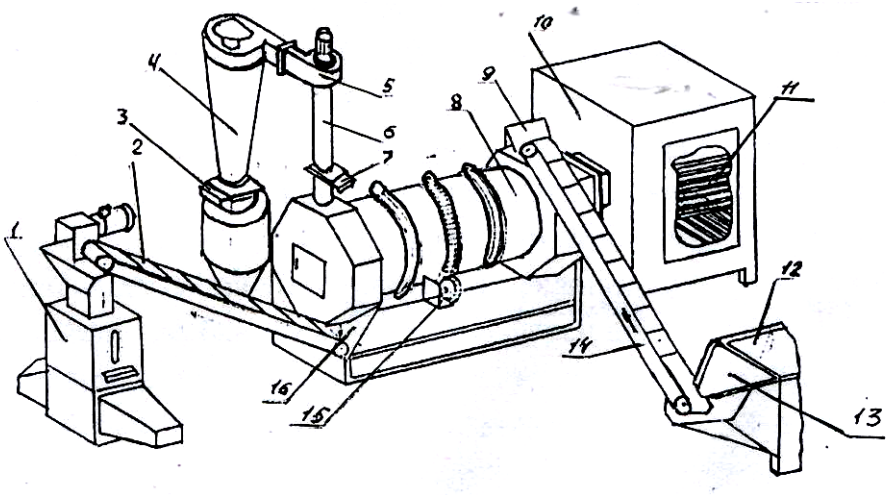


Рисунок 1 - Общий вид технологической линии для производства сухих гуминовых удобрений из торфа:1 – центробежный измельчитель; 2 – выгрузной транспортер; 3 – шиберная заслонка; 4 – циклон; 5 – всасывающий вентилятор; 6 – вытяжная труба;
7 – шиберная заслонка; 8 – сушильная камера;9 – приемник; 10 – теплогенератор; 11 – нагревательные ТЭНы;12 – вибросепаратор; 13 – выгрузной лоток; 14 – загрузочный транспортер;15 – привод сушильной камеры; 16 – накопительная емкость

Технологическая линия работает следующим образом.

Партия торфа весом до 40 кг загружается на решетку вибросепаратора (12), просеивается через сетку размером 5 мм и через лоток (13) подается на загрузочный транспортер (14), и далее через приемник (9) поступает в сушильную камеру (8).

Перед подачей торфа в сушильную камеру последняя предварительно прогревается до температуры 120-130°С. Прогрев сушильной камеры осуществляется теплогенератором (10) с установленными в нем ТЭНами (11). Для обеспечения потока горячего воздуха в сушильной камере используется тепловая пушка, работающая в двух режимах: с включенными ТЭНами и без включенных ТЭНов, как простой вентилятор. Сушильная камера представляет собой установленный наклонно вращающийся барабан, на который надеты два бандажа и зубчатый венец привода (15), позволяющие через частотник регулировать скорость вращения барабана. Бандажами барабан опирается на четыре ролика, установленные на рамах. Два опорных ролика ограничивают осевое смещение корпуса барабана. На торцах барабана имеются

камеры: в одной из них предусмотрен ввод горячего воздуха и загрузка торфа, в другой – вывод сухого продукта и отработавших паров воздуха. За счет установки барабана под небольшим углом (до 5°) по мере его вращения материал постепенно передвигается к концу барабана и поступает в накопительную емкость (16). Из накопительной емкости сухой материал транспортером (2) подается в центробежный измельчитель. Полученная смесь измельчается и перемешивается со скоростью 3000 об/мин. В процессе измельчения за счет кавитации на основе высокой скорости и ударного воздействия с перетиранием частиц торфа происходит выделение из измельчаемой смеси торфа гуминовых и фульвокислот. При этом порошок торфа меняет свой черный или серый цвет на коричневый. Полученный сухой продукт направляется на фасовку.

Для обеспечения необходимой тяги в сушильной камере в конце барабана установлена вытяжная труба (6) со всасывающим вентилятором (5) и шиберной заслонкой (7). Для улавливания мелких частиц пыли к вентилятору подключен циклон (4) с регулируемой заслонкой (3).

Внутри сушильного барабана вдоль образующей равномерно по периметру окружности установлены насадки в количестве 12 шт. (рис. 2).

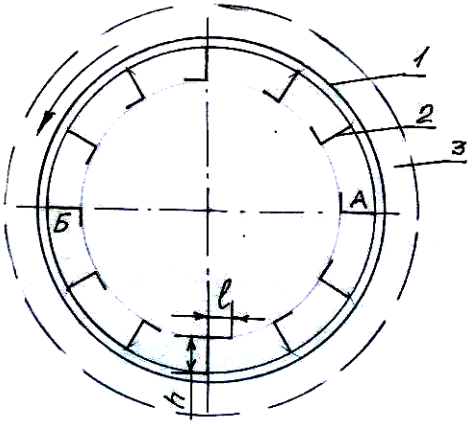


Рис. 2. Поперечный разрез сушильного барабана:
1 – барабан; 2 – насадка; 3 – утеплитель

Вращение барабана осуществляется электродвигателем через зубчатую передачу (15). Скорость вращения барабана устанавливается в зависимости от того, за какое время материал должен дойти от точки загрузки до точки выгрузки и успеть за это время высушиться до необходимой влажности (15÷17 %). Регулировка скорости вращения сушильного барабана осуществляется частотником, установленным на приводе.

Для проведения расчетов по определению основных параметров и режимов работы сушильной камеры задаемся следующими исходными данными (сырье – измельченный торф и щелочь КОН):

1. Плотность материала (торфа) $\rho = 400$ кг/м^3 (сухого 250 кг/м^3);
2. Начальная относительная влажность $W_o = 35$ %;
3. Конечная влажность $W_2 = 15$ %;
4. Температура воздуха на входе в барабан $t_{вх} = 120\text{-}130$°С;

5. Температура воздуха на выходе из барабана $t_{вых}$ = 60-65°С;

6. Высота насадок $h_н$ = 60 мм;

7. Ширина насадок $l_н$ = 80 мм;

8. Количество насадок – 12 шт.

Основные размеры барабанной сушилки обычно выбирают по нормативам и каталогам-справочникам [1, 2] в соответствии с объемом сушильного пространства. Объем сушильного пространства V складывается из объема Vп, необходимого для прогрева влажного материала до температуры, при которой начинается интенсивное испарение влаги, и объема Vс, требуемого для осуществления процесса испарения влаги.

Необходимо отметить, что конструкция рассматриваемой нами сушильной камеры отличается от существующих и описанных в литературе тем, что нагрев воздуха в теплогенераторе происходит не за счет сгорания различных видов топлива, а за счет использования электрических ТЭНов, то есть в данном случае сушка материала осуществляется не за счет газового потока, образующегося при сгорании топлива, а за счет горячего воздушного потока, создаваемого ТЭНами и тепловой пушкой, установленной на задней стенке теплогенератора, с новыми техническими решениями по регулированию температуры и ее оптимальному поддержанию в сушильном барабане в процессе сушки торфа.

Экспериментальные исследования показали, что при установленном объеме теплогенератора 2,6 м^3, суммарной мощности ТЭНов 40 кВт и температуре воздуха на выходе из тепловой пушки 40°С прогрев воздуха в теплогенераторе до 350°С достигается в течение 15 минут. При этом нагретый воздух поступает в сушильную камеру (барабан) за счет действия всасывающего вентилятора (5), установленного в конце вытяжной трубы, и циклона. Скорость потока воздуха, выходящего из сушильной камеры, регулируется двумя позициями верхней заслонки на конце сушильной камеры.

Скорость воздуха, выходящего из тепловой пушки, определяется следующим образом:

$$V_B = \frac{4Q \times K}{3600 \times \pi D^2} \text{ м/с},$$

где Q – производительность тепловой пушки, м^3/ч; К – коэффициент, учитывающий возможные потери (принимаем К = 0,8); D – диаметр выходного сопла тепловой пушки, м.

Для тепловой пушки ТП5ЕКТ эти параметры имеют следующие значения:

Q = 400 м^3/ч; D = 0,3 м.

Следовательно, скорость движения воздуха при выходе из тепловой пушки будет:

$$V_B = \frac{4 \times 400 \times 0{,}8}{3600 \times 3{,}14 \times 0{,}3^2} = \frac{1280}{1017} = 1{,}26 \text{ м/с}.$$

Как показали опыты, проведенные специалистами института, для сушки торфа в количестве 40 кг до влажности от 35 до 15 % необходимо, чтобы вся сушимая масса проходила расстояние от начала до конца барабанной сушилки в течение 50 мин.

Размеры и режимы работы сушилки, обеспечивающие выполнение данного условия, определяются следующим образом.

Скорость поступательного движения сушимого материала в барабанной сушилке $V_м$ зависит от следующих параметров: диаметра барабана ($D_б$), мм; частоты вращение ($n_б$), об/мин; угла наклона барабана (ά), град.

$$V_м = D_б \times tg\alpha \times n_б,$$

где $D_б$ – диаметр барабана, мм; $n_б$ – частота вращения барабана, об/мин; ά – угол наклона барабана.

Принимаем (по паспорту) $D_б$ = 800 мм; ά = 1-6°; частоту вращения определяем исходя из условия, что за 50 мин сушимая масса материала в количестве 40 кг должна пройти от начала до конца сушилки и успеть высушиться. Определим, на какое расстояние перемещается материал при совершении барабаном одного оборота с углом наклона 2° (рисунок 3).

$$l_m = D_б \times tg\alpha = 800 \text{ мм} \times 0{,}0349 = 27{,}92 \text{ мм}$$

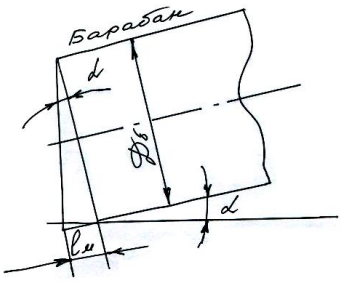


Рисунок 3. Схема для расчета скорости движения материала в барабане

За каждый оборот барабана торф, находящийся в нем, перемещается на расстояние l_m = 27,92 мм. Это в идеальном случае. Однако процесс перемещения материала в барабане зависит еще от ряда побочных факторов, к которым можно отнести следующие: материал захватывается насадками барабана в нижней части и, дойдя до верхней точки, падает вниз. При этом падение материала происходит не только из верхней точки, а начинается в точке А (см. рис. 2) и заканчивается в точке Б, то есть по всей верхней половине барабана, это способствует увеличению пути, пройденного торфом за один оборот барабана. Кроме того, на скорость и величину пути, пройденного торфом, оказывает влияние воздушный поток, создаваемый вентилятором, установленным на вытяжной трубе сушильного барабана. С учетом этих и других факторов в расчетах по определению пути, пройденного торфом, вводится поправочный коэффициент $К_п$, значение которого обычно колеблется от 1,3 до 1,8. Принимаем $К_п$ = 1,6. С учетом этого фактора путь, пройденный торфом за один оборот барабана, составит:

$$27{,}92 \times 1{,}6 = 43{,}07 \text{ мм}.$$

Количество материала, перемещаемого в сушильном барабане за один оборот, составляет:

$$M = l_н \times h_н \times l_m \times \rho \times n \text{ (см. рис. 2)},$$

где M – количество материала, кг; $l_н$ – высота насадки, м; $h_н$ – ширина насадки, м; l_m – расстояние, пройденное материалом за один оборот барабана, мм; ρ –

плотность торфа, кг/м^3; n – количество насадок, шт. Подставив значения этих параметров в вышеприведенное уравнение, получим:

$$M = 0{,}08 \times 0{,}06 \times 0{,}043 \times 250 \times 12 = 0{,}62 \text{ кг.}$$

Учитывая, что барабан совершает один оборот за 90 сек, получим часовую производительность барабана:

$$M_ч = \frac{0{,}62 \times 60 \times 60}{90} = 24{,}8 \text{ кг/ч.}$$

Сменная производительность:

$$M_C = 24{,}8 \times 8 = 198{,}4 \text{ кг/ч.}$$

По результатам расчетов принимаем следующие параметры и режимы работы технологической линии:

1. Объем теплогенератора – 2,6 м^3; максимальная температура в нем – 350°С

2. Количество ТЭНов – 18 шт., суммарная мощность – 40 кВт;

3. Мощность тепловой пушки – 18 кВт, производительность - 400 м^3/ч. Температура воздуха на выходе из тепловой пушки – 40°С;

4. Внутренний диаметр сушильного барабана – 800 мм; длина – 2 м; угол наклона– 2°;

5. Количество насадок – 12 шт.; размеры насадок: высота – 80 мм; ширина – 60 мм;

6. Температура воздуха на входе в сушильный барабан – 120-140°С, на выходе – 60-67°С; время сушки одной партии – 50 мин

7. Масса загружаемого материала за один цикл – 40 кг;

8. Часовая производительность линии – 24,8 кг/ч;

18. Сменная производительность – 198,4 кг/см.

Экспериментальный образец технологической линии, изготовленной по этим параметрам, проходил испытания на производственном участке института и был смонтирован у заказчика (г. Курган) для эксплуатации в производственных условиях. Испытания показали, что параметры, рассчитанные теоретическим путем, подтверждаются на практике. Часовая и сменная производительность линии обеспечивается. Качественные показатели соответствуют требованиям технического задания.

Список литературы

1. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М., Курочкина М.И. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (Примеры и задачи). – Спб.: Химия, 1993.

2. Лебедев П.Д., Щукин А.А. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1970.

References

1. Romankov P.G., Frolov V.F., Flisjuk O.M., Kurochkina M.I. Metody rascheta processov i apparatov himicheskoj tehnologii (Primery i zadachi). – Spb.: Himija, 1993.

2. Lebedev P.D., Shhukin A.A. Teploispol'zujushhie ustanovki promyshlennyh predprijatij. – M.: Jenergija, 1970.

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

УДК663.813

ИЗМЕРЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА КИСЛОРОДА В СОКОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Кузнецова Екатерина Александровна,
аспирант, e-mail: k.katyamich@mail.ru
Завражнов Анатолий Иванович,
главный научный сотрудник, академик РАН, доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, Тамбовская обл., г. Мичуринск

Реферат. *Известно, что кислород имеет долгосрочное воздействие на вкус, цвет и срок годности напитков, разрушает аскорбиновую кислоту, окисляет полифенольные вещества, снижает биологическую ценность напитков, приводит к быстрой порче, оказывает отрицательное воздействие на процесс розлива и упаковки. Для определения наличия кислорода и его количества в соковой продукции использовали анализатор растворенного кислорода с оптическим датчиком «Эксперт - 009» с целью изыскания способов предотвращения окисления полезных веществ. Изучали свежевыжатый смородиновый сок; нектары «Моя семья»: фруктово – ягодный, яблочный осветленный и нектар из яблок, персиков и абрикосов с мякотью; сокосодержащий цитрусовый напиток «Моя семья». Условия проведения эксперимента: объем соковой продукции 1 л; закрытая емкость; отсутствие воздушной прослойки в емкости с напитком; изменение температуры - от 20 °С до 50 °С; изменение времени проведения опыта от 5 мин до 110 мин. Исследования показали, что с повышением температуры уменьшается содержание кислорода, с понижением температуры наличие кислорода стремилось к начальному его содержанию в исследуемой соковой продукции. Установлено, что изменение температуры оказывает большее влияние на содержание кислорода, чем изменение времени в процессе хранения продукта. Исследования показали, что в соковой продукции с мякотью содержится больше кислорода, чем в осветленной, поэтому содержащиеся в мякоти полезные вещества окисляются кислородом, что снижает качество готового продукта. Установлено, что при получении полезного продукта питания процесс деаэрации в технологии производства напитков (соков, сокосодержащих продуктов) играет важную роль. Выявлено, что эффективным способом деаэрации будет нагрев напитка до температуры, при которой полезные вещества сохраняются (не более 80 °С), а розлив необходимо осуществлять сразу в нагретом виде и так, чтобы не оставалась воздушная прослойка в горлышке упаковке.*

Ключевые слова:*количество кислорода, сок, соковая продукция, нектар*

A MEASUREMENT OF THE AMOUNT OF OXYGEN IN JUICE PRODUCTS

Kuznetsova Ekaterina,
graduate student, e-mail: k.katyamich@mail.ru
Zavrazhnov Anatoli,
Academician of Russian Academy of Sciences, Principal Researcher, Professor, Doctor of

Technical Sciences,
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Michurinsky State Agrarian University", Michurinsk

Abstract. *It is known that oxygen has a long-term effect on the taste, color and shelf life of beverages, destroys ascorbic acid, oxidizes polyphenolic substances, reduces the biological value of beverages, leads to rapid deterioration, adversely affects the filling and packaging process. The analyzer for dissolved oxygen with an optical sensor "Expert-009" was used to find ways to prevent oxidation of useful substances to determine the presence of oxygen and its quantity in juice products. Freshly squeezed currant juice; nectars "My family": fruit and berry, apple clarified and nectar from apples, peaches and apricots with pulp; The juice-containing citrus drink "My Family" was studied. The conditions of the experiment were: the volume of juice products 1 liter; closed capacity; the absence of an air gap in the beverage container; change in temperature - from 20 ° C to 50 ° C; change the time of the experiment from 5 minutes to 110 minutes. Studies have shown that the oxygen content decreases with increasing temperature, the presence of oxygen tends to its initial content in the juice product under study with a decrease in temperature. It was found that the change in temperature has a greater effect on the oxygen content than the change in time during the storage of the product. Studies have shown that in juice products with pulp contains more oxygen than in clarified, so the useful substances contained in the pulp are oxidized by oxygen, which reduces the quality of the finished product. It is established that in the process of obtaining a useful food product, the process of deaeration in the technology of the production of beverages (juices, juice-containing products) plays an important role. It was found that the effective way of deaeration would be to heat the beverage to a temperature at which the useful substances are stored (not more than 80 ° C), and the bottling must be carried out immediately in a heated form and so that no air layer remains in the neck of the package.*

Key words: *amount of oxygen, juice, juice products, nectar*

Введение. Кислород имеет долгосрочное воздействие на вкус, цвет и срок годности, он разрушает аскорбиновую кислоту, окисляет полифенольные вещества, снижает биологическую ценность напитков, ухудшает их качество и приводит к быстрой порче, оказывает отрицательное воздействие на процесс розлива и упаковки, так как напиток имеет тенденцию пениться [2].

Содержание растворенного кислорода в воде при нормальных условиях порядка 8 мг/л, в напитке не должно превышать 1,4 мг/л. Однако преобладающим для многих производителей является нормативный показатель 3 мг/л упакованного продукта из-за воздуха, содержащегося в горлышке упаковки, который оказывает влияние на общее содержание кислорода в напитке спустя некоторое время после розлива. Наличие кислорода зависит от используемого сырья, технологии изготовления, условий хранения [4]. Требуется контролировать количество кислорода в процессе получения соковой продукции и уменьшать его [5] .

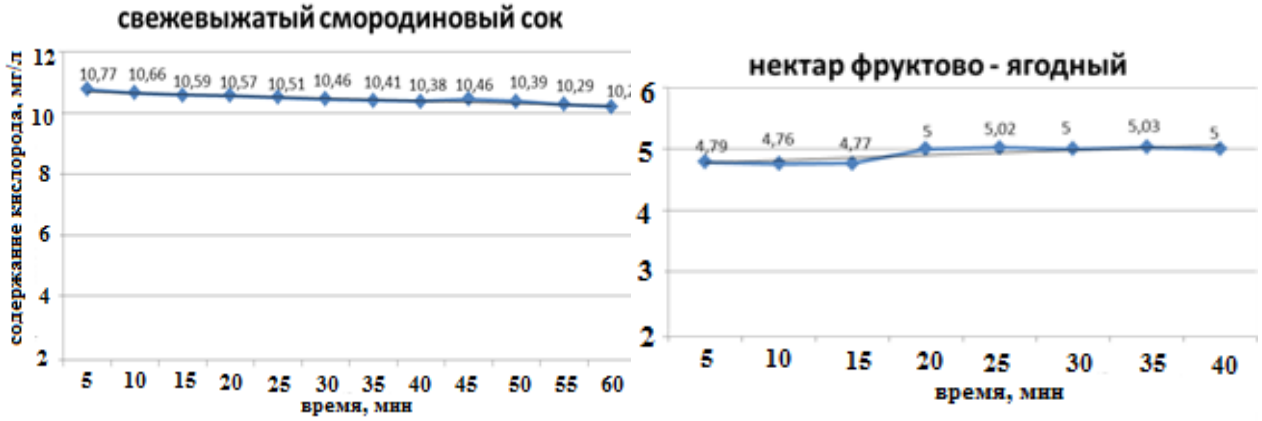
Цель исследований – изучить работу прибора для определения количества растворенного кислорода в различных объектах исследования, выявить содержание кислорода в соковой продукции и изменение его количества в зависимости от изменения температуры и времени проведения опыта.

Материалы и методы исследования. В наших исследованиях применялся анализатор растворенного кислорода с оптическим датчиком «Эксперт - 009» для определения наличия кислорода и его количества в соковой продукции (с целью изыскания способов предотвращения окисления полезных веществ), который позволяет определить в лабораторных условиях наличие кислорода, температуру и изменение количества кислорода в процессе хранения.

В качестве исследуемого материала проведения исследований по наличию и количеству кислорода были взяты: свежевыжатый смородиновый сок; нектар фруктово – ягодный «Моя семья»; нектар яблочный осветленный «Моя семья» (содержание сока 50%); сокосодержащий напиток «Моя семья» цитрусовый (содержание сока 38%); нектар из яблок, персиков и абрикосов «Моя семья» с мякотью (содержание сока 44%).

Условия проведения эксперимента: объем соковой продукции 1 л; закрытая емкость; отсутствие воздушной прослойки в емкости с напитком; изменение температуры - от 20 °С до 50 °С; изменение времени проведения опыта от 5 мин до 110 мин [6].

Результаты и обсуждение. На рисунке 1 представлены графики изменения количества кислорода в свежевыжатом смородиновом соке и в нектаре фруктово – ягодном торговой марки «Моя семья»в зависимости от изменения времени хранения.



а б

Рисунок 1-Изменение количества кислорода (O^2, мг/л) в зависимости от изменения времени (Т, мин):а) свежевыжатый смородиновый сок, б)нектар фруктово – ягодный

Общее время проведения опыта по измерению количества кислорода в свежевыжатом смородиновом соке составило 60 мин при температуре 24,1 °С на протяжении всего опыта. Количество кислорода замерялось каждые 5 мин. Начальное его содержание 10,77 мг/л показывает, что при приготовлении напитков (соков, сокосодержащих продуктов) большое количество кислорода попадает при производстве в готовый продукт питания и доказывает, что без процесса деаэрации в технологии производства напитков обойтись невозможно. При малом воздушном промежутке с течением времени произошло незначительное изменение количества в продукте. Например, по истечении 60 мин количество кислорода в соке составило 10,21 мг/л. Таким образом, при малой воздушной прослойке время не оказывает значительное влияние на количество содержания кислорода в напитках.

В нектаре фруктово– ягодном измеряли количество кислорода на протяжении 40 мин при температуре 23,1 °С. Начальное содержание кислорода составило 4,79 мг/л,

что в 2 раза ниже, чем в свежевыжатом соке. Конечное содержание – 5,0 мг/л. С течением времени также произошло незначительное изменение количества в продукте.

При проведении следующих опытов с течением времени изменяли температуру путем нагрева от 20 °С до 50 °С, затем охлаждали до начальной температуры. Для уточнения методики проведения эксперимента и сравнения результатов было измерено количество кислорода в воздухе и водопроводной воде [6]. На рисунке 2 представлен график изменения количества кислорода в воздухе в зависимости от изменения температуры.

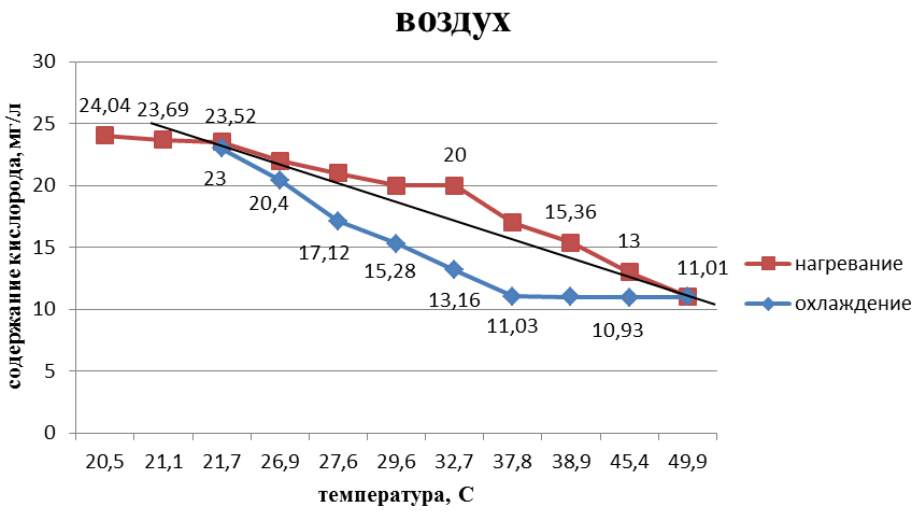


Рисунок 2 -Изменение количества кислорода (O^2, мг/л) в воздухе в зависимости от изменения температуры (t, °С)

При начальной температуре воздуха - 20,5 °С количество кислорода составило 24,04 мг/л. С повышением температуры количество кислорода уменьшалось и при максимальной температуре измерения 49,9 °С количество кислорода уменьшилось более чем в 2 раза до 11,01 мг/л. С понижением температуры количество кислорода увеличивалось и при конечной температуре измерения 21,7 °С составило 23 мг/л. Время проведения опыта 50 мин.

В начальной и конечной точках измерения количество кислорода совпадает после нагрева и охлаждения. Разница количества кислорода в промежуточных точках объясняется большой скоростью нагрева и охлаждения. При увеличении времени выдержки эти кривые сближаются друг к другу. Далее измерение содержания кислорода в соковой продукции в данных промежутках измерения происходило с внесением поправки.

На рисунке 3 показано изменение количества кислорода в водопроводной воде при изменении температуры. При начальной температуре измерения - 15,6 °С количество кислорода – 7,67 мг/л. С течением времени происходило нагревание водопроводной воды и при максимальной температуре 49,9 °С количество кислорода составило 1,1 мг/л. При охлаждении до 16,3 °С количество кислорода увеличилось и составило 6,86 мг/л.

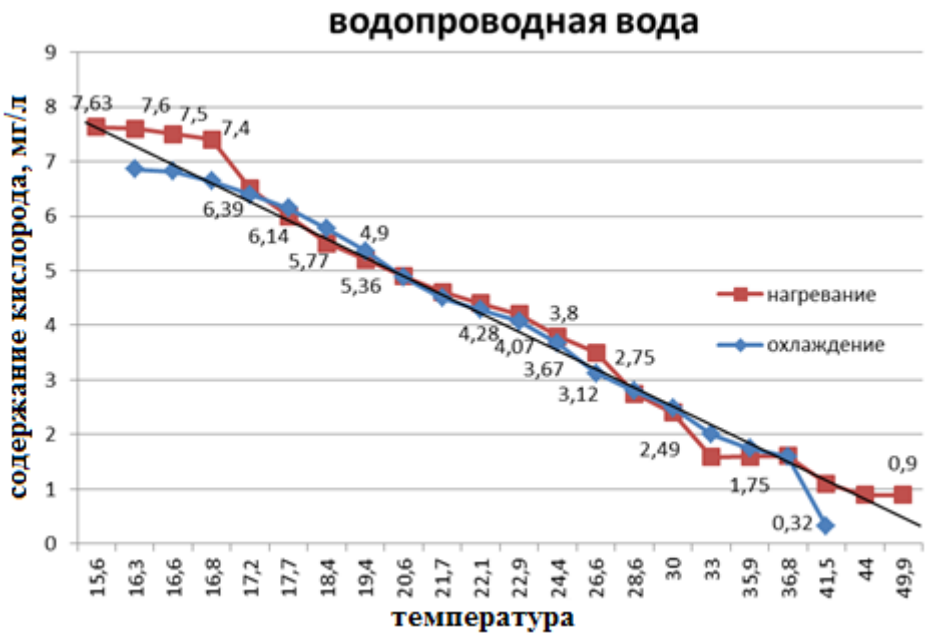


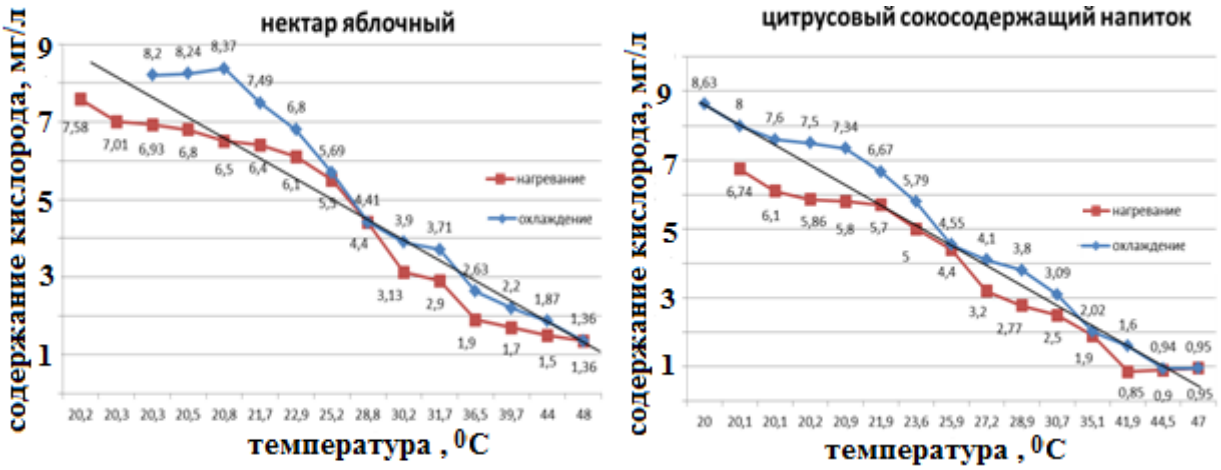
Рисунок 3 -Изменение количества кислорода (O^2, мг/л) в водопроводной воде при изменении температуры (t, °C)

Объяснить данное явление можно ухудшением растворимости кислорода в водных растворах (в воде и соковой продукции) при повышении температуры. Процесс физически закономерный, при повышении температуры газа в водной среде становится меньше, следовательно, и количество кислорода уменьшается [7]. Сначала часть его перемещалась в более холодную сторону из – за большей подвижности молекул, а затем при охлаждении он возвращался, так как концентрация воздуха и кислорода пропорциональна и находится в сплошном равновесии [6].

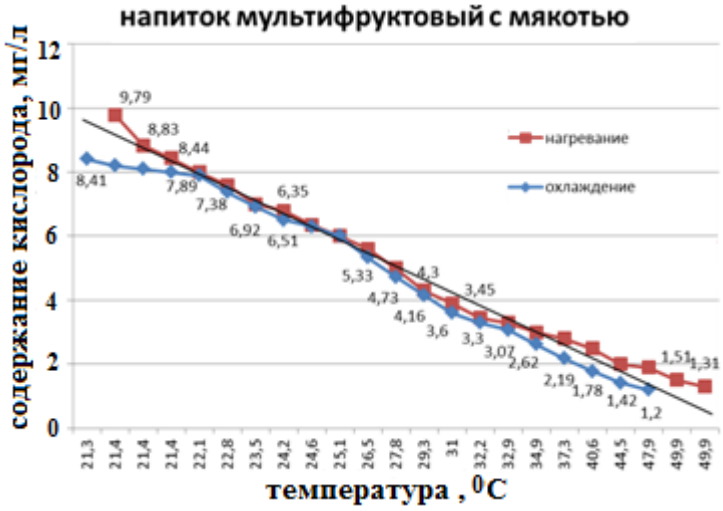
На рисунке 4 представлены графики изменения количества кислорода в соковой продукции торговой марки «Моя семья» при изменении температуры (t, °C).

В нектаре яблочном осветленном торговой марки «Моя семья» при температуре 20,2 °C кислорода содержалось в количестве 7,58 мг/л. Его количество уменьшилось до 1,76 при температуре 48 °C. При охлаждении до температуры 20,8 °C количество кислорода увеличилось и достигло значения 8,37 мг/л.

В сокосодержащем цитрусовом напитке «Моя семья» при температуре 20,1 °C количество кислорода было меньше – 6,74 мг/л по сравнению с его содержанием нектаре яблочном осветленном. При температуре 47 °C наблюдалось уменьшение кислорода до 1,35 мг/л и увеличение его количества до 8,63 мг/л при охлаждении до 20 °C.



а) б)



в)

Рисунок 4 -Изменение количества кислорода (O^2, мг/л) в соковой продукции при изменении температуры (t, °C): а) нектар яблочный осветленный, б) сокосодержащий напитокцитрусовый, в) нектар из яблок, персиков и абрикосов с мякотью

В нектаре из яблок, персиков и абрикосов с мякотью «Моя семья» наблюдалось самое высокое содержание кислорода – при температуре 21,4 °С – 9,79 мг/л. При 49,9 °С уменьшение до 1,71 мг/л, при охлаждении до 21,3 °С – 8,41 мг/л.

Заключение. Во всех проведенных опытах с различными объектами исследования наблюдалась одинаковая зависимость- с повышением температуры уменьшалось содержание кислорода, с понижением температуры наличие кислорода стремилось к начальному его содержанию. Большее влияние на содержание кислорода оказывает изменение температуры, так как при повышении температуры газа и, следовательно, кислорода в водной среде, в частности в воде и соковой продукции, становится меньше, так как ухудшается его растворимость в водных растворах.Изменение времени в процессе хранения продукта незначительно влияет на содержание количества кислорода.

Установлено, что большее количество кислорода содержится в соковой продукции с мякотью, в осветленной его меньше, поэтому содержащиеся в мякоти полезные вещества окисляются кислородом, что снижает качество готового продукта. Поэтому

можно сделать вывод, что процесс деаэрации в технологии производства напитков (соков, сокосодержащих продуктов) играет важную роль при получении полезного продукта питания. Эффективным способом деаэрации будет нагрев напитка до температуры, при которой полезные вещества сохраняются (не более 80 °С) и розлив осуществлять сразу в нагретом виде и так, чтобы не оставалась воздушная прослойка в горлышке упаковке.

Список литературы

1.Электронный ресурс - https://ru.wikipedia.org/wiki/Кислород, Википедия

2.Гореньков Э.С., Горенькова А.Н., Усачева Г.Г. «Технология консервирования» учебники и учебные пособия для учащихся техникумов Москва ВО «Агропромиздат», 1987

3. Электронный ресурс - http://www.gazoanalizators.ru/poleznoe.html&art=30, «Газоанализаторы кислорода и кислородомеры воды»

4.Шуман Г. «Безалкогольные напитки. Сырье. Технологические нормативы.», СПб: Профессия, 2004

5. Шобингер У.- Фруктовые и овощные соки: научные основы и технологии, 2004.- 640 с.

6. Кузнецова Е.А., Завражнов А.И. «Содержание кислорода в соковой продукции», 2017

7. Справочник химика 21, «Химия и химическая технология», с.137, 232

References

1.Jelektronnyj resurs - https://ru.wikipedia.org/wiki/Kislorod, Vikipedija

2.Goren'kov Je.S., Goren'kova A.N., Usacheva G.G. «Tehnologija konservirovanija» uchebniki i uchebnye posobija dlja uchashhihsja tehnikumov Moskva VO «Agropromizdat», 1987

3. Jelektronnyj resurs - http://www.gazoanalizators.ru/poleznoe.html&art=30, «Gazoanalizatory kisloroda i kislorodomery vody»

4.Shuman G. «Bezalkogol'nye napitki. Syr'e. Tehnologicheskie normativy.», SPb: Professija, 2004

5. Shobinger U.- Fruktovye i ovoshhnye soki: nauchnye osnovy i tehnologii, 2004.- 640 s.

6. Kuznecova E.A., Zavrazhnov A.I. «Soderzhanie kisloroda v sokovoj produkcii», 2017

7. Spravochnik himika 21, «Himija i himicheskaja tehnologija», s.137, 232

УДК 66.047.7

РАВНОВЕСНОЕ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ СЕМЯН КУКУРУЗЫ

Рудобашта Станислав Павлович,
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, e-mail: rudobashta@mail.ru

Муравлева Екатерина Александровна,
аспирант ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, e-mail: katya.muravleva@gmail.com

Зуева Галина Альбертовна,
доктор физ.- мат. наук, профессор ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет, Иваново, e-mail: zueva_galina15@mail.ru

Реферат. *Экспериментально получены и проанализированы изотермы десорбции семян кукурузы трех сортов (Пионер ПР-8521, Пионер ПР-7709 ФАО 160, Пионер ПР-7709 ФАО 160) –при трех температурах в интервале 24-48^{o}С. В эксперименте использован статический (эксикаторный) метод исследования, при котором для создания определенной относительной влажности воздуха в эксикаторе использовали насыщенные растворы различных минеральных солей. Значения относительной влажности воздуха, создаваемой с помощью растворов солей, брали согласно работе А. Шнайдера. Эксикаторы с помещенными в них насыщенными растворами солей и образцами кукурузы, выдерживали в воздушном термостате в течение месяца для наступления состояния фазового концентрационного равновесия. Полученные в результате эксперимента данные по десорбционному равновесию представлены в статье в виде графиков зависимости равновесного влагосодержания от относительной влажности воздуха при той или иной температуре, которые имеют типичный для коллоидных капиллярно-пористых материалов S-образный вид. Дано сопоставление между собой полученных опытных данных по фазовому концентрационному равновесию для исследованных сортов кукурузы, а также с литературными данными для кукурузы и для других зерновых культур. Полученные изотермы десорбции описаны уравнением Гендерсона, выражающим зависимость равновесного влагосодержания материала от относительной влажности воздуха и температуры. Для повышения точности аппроксимации коэффициенты этого уравнения выражены многочленами первой степени от температуры, дающими небольшие поправки в полученные математические зависимости. Дано сопоставление коэффициентов уравнения Гендерсона для зерна кукурузы с аналогичными коэффициентами для других зерновых культур. Найденные значения среднеквадратичного уклонения и степени адекватности приближающих функций для полученных опытных данных свидетельствуют о высокой степени достоверности их описания предложенными уравнениями. Полученные данные по изотермам десорбции могут быть использованы для расчета процесса сушки влажного зерна* кукурузы и правильного выбора условий хранения высушенного зерна.

Ключевые слова: *изотермы десорбции, равновесие, уравнение Гендерсона.*

CORN SEED EQUILIBRIUM MOISTURE CONTENT

Rudobashta Stanislav,
Full Doctor of Engineering Sciences, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, e-mail: rudobashta@mail.ru
Muravleva Ekaterina,
Postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, e-mail: katya.muravleva@gmail.com
Zueva Galina,
Full Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Ivanovo State University of Chemical Technology, Ivanovo, e-mail: zueva_galina15@mail.ru

Abstract. *The isotherms of desorption of corn seeds of three varieties (Pioneer PR-8521, Pioneer PR-7709 FAO 160, Pioneer PR-7709 FAO 160) were experimentally obtained and analyzed at three temperatures in the range 24-48 °C.In the experiment, a static (desiccator) method of investigation was used, in which saturated solutions of various mineral salts were used to create a certain relative air humidity in the desiccator.The values of the relative air humidity, created with the salts solutions, were taken according to the work of A. Schneider.Desiccators with saturated salts solutions and corn were kept in an air thermostat for a month as long as phase concentration equilibrium was established.The data, obtained from the experiment on the desorption equilibrium, are presented in the article in the graphs form where the dependence of the equilibrium moisture content on the relative humidity of air at a certain temperature is shown. These graphs are typical for colloidal capillary-porous materials and have S-shape.The obtained experimental data on the phase concentration of corn equilibrium was compared with the literature data for corn and for other cereal crops.The obtained desorption isotherms are described by the Henderson equation, which expresses the dependence of the equilibrium moisture content of the material on the relative humidity of air and temperature.To increase the accuracy of approximation, the coefficients of this equation were expressed by polynomials of the first degree on the temperature, giving small corrections to the obtained mathematical dependences. The coefficients of the Henderson equation for corn grain were compared with similar coefficients for other cereal crops. The values of the mean-square deviation and the degree of adequacy of the approximating functions for the obtained experimental values were found. These values indicate a high degree of reliability of their description of the proposed equations. The data obtained from desorption isotherms can be used to calculate the drying process of wet corn grain and the correct choice of storage conditions for dried grain.*

Keywords: *desorption isotherms, equilibrium, Genderson equation.*

Введение. Знание равновесного влагосодержания зерна кукурузы необходимо для расчета кинетики процесса сушки и для правильного выбора условий хранения высушенного зерна [1]. Вопросы сушки различных пищевых материалов, в том числе зерна, рассмотрены в [2-7]. Кукурузу, собранную с поля, высушивают двумя способами: в зерновом слое и в початках [5]. Первый способ технологически проще иэкономически выгоднее, поэтому в последнее время ему отдается предпочтение на практике [5]. Имеющиеся в литературе данные по равновесному влагосодержанию зерна кукурузы относятся к старым сортам кукурузы и получены, главным образом, при комнатной температуре [6, 7]. Гигроскопические свойства зерна, полученные при комнатной температуре, позволяют выбирать условияего хранения. Для расчета кинетики сушки зерна кукурузы требуется, однако, знание ее десорбционных свойств при повышенных температурах. Отсутствует сравнение равновесных данных для кукурузы разных сортов, а также математические зависимости, описывающие зависимость равновесного влагосодержания от относительной влажности воздуха и температуры, что затрудняет применение опытных данных по равновесному влагосодержанию в инженерных расчетах процесса сушки.

Предельно допустимая температура нагрева зерна кукурузы при сушке зависит от назначения зерна. При ее переработке в крахмало-паточном производстве кукуруза при

сушке не должна нагреваться выше 45°С, а кормовое зерно при сушке может быть нагрето до 50°С [5].

Целью данной работы являлось получение опытных данных по равновесному влагосодержаниюзерна кукурузы разных сортов, культивируемых в настоящее время, - при рабочих температурах ее сушки, сопоставление между собой равновесных данных для различных сортов кукурузы, нахождение математической зависимости равновесного влагосодержания от относительной влажности воздуха и температуры, что удобно для инженерных расчетов. Исходя из вышеизложенного, равновесное влагосодержание зерна кукурузы в данной работе исследовали в температурном диапазоне 24-48°С.

Материалы и методы (Экспериментальная часть). Исследовали зерно кукурузы следующих сортов: Пионер ПР-8521, Пионер ПР-7709 ФАО 160, Пионер ПР-7709 ФАО 160с полевым влагосодержанием ~ 22%. Поскольку значения равновесных влагосодержаний меньше этой величины, то в опытах получали изотерму десорбции, которая как раз и необходима для расчета процесса сушки. Зерна кукурузы помещали в бюксы, которые на продолжительное время (один месяц) ставили в эксикаторы, в последних с помощью насыщенных растворов солей поддерживалась определенная относительная влажность воздуха. Для опытов были отобраны соли, приведенные в табл. 1. В этой же таблице указаны значения относительной влажности воздуха, над насыщенными растворами этих солей при температурах опытов - по данным [8].

Таблица 1. Соли, использованные в опытах для создания определенных значений относительной влажности воздуха

№ п/п	Соль	$\varphi \cdot 10^2$, [8]		
		t= 24°С	t= 36°С	t= 46°С
1.	KOH	8	6	6
2.	CH_3COOK	18,5	15,2	-
3.	$MgCL_2$	33,5	32	31,5
4.	$Na_2Cr_2O_7$	52,5	54	54,5
5.	NaBr	57	54	51
6.	$NaNO_2$	65	62	60
7.	KJ	-	-	65
8.	$NaNO_3$	74	71,5	69
9.	NaCL	75,6	75	74
10.	KCL	85	84	82

Эксикаторы с помещенными в них бюксами с образцами кукурузы устанавливали в воздушный термостат, в котором с помощью температурного регулятора поддерживалась температура с точностью ± 0,5°С. Зерна кукурузы в ходе опыта отдавали избыточную влагу в воздушную атмосферу эксикатора. По окончании опыта эксикаторы извлекали из термостата, вынимали их них бюксы с образцами кукурузы, закрывали их крышками и охлаждали путем выдерживания при комнатной температурев течение 0,5 часа, а затем определяли равновесное влагосодержание зерен кукурузы $u_р$ (кг/(кг сухого материала) по ГОСТ 10856 – 96 - весовым методом путем

измерения массы (m_1) материала после изъятия образцов из термостата и его массы после высушивания в сушильной камере (m_2) при температуре 130 ℃ в течение 4 часов. Взвешивание бюкс с влажным и высушенным досуха материалом и отдельно бюкс осуществляли с помощью лабораторных весов марки «ScaleCasMWP–300» электронного типа (погрешность весов - не более 0,01 г до взвешиваемой массы в 50 г).

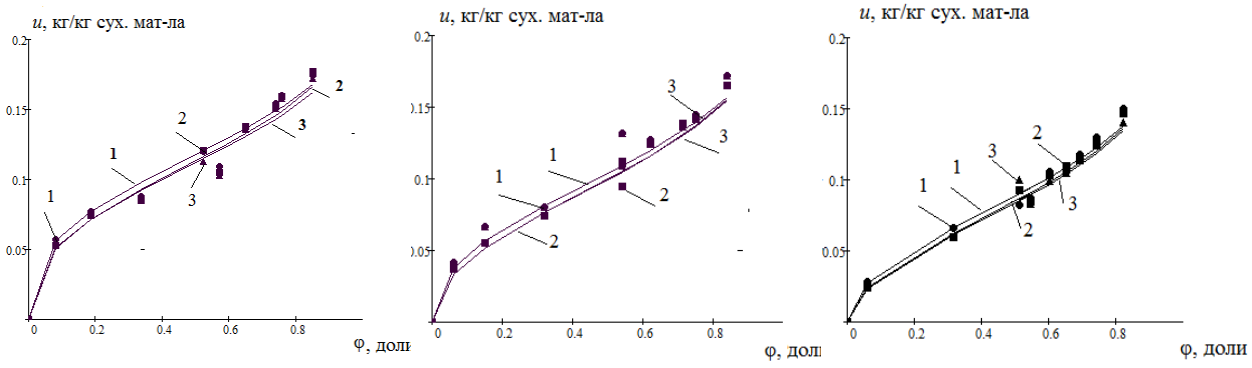
Равновесное влагосодержание (доли) рассчитывали по формуле

$$u_{\text{р}} = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_{\text{б}}}, \quad (1)$$

где m_1 – масса образцов зерен кукурузы с бюксой до полного высушивания, г; m_2 – масса образцов зерен кукурузы с бюксой после полного высушивания, г; $m_{\text{б}}$ – масса бюксы, г.

Результаты и их обсуждение. Результаты опытов приведены на рисунке 1. Рассмотрение представленных данных позволяет сделать следующие выводы: 1) изотермы сорбции имеют типичный для зернопродуктов S-образный вид (см., например, данные [9- 12]); 2) сортовые изменения кукурузы не в сильной степени влияют на изотермы десорбции; 3) полученные изотермы десорбции исследованных сортов кукурузы, культивируемых в настоящее время, точнее описывают их гигроскопические свойства по сравнению с известными литературными данными, для которых в литературе даже не указаны сорта кукурузы.

Полученные изотермы десорбции для удобства инженерных расчетов были описаны математически – термодинамическим уравнением Гендерсона имеющим вид [13]:



а) б) в)

Рисунок 1 - Изотерма десорбции семян кукурузы при t = 24ºС (а), 36ºС (б), 48ºС (в) точки - эксперимент, сплошная линия - расчет по уравнению Гендерсона с найденными значениями коэффициентов a и b (с поправочными коэффициентами для них от температуры); сорта: 1 - Пионер ПР-8521; 2 - Пионер ПР-7709 ФАО 160; 3 – Майсодур Амелиор Ф-70.

$$u_{\text{р}} = \left(-\frac{a}{T} \ln(1-\varphi) \right)^b, \quad (2)$$

где $u_{\text{р}}$ - равновесное влагосодержание кукурузы, кг/(кг сухого материала); T – температура, К; φ – относительная влажность воздуха, доли; a, b – коэффициенты уравнения.

Обработка опытных данных показала, что коэффициенты a и b несколько зависят от температуры. Для каждого сорта кукурузы были получены средние значения коэффициентов a и b и для более точного расчета изотермы десорбции - зависимости этих коэффициентов от температуры, представленные в таблице 2. На рисунках 1-3 приведены изотермы десорбции $u_{\text{р}} = f(\varphi)_t$, построенные по уравнению Гендерсона с найденными значениями коэффициентов aиb, с учетом их зависимостей от температуры. Их удовлетворительное совпадение с опытными данными показывает применимость предложенных уравнений для инженерных расчетов.

Таблица 2 - Коэффициенты уравнения Гендерсона для семян кукурузы

№	Сорт кукурузы	Средние значения коэффициентов	Зависимость коэффициентов aи bот температуры t: $a=a_0+a_1 \cdot t$; $b=b_0+b_1 \cdot t$
1	Пионер ПР-8521	a = 2.043 b = 0.419	для a: a_0=-1.34672898916; a_1=0.0959497926550001; среднеквадратичное уклонение: 0.227720; степень адекватности: 0.934898;
			для b: b_0=0.20478021978022; b_1=0.00604395604395605; среднеквадратичное уклонение: 0.015834; степень адекватности: 0.921781;
2	Пионер ПР-7709 ФАО 160	a = 2.778 b = 0.452	для a: a_0=-1.65502975066819; a_1=0.125471828320137; среднеквадратичное уклонение: 0.288255; степень адекватности: 0.938747
			для b: b_0=0.220142857142857; b_1=0.0065714285714286; среднеквадратичное уклонение: 0.011126; степень адекватности: 0.965769
3	Майсодур Амелиор Ф-70	a = 2.629 b = 0.448	для a: a_0=-2.11763832511621; a_1=0.134325144255742; среднеквадратичное уклонение: 0.219086; степень адекватности: 0.968160.
			для b: b_0=0.196104395604395; b_1=0.00712912087912088; среднеквадратичное уклонение: 0.009029; степень адекватности: 0.980551.

Из таблицы 2 видно, что значения коэффициента *a*для всех исследованных сортов кукурузы варьируются в интервале $a \in (2.043, 2.778)$, а значения коэффициента b – в интервале $b \in (0.419, 0.452)$. Отметим, что в [12] для семян таких культур, как пшеница, рожь, ячмень, лук репчатый также приведены значения коэффициентов a и b уравнения Гендерсона, значения которых заключены в пределах: $a \in (0.167 \cdot 10^6, 0.489 \cdot 10^6)$, $b \in (0.370, 0.429)$. Как видим из сравнения, величины коэффициентов b в этой работе и в [12] сопоставимы по порядку величины, что объясняется сходством морфологических строений материалов. Величины же коэффициентов a различаются на 6 порядков. Это объясняется тем, что в данной работе равновесное влагосодержание выражено в долях, а в [12] – в %.

Заключение.

1. Экспериментально получены изотермы десорбции влаги для зерна кукурузы трех сортов при трех различных температурах в интервале 24-48ºС.

2. Изотермы десорбции влаги для разных сортов кукурузы не сильно отличаются друг от друга.

3. Полученные опытные данные описаны на основе уравнения Гендерсона, что облегчает их использование в инженерной практике.

4. Для улучшения степени приближения математических равновесных зависимостей к опытным данным коэффициенты *a*и*b* уравнения Гендерсона представлены не как константы, а выражены линейными функциями от температуры, дающими некоторые поправки к коэффициентам a и b.

5. Сопоставление коэффициентов a и bдля семян кукурузы с аналогичными коэффициентами для семян других культур из [12] показало, что коэффициенты b, выражающие влажностную зависимость равновесного влагосодержания, сопоставимы по порядку величин, различие коэффициентовa, выражающих температурную зависимость равновесного влагосодержания объясняется разными выражениями равновесного влагосодержания в сравниваемых работах (доли и проценты).

6. Полученные равновесные зависимости могут быть использованы при определении режима хранения зерна кукурузы и для расчета кинетики сушки.

Список литературы

1. Малин Н.И.Технология хранения зерна. М.: КолосС. 2005. – 280 с.

2. Жидко В.И., Резчиков В.А., Уколов В.С. Зерносушение и зерносушилки. М.: Колос. 1982. –239 с.

3. Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. М.: Агропромиздат. 1985. - 336 с.

4. Гришин М.А., Атаназевич В.И., Семенов Ю.Г. Установки для сушки пищевых продуктов. М. Агропромиздат. 1989. – 215 с.

5. Резчиков В.А., Налеев О.Н., Савченко С.В. Технология зерносушения. Под ред. д.т.н., проф. В.А. Резчикова. Алмааты. Алмаатинский технологический университет. 2000. – 363 с.

6. Никитина Л.М. Таблицы равновесного удельного влагосодержания и энергии связи влаги с материалами. М.-Л.: Госэнергоиздат. 1963. – 174 с.

7. Атаназевич В.И. Сушка пищевых продуктов. Справочноепособие. М.: ДеЛи. 2000. – 295с.

8. SchneiderA. Neue Diagramme znr BestimmungderrelativenLuft - feuchtigkeitubergesättigten, wassrigen Salzlo sungen und wassrigen Schwefelsäure – losungen beivers chiedenenTemperaturen // Holzals Roh - und Werkstoff. 1960. Jahrg. 18. Heft 7. S. 269 - 272.

9. Забавин И.С., Рудобашта С.П. Исследование равновесной влажности зерна // Труды международного научно-технического семинара «Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов», 11-13 мая 2010г., г. Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия. 2010. С. 330-336.

10. Нуриев Н.Н., Рудобашта С.П**.** Исследование равновесной влажности озонированного зерна // Сб. науч. ТрудовМГАУ «Электрические аппараты и электротехнологии сельского хозяйства». М.: МГАУ. 2002. С. 88-93.

11. Рудобашта С. П., Моряков А.В., Дмитриев В.М**.** // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 8. С.42 – 46.

12. Рудобашта С.П., Зуева Г.А., Зуев Н.А. Гигроскопические свойства семян// Известия вузов. Химия и химическая технология. 2015. Т. 58.Вып. 1. С.68-71.

13. Henderson S.M.A basic concept of equilibrium moisture content// Agricultural Engineering. 1952. V. 33.N 1. P. 29 - 32.

References

1. Malin N.I. Tehnologija hranenija zerna. M.: KolosS. 2005. – 280 s.

2. Zhidko V.I., Rezchikov V.A., Ukolov V.S. Zernosushenie i zernosushilki. M.: Kolos. 1982. –239 s.

3. Ginzburg A.S. Raschet i proektirovanie sushil'nyh ustanovok pishhevoj promyshlennosti. M.: Agropromizdat. 1985. - 336 s.

4. Grishin M.A., Atanazevich V.I., Semenov Ju.G. Ustanovki dlja sushki pishhevyh produktov. M. Agropromizdat. 1989. – 215 s.

5. Rezchikov V.A., Naleev O.N., Savchenko S.V. Tehnologija zernosushenija. Pod red. d.t.n., prof. V.A. Rezchikova. Almaaty. Almaatinskij tehnologicheskij universitet. 2000. – 363 s.

6. Nikitina L.M. Tablicy ravnovesnogo udel'nogo vlagosoderzhanija i jenergii svjazi vlagi s materialami. M.-L.: Gosjenergoizdat. 1963. – 174 s.

7. Atanazevich V.I. Sushka pishhevyh produktov. Spravochnoeposobie. M.: DeLi. 2000. – 295s.

8. SchneiderA. Neue Diagramme znr BestimmungderrelativenLuft - feuchtigkeitubergesättig-ten, wassrigen Salzlo sungen und wassrigen Schwefelsäure – losungen beivers chiedenenTempera-turen // Holzals Roh - und Werkstoff. 1960. Jahrg. 18. Heft 7. S. 269 - 272.

9. Zabavin I.S., Rudobashta S.P. Issledovanie ravnovesnoj vlazhnosti zerna // Trudy mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo seminara «Aktual'nye problemy sushki i termovlazhnostnoj obrabotki materialov», 11-13 maja 2010g., g. Voronezh: Voronezhskaja gosudar-stvennaja lesotehnicheskaja akademija. 2010. S. 330-336.

10. Nuriev N.N., Rudobashta S.P. Issledovanie ravnovesnoj vlazhnosti ozonirovannogo zerna // Sb. nauch. Trudov MGAU «Jelektricheskie apparaty i jelektrotehnologii sel'skogo hozjajstva». M.: MGAU. 2002. S. 88-93.

11. Rudobashta C. P., Morjakov A.V., Dmitriev V.M. // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ja. 2012. № 8. S.42 – 46.

12. Rudobashta S.P., Zueva G.A., Zuev N.A. Gigroskopicheskie svojstva semjan// Iz-vestija vuzov. Himija i himicheskaja tehnologija. 2015. T. 58. Vyp. 1. S.68-71.

13. Henderson S.M.A basic concept of equilibrium moisture content// Agricultural Engi-neering. 1952. V. 33.N 1. P. 29 - 32.

АГРОНОМИЯ, ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 66.081.63

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОБАРОМЕМБРАННОГО АППАРАТА ТРУБЧАТОГО ТИПА ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ

Лазарев Сергей Иванович,
доктор технических наук, профессор, e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru
Ковалева Ольга Александровна,
кандидат технических наук, доцент, e-mail: solomina-oa@yandex.ru.
Шестаков Константин Валерьевич,
аспирант, e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru
Левин Александр Александрович,
магистр, e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов

Реферат. *Известно, что в сельскохозяйственном производстве большое применение находят мембранные методы разделения. Усовершенствована конструкция электробаромембранного аппарата трубчатого типа для разделения технологических растворов, сточных вод, основанное на детальном анализе всех недостатков и преимуществ ранее спроектированных аппаратов, конструкций и устройств в области электробаромембранных, электродиализных и мембранных методов разделения. Простое конструктивное решения аппарата, обеспечивающее течение пермиата самотеком, позволило увеличить скорость отвода прикатодного и прианодного пермеата, в зависимости от схемы подключения электродов и устранить застойные зоны на пути его вывода. В усовершенствованной конструкции достигается уменьшение нагрева прианодного и прикатодного пермеата за счет сокращения времени нахождения пермеата в сборниках прианодного и прикатодного пермеата, благодаря их меньшему объему. Установлены основные конструктивные элементы устройства для разделения растворов и принцип его работы. Разработана методика расчета основных конструктивных параметров созданного устройства и представлен конкретный пример расчета этих элементов. Выявлено, что на данной конструкции электробаромембранного аппарата трубчатого типа без наложения электрического поля можно проводить баромембранные процессы, например, микрофильтрацию, ультрафильтрацию, нанофильтрацию и обратный осмос при разделении растворов агроперерабатывающих производств (сок, вино, пиво, молоко, подсырная сыворотка, послеспиртовая мелассная барда).*

Ключевые слова: *электробаромембранный аппарат, аппарат трубчатого типа, технологические растворы, методика расчета, мембранные методы разделения.*

DESIGN IMPROVEMENT OF TUBULAR TYPE OF ELECTROBAROMEMBRANE APPARATUS FOR TECHNOLOGICAL

SOLUTIONS AND ADVANTAGES

Lazarev Sergey Ivanovich
Full doctor of technical sciences, professor, FGBOU VO Tambov state technical University, Tambov, e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru
Kovaleva Olga Aleksandrovna
Ph.D., associate professor, FGBOU VO Tambov state technical University, Tambov, e-mail: solomina-oa@yandex.ru
Shestakov Konstantin Valer'yevich
postgraduate student FGBOU VO Tambov state technical University, Tambov, e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru
Levin Alexandr Alexandrovich
master, FGBOU VO Tambov state technical University, Tambov, e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru

Abstract. *It is known that in agricultural production, membrane separation methods are widely used. The design of the tubular-type electrobaroembrane apparatus for separation of process solutions, wastewater is improved, based on a detailed analysis of all the shortcomings and advantages of previously designed apparatuses, structures and devices in the field of electrobaromembrane, electrodialysis and membrane separation methods. A simple constructive solution of the apparatus, which ensures the flow of permeat by gravity, has made it possible to increase the rate of withdrawal of the near-cathode and pre-anode permeate, depending on the electrode connection scheme and to eliminate stagnant zones on the way to its withdrawal. A simple constructive solution of the apparatus, which ensures the flow of permeate by gravity, has made it possible to increase the rate of withdrawal of the near-cathode and pre-anode permeate, depending on the electrode connection scheme and to eliminate stagnant zones on the way to its withdrawal. Reduction of the pre-anodic and cathodic permeate heating is achieved by reducing the permeate residence time in the pre-anode and cathode permeate collections, due to their smaller volume in the improved structure. The main structural elements of the device for separation of solutions and the principle of its operation are established. The calculation procedure for the main design parameters of the device created is developed and a concrete example of calculation of these elements is presented. It has been found that it is possible to carry out baromembrane processes on a given tubular-type electrically-armored apparatus without the application of an electric field, for example microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration and reverse osmosis in the separation of agro-processing solutions (juice, wine, beer, milk, whey, post-alcohol molasses).*

Key words: *electrobaromembrane apparatus, tubular type of apparatus, technological solutions, calculation method, membrane separation methods.*

Введение. сельскохозяйственном производстве в последние годы все большее применение находят мембранные методы разделения. Их используют для очистки ферментных растворов при производстве кормов, для сгущения свекловичных растворов, для концентрирования сыворотки при производстве кормового белка, для очистки сточных вод и т.д. Исследованиям и разработкам в этой области посвящено достаточно большое количество работ, которые затрагивают разнообразные аспекты

мембранных процессов и экологические проблемы Этому способствует то, что правильная организация таких процессов обеспечивает ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами очистки. Мембранные процессы разделения отличаются меньшими энергозатратами, простым аппаратурным оформлением, отсутствием вспомогательных реактивов, что повышает общую экологическую характеристику процесса [1,2]. Для разделения растворов широко используются электробаромембранные и электродиализные методы. Анализ предложений, описанных в работах [3-5] по электродиализу, приводит к выводу, что основным недостатком является то, что растворы для установки должны обязательно иметь определенные параметры, такие как приемлемый уровень pH и органолептические свойства. Аппараты для электробаромембранного разделения растворов имеют простую конструкцию, но имеют низкую эффективность разделения растворов [6-9].

Цель данной работы - совершенствование конструкции электробаромембранного аппарата трубчатого типа для разделения технологических растворов. Для реализации этой цели были поставлены задачи, выполнение которых позволило усовершенствовать конструкцию электробаромембранного аппарата: увеличить скорости отвода прикатодного и прианодного пермеата; уменьшить нагрев пермеата; устранить застойные зоны.

Результаты и обсуждение. Процесс работы электробаромембранного аппарата (рисунки 1,2) следующий. Исходный раствор под давлением, превышающим осмотическое давление растворенных в нем веществ, через штуцер ввода исходного раствора 10 подается во внутреннее пространство цилиндрического корпуса с ответными фланцами 1, где постепенно заполняет весь объем. В этот же момент времени к аппарату подводится внешнее постоянное электрическое поле, вызывающее определенную плотность тока в растворе путем подключения клемм устройства для подвода электрического тока 9 через монополярные электроды – анод 5 и катод 6 с приваренными к ним у основания в шахматном порядке правыми и левыми цилиндрическими щупами 21 и 22.

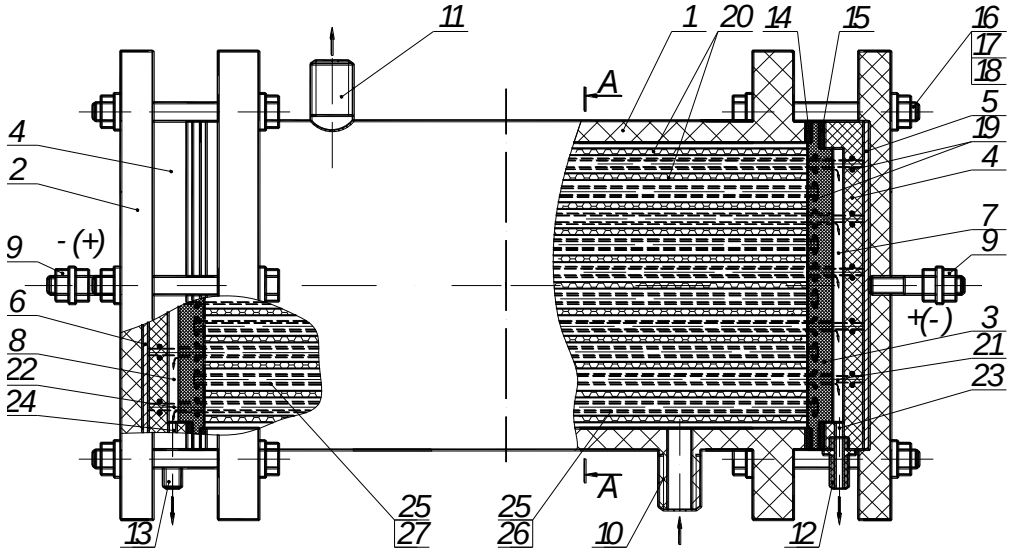
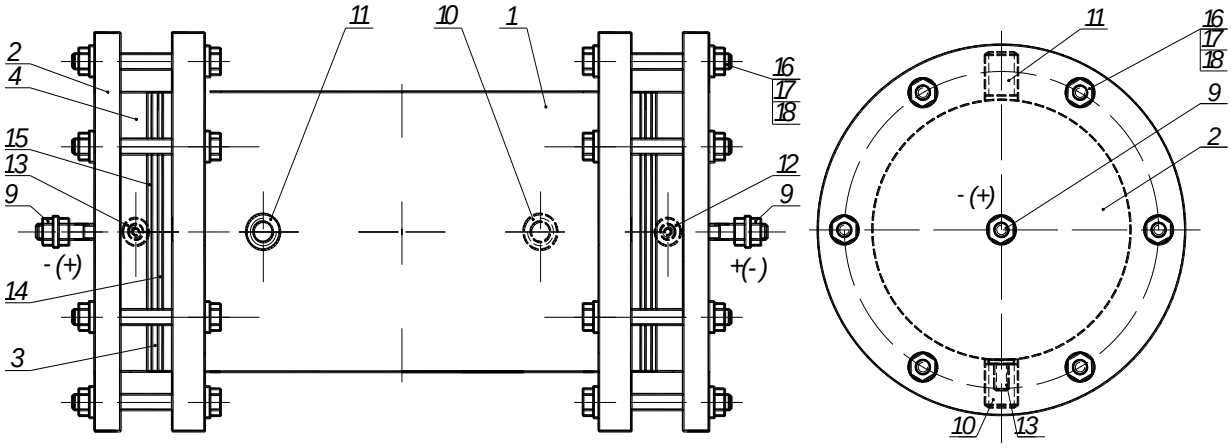


Рисунок 1 – Электробаромембранного аппарата трубчатого типа часть вида и разреза: 1 – цилиндрический корпус; 2 – торцевые фланцы; 3 – трубные решетки; 4 – прижимные решетки; 5,6 – уплотнение монополярные электроды (анод и катод); 7,8 –

сборники прианодного и прикатодного пермеата; 9 – клеммы для подключения электрического тока; 10 – штуцер ввода исходного раствора; 11 – штуцер вывода ретентата; 12,13 - штуцера вывода прианодного и прикатодного пермеата; 14 – прокладка; 15 – уплотнительная прокладка; 16 – болт; 17 – шайба; 18 – гайка; 19 – кольцевая прокладка; 20 – сетка-турбулизатор; 21, 22 – правые и левые цилиндрические щупы; 23, 24 – прианодные и прикатодные каналы для пермеата; 25 – трубки; 26,27 – прикатодные и прианодные мембраны.

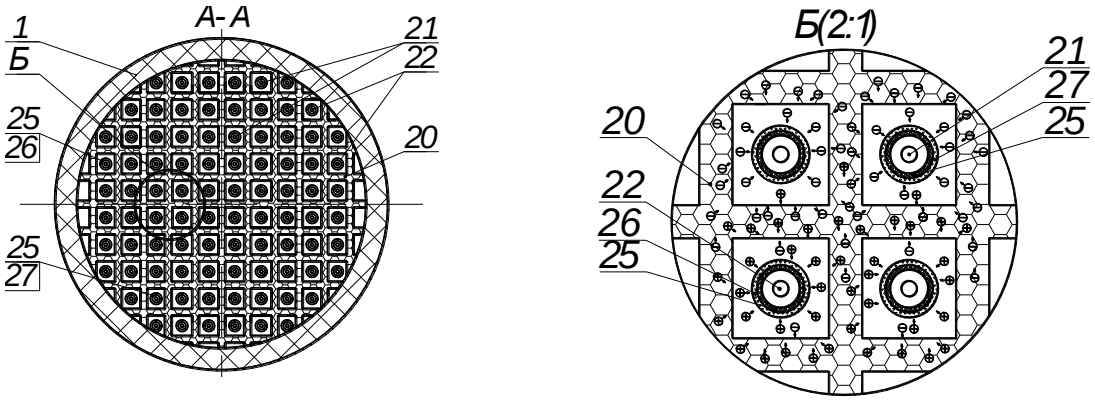


а) б)

Рисунок 2 – Электробаромембранный аппарат трубчатого типа: а - вид сверху; б - вид слева

Раствор, протекающий в межмембранном пространстве между цилиндрическим корпусом с ответными фланцами 1 (рисунок 3 а), трубными решетками 3 и расположенными на трубках 25 прианодными и прикатодными мембранами 27 и 26, двигаясь, перемешивается при помощи сетки-турбулизатора 20.

Под действием электрического тока растворенные вещества диссоциируют на анионы и катионы (рисунок 3 б) и проникают через прианодные и прикатодные мембраны 27 и 26 в трубки 25, а затем и в зазоры между внутренними частями этих трубок и цилиндрическими щупами. Далее вместе с газами, образующимися в результате электрохимических реакций, в виде пермеата самотеком выдавливаются в сборники прианодного и прикатодного пермеата 7 и 8, которые образованы между трубными 3 и прижимными 4 решётками и обеспечивают минимальный зазор в 7 мм. Далее пермеат отводится в виде кислот, оснований и растворенных газов через каналы 23 и 24, расположенные в сечении аппарата от горизонтальной оси под углами $3\pi/2$ и совпадающие с отверстиями вывода прианодного и прикатодного пермеата 12 и 13 в штуцерах, которые вкручены на резьбе в прижимные решётки 4.



а) б)

Рисунок 3– Электробаромембранный аппарат трубчатого типа: а - сечение А-А на рисунке 1, б - вид Б увеличенный на рисунке 4

Предотвращение образования застойных зон на пути вывода прикатодного и прианодого пермеата, а также увеличение скорости отвода достигается за счет того, что пермеат, вытекающий самотеком, попадает в сборники прианодного и прикатодного пермеата, а оттуда без предварительного набора какого-то объема он попадает в каналы прианодного и прикатодного пермеата и отводится таким образом со скоростью отвода самотеком пермеата без образования застойных зон.

Уменьшение нагрева прианодного и прикатодного пермеата достигается за счет того, что сборники прианодного и прикатодного пермеата 7 и 8, по сравнению с прототипом, выполнены меньшей шириной более чем на половину и соответственно объемом, что при одинаковой с прототипом концентрации растворенных веществ в прианодном и прикатодном пермеатах и отсутствием застойных зон, а также увеличенной скорости отвода прианодного и прикатодного пермеата позволяет получать менее перегретый пермеат из-за меньшего по времени нахождения пермеата в сборниках прианодного и прикатодного пермеата.

Увеличение скорости отвода прикатодного и прианодного пермеата и уменьшении их нагрева, а также избавления от застойных зон необходимо при разделении пищевых растворов, например, соков, молока, сыворотки, диффузного сока сахарных производств, крахмально паточных производств, биохимических растворов из-за их закисания и брожения.

Необходимо уделить внимание расчету параметров аппарата. Расчет конструкции сводится к определению следующих параметров:

Объём цилиндра обечайки:

$$V_{об} = \pi r^2 l_{об}, \quad (1)$$

где $l_{об}$ – длина цилиндра обечайки,

Объём камер для сбора прианодного и прикатодного пермеата:

$$V_{сб}{}^{+,-} = 2\pi r^2 l_{сб}, \quad (2)$$

где $l_{сб}$ – длина камеры сбора.

Объём прикатодного и прианодного пермеата:

$$V_{пер}{}^{+,-} = n\pi r_{тр}^2 l_{об} \quad (3)$$

где n – количество мембран, $r_{тб}$ – внутренний радиус трубки.

Обьем камеры разделения:

$$V_{раз} = V_{об} - V_{пер}^{+,-} \quad (4)$$

Отношение *V* камер аппарата:

$$V = \frac{V_{раз}}{V_{пер}^{+,-}} \quad (5)$$

Объём цилиндра обечайки:

$$V_{об} = 3{,}14 \cdot 0{,}35^2 \cdot 1{,}2 = 0{,}46\ м^3$$

Объём камер для сбора прианодного и прикатодного пермеата:

$$V_{сб}^{+,-} = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}35^2 \cdot 0{,}03 = 0{,}023\ м^3$$

Объём прикатодного и прианодного пермеата:

$$V_{пер}^{+,-} = 10 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}03^2 \cdot 1{,}2 = 0{,}034\ м^3$$

Объем камеры разделения:

$$V_{раз} = 0{,}46 - 0{,}034 = 0{,}426\ м^3$$

Отношение камер аппарата:

$$F = \frac{0{,}426}{0{,}034} = 12{,}53$$

На разработанной конструкции электробаромембранного аппарата трубчатого типа без наложения электрического поля можно проводить баромембранные процессы, например, микрофильтрацию, ультрафильтрацию, нанофильтрацию и обратный осмос при разделении растворов сельскохозяйственных, химических, машиностроительных и пищевых производств.

Вывод. Усовершенствование конструкции электробаромембранного аппарата трубчатого типа для разделения технологических растворов, позволило устранить недостатки ранее спроектированных аппаратов в области электробаромембранных и электродиализных методов разделения, где удалось увеличить скорость отвода прикатодного и прианодного пермеата, уменьшить нагрев пермеата, а также устранить застойные зоны.

Список литературы

1. Абоносимов О.А. Научные и практические основы электробаромембранной технологии в процессах химической водоподготовки и регенерации промышленных растворов гальванопроизводств/ диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, ФГБОУ ВО "Тамбовский государственный технический университет". Тамбов, 2016

2. Абоносимов О.А., Лазарев С.И., Стрельников А.Е., Дмитриев В.М., Котенев С.И. Экологическая эффективность электробаромембранного удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод агропромышленных предприятий // Наука в центральной России. 2017. № 5 (29). С. 101-109.

3. Способ очистки концентрированных водных растворов глиоксаля от примесей органических кислот: пат. 2358911. Рос. Федерация: МПК C02F1/469 / Непомнящих Д.В. [и др.]; заявитель и патентообладатель ОАО «Федеральный научно-производственный центр «Алтай», ФГБОУ ВПО «Томский государственный университет». – №2010152799/05, заявл. 20.06.2009; опубл. 24.12.2010, Бюл. №17.

4. Способы электродиализа: пат. 1810088 СССР: МПК B01D61/44 / Балавадзе Э.М. [и др.]; заявитель и патентообладатель Тамбовский филиал Опытно-конструкторского

бюро нестандартного оборудования и разработки технологических процессов и Научно-исследовательское общество «Пластмассы». – №4929476/26, заявл. 19.04.91; опубл. 23.04.1993, Бюл. №15.

5. Способ концентрирования растворов электролитов и электродиализатор для его осуществления: пат. 2398618 Рос. Федерация: МПК B01D61/42, B01D61/46 / Заболоцкий В.И. [и др.]; заявитель и патентообладатель ООО Инновационное предприятие "Мембранная технология. – № 2008137905/15, заявл. 22.09.2008; опубл. 10.09.2010, Бюл. №25.

6. Электробаромембранный аппарат рулонного типа: пат. 2268085 Рос. Федерация: МПК B01D61/42 / Лазарев С.И. [и др.]; заявитель и патентообладатель Тамбовский государственный технический университет. – № 2004108277/15, заявл. 22.03.2004; опубл. 20.01.2006, Бюл. №02.

7. Электробаромембранный аппарат рулонного типа: пат. 2326721 Рос. Федерация: МПК B01D61/42 / Лазарев С.И. [и др.]; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «ТГТУ» – № 2006127854/15, заявл. 31.07.2006; опубл. 20.06.2008, Бюл. №17.

8. Электробаромембранный аппарат плоскокамерного типа: пат. 2324529 Рос. Федерация: МПК B01D61/42 / Лазарев С.И. [и др.]; заявитель и патентообладатель Тамбовский государственный технический университет. – № 2006100139/15, заявл. 10.01.2006; опубл. 20.05.2008, Бюл. №14.

9. Электробаромембранный аппарат плоскокамерного типа: пат. 2447930 Рос. Федерация: МПК B01D61/14, B01D61/42 / Ковалев С.В. [и др.]; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «ТГТУ» – № 2010144096/05, заявл. 27.10.2010; опубл. 20.04.20012, Бюл. №11.

References

1. Abonosimov O.A. Nauchnye i prakticheskie osnovy jelektrobaromembrannoj tehnologii v processah himicheskoj vodopodgotovki i regeneracii promyshlennyh rastvorov gal'vanoproizvodstv/ dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehnicheskih nauk , FGBOU VO "Tambovskij gosudarstvennyj tehnicheskij universitet". Tambov, 2016

2. Abonosimov O.A., Lazarev S.I., Strel'nikov A.E., Dmitriev V.M., Kotenev S.I. Jekologicheskaja jeffektivnost' jelektrobaromembrannogo udalenija ionov tjazhelyh metallov iz stochnyh vod agropromyshlennyh predprijatij // Nauka v central'noj Rossii. 2017. № 5 (29). S. 101-109.

3. Sposob ochistki koncentrirovannyh vodnyh rastvorov glioksalja ot primesej organicheskih kislot: pat. 2358911. Ros. Federacija: MPK C02F1/469 / Nepomnjashhih D.V. [i dr.]; zajavitel' i patentoobladatel' OAO «Federal'nyj nauchno-proizvodstvennyj centr «Al-taj», FGBOU VPO «Tomskij gosudarstvennyj universitet». – №2010152799/05, zajavl. 20.06.2009; opubl. 24.12.2010, Bjul. №17.

4. Sposoby jelektrodializa: pat. 1810088 SSSR: MPK B01D61/44 / Balavadze Je.M. [i dr.]; zajavitel' i patentoobladatel' Tambovskij filial Opytno-konstruktorskogo bjuro nestandartnogo oborudovanija i razrabotki tehnologicheskih processov i Nauchno-issledovatel'skoe obshhestvo «Plastmassy». – №4929476/26, zajavl. 19.04.91; opubl. 23.04.1993, Bjul. №15.

5. Sposob koncentrirovanija rastvorov jelektrolitov i jelektrodializator dlja ego osushhestvlenija: pat. 2398618 Ros. Federacija: MPK B01D61/42, B01D61/46 / Zabolockij V.I.

[i dr.]; zajavitel' i patentoobladatel' OOO Innovacionnoe predprijatie "Membrannaja tehnologija. – № 2008137905/15, zajavl. 22.09.2008; opubl. 10.09.2010, Bjul. №25.

6. Jelektrobaromembrannyj apparat rulonnogo tipa: pat. 2268085 Ros. Federacija: MPK B01D61/42 / Lazarev S.I. [i dr.]; zajavitel' i patentoobladatel' Tambovskij gosudarstvennyj tehnicheskij universitet. – № 2004108277/15, zajavl. 22.03.2004; opubl. 20.01.2006, Bjul. №02.

7. Jelektrobaromembrannyj apparat rulonnogo tipa: pat. 2326721 Ros. Federacija: MPK B01D61/42 / Lazarev S.I. [i dr.]; zajavitel' i patentoobladatel' GOU VPO «TGTU» – № 2006127854/15, zajavl. 31.07.2006; opubl. 20.06.2008, Bjul. №17.

8. Jelektrobaromembrannyj apparat ploskokamernogo tipa: pat. 2324529 Ros. Federacija: MPK B01D61/42 / Lazarev S.I. [i dr.]; zajavitel' i patentoobladatel' Tambovskij gosudarstvennyj tehnicheskij universitet. – № 2006100139/15, zajavl. 10.01.2006; opubl. 20.05.2008, Bjul. №14.

9. Jelektrobaromembrannyj apparat ploskokamernogo tipa: pat. 2447930 Ros. Federacija: MPK B01D61/14, B01D61/42 / Kovalev S.V. [i dr.]; zajavitel' i patentoobladatel' GOU VPO «TGTU» – № 2010144096/05, zajavl. 27.10.2010; opubl. 20.04.20012, Bjul. №11.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ (АПК И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО)

УДК 331.5(470.40)

РЕГИОНАЛЬНЫЙ РЫНОК ТРУДА: ПРОБЛЕМЫ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

Шпагина Ирина Евгеньевна
кандидат экономических наук, доцент кафедры «Бухгалтерский учет, анализ и аудит»
e-mail: irina.shpagina@mail.ru
Павлова Ирина Валентиновна
кандидат экономических наук, доцент кафедры «Бухгалтерский учет, анализ и аудит»
Лаврина Ольга Викторовна
кандидат экономических наук, доцент кафедры «Бухгалтерский учет, анализ и аудит» e-mail: lavrina_ola@mail.ru
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», Пенза

Реферат. *Известно, что рынок труда - это система социально-экономических отношений, связанных с установлением и соблюдением баланса интересов между трудящимися, предпринимателями и государством, на которую имеют влияние экономические, социальные, политические и демографические факторы. При анализе рынка труда региона выявлены следующие показатели, характеризующие его состояние. В Пензенской области в 2016 г. численность рабочей силы составила 708619 человек, в том числе занятые – 675931 человек, или 95,4 % при уровне безработицы 4,6 %, что является положительным моментом против уровня 2009 г. (92,1 % и 7,9 %, соответственно). Увеличение занятости наблюдается с 2010 года. Наибольшее количество занятых в регионе приходится на возрастную группу 50-54 года при среднем возрасте 42,3 года. По уровню образования на первом месте находятся работники со средним профессиональным образованием – 30,6 %, на втором – с высшим (28,7 %). Более половины работающего населения области занято в торговле, обрабатывающих производствах и сельском хозяйстве. В 2016 г. уровень участия в рабочей силе достиг максимума - 68,7 %, что на 10,5 % выше по сравнению с 2004 г. Особенностью российской безработицы является высокий удельный вес квалифицированных работников. В 2016 г. безработные, имеющие высшее образование, составили 16,0 %. Отмечено, что несоответствие между потребностью населения в трудоустройстве в соответствии со своими способностями и профессиональными знаниями и потребностью в кадрах обусловлено банкротством действующих предприятий, сокращением рабочих мест. Поэтому работники вынуждены искать работу не по специальности, либо заниматься самозанятостью. Определено, что для улучшения ситуации на рынке труда региона целесообразно оказание содействия предпринимательской деятельности со стороны региональных властей, создание бизнес-центров и т.д. Это позволит создать условия*

для трудоустройства граждан, повысить качество и конкурентоспособность рабочей силы.

Ключевые слова: *рынок труда, рабочая сила, безработица, занятость*

REGIONAL LABOR MARKET: PROBLEMS AND MAIN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT

Shpagina Irina
PhD of Economics, Associate professor, Department «Accounting, analysis and audit»,
e-mail: irina.shpagina@mail.ru
Павлова Ирина,
PhD of Economics, Associate professor, Department «Accounting, analysis and audit»,
Лаврина Ольга Викторовна,
PhD of Economics, Associate professor, Department «Accounting, analysis and audit»,
e-mail: lavrina_ola@mail.ru
FGBOU VO "Penza State Agrarian University", Penza

Abstract*. It is known that the labor market is a system of socio-economic relations connected with the establishment and observance of a balance of interests between workers, entrepreneurs and the state, influenced by economic, social, political and demographic factors. When analyzing the labor market in the region, the following indicators characterizing his state were identified. The number of labor in the Penza region in 2016 was 708,619 people, including 675931 people employed, or 95.4% with an unemployment rate of 4.6%, which is a positive indicator against the level of 2009 (92.1% % and 7.9%, respectively). The increase in employment has been observed since 2010. The largest number of employed in the region falls on the age group of 50-54 years with an average age of 42.3 years. In terms of education level, workers with secondary vocational education - 30.6%, in the second place - with higher education (28.7%) are on the first place. More than half of the region's working population is engaged in trade, manufacturing and agriculture. In 2016, the level of participation in the workforce reached a maximum of 68.7%, which is 10.5% higher than in 2004. The peculiarity of Russian unemployment is the high proportion of skilled workers. In 2016, unemployed, having a higher education, accounted for 16.0%. It is noted that the discrepancy between the population's need for employment in accordance with their abilities and professional knowledge and the need for personnel is due to the bankruptcy of existing enterprises, the reduction of jobs. Therefore, workers are forced to seek work not in their specialty, or engage in self-employment. It is determined that in order to improve the situation in the labor market of the region, it is advisable to support the entrepreneurial activity by the regional authorities, the creation of business centers, etc. This will create conditions for employment of citizens, improve the quality and competitiveness of the workforce.*

Keywords: *labor market, labor force, employment, unemployment*

Введение. В настоящее время развитие экономики региона и страны в целом во многом определяется состоянием и уровнем развития рынка труда и занятости населения. Рынок труда представляет собой систему социально-экономических отношений, связанных с установлением и соблюдением баланса интересов между

трудящимися, предпринимателями и государством, которая основывается на исторически сложившемся специфическом общественном механизме государственного регулирования. При этом происходит обмен трудовых услуг на материальные или иные выгоды. Международная организация труда (МОТ) определяет рынок труда как сферу, где предприниматели и экономически активное население (рабочая сила) совместно ведут переговоры относительно заработной платы и условий труда.

Рынок труда, как и любой другой рынок, подчиняется рыночным законам и характеризуется такими понятиями как спрос и предложение, то есть имеется предложение рабочей силы, спрос на рабочую силу и цена рабочей силы, которая выражается в заработной плате и других видах вознаграждений. При этом на спрос и предложение на рынке труда влияют различные факторы, к которым можно отнести как экономические, так и социальные и политические, а также демографические. [1,2,3]

Одним из важнейших факторов является экономическая конъюнктура, которая характеризует состояние экономики региона, страны. Спрос на труд увеличивается, если экономика страны находится на высоком уровне, и сокращается в условиях кризиса. Это связано с тем, что благоприятные экономические условия, сопровождаются ростом доходов населения и покупательной способности, что соответственно приводит к росту спроса на различные товары и увеличению производства. Кроме того, на соотношение спроса и предложения на рынке труда оказывает влияние развитие технологий. Спрос на труд уменьшается при высокой технической оснащенности и автоматизации производства. Однако в то же время наблюдается увеличение спроса на труд в отраслях, производящих и обслуживающих новую технику.

К социальным факторам, определяющим особенности организации условий для трудовой деятельности, можно отнести уровень образования населения, уровень развития здравоохранения, уровень развития инфраструктуры и др.

Политические факторы связаны с политической обстановкой и государственным регулированием трудовой сферы. В их составе выделяют такие взаимосвязанные факторы, как наличие законодательной и нормативной базы регулирования трудовых отношений, политические события, происходящие как внутри страны, так и за ее пределами, санкции и др.

Демографические факторы также оказывают значительное влияние на состояние рынка труда региона, так как связаны с особенностями воспроизводства населения (возрастно-половая структура населения, рождаемость, смертность, миграция). Для России характерно неравномерное распределение населения на территории страны, что в свою очередь приводит к переизбытку спроса в отдельных регионах и недостатку в других. Уровень заработной платы при этом также существенно различается в регионах. По данным официальной статистики [4] в Российской Федерации средняя заработная плата в целом по экономике в 2016 г. составила 36709 руб. В Пензенской области данный показатель значительно ниже (на 30,98 %) и составил 25337 руб.

Проведение анализа рынка труда региона напрямую связано с оценкой уровня занятости, безработицы, участия в рабочей силе и других показателей, характеризующих его состояние.

Федеральный закон «О занятости населения в Российской Федерации» определяет занятость как деятельность граждан, связанную с удовлетворением личных и общественных потребностей, не противоречащую действующему законодательству и приносящую, как правило, заработок (трудовой доход). [5]

В статистике к занятому населению относятся лица в возрасте 15 лет и старше, которые в рассматриваемый период выполняли любую работу хотя бы один час в неделю по найму за вознаграждение деньгами или натурой, а также не по найму для получения прибыли или семейного дохода; временно отсутствовали на работе; выполняли работу без оплаты на семейном предприятии в качестве помогающих. Занятыми считаются также лица, выполняющие работы по производству в домашнем хозяйстве продукции, предназначенной для реализации (полностью или частично). [6]

В сложившихся условиях в нашей стране структура занятости населения резко поменялась. Изменение экономической обстановки России высвободило работников из материальной и нематериальной сфер экономики, и тем самым, увеличило явную безработицу. Кроме того, растет скрытая безработица за счет лиц, самостоятельно ищущих работу, находящихся в частично оплачиваемых или полностью неоплачиваемых отпусках, работающих не по своему желанию неполный рабочий день или неделю и т. д. Безработица имеет место в каждой стране и отличается только ее уровнем.

К безработным в соответствии с определениями МОТ относятся лица в возрасте, установленном для измерения численности рабочей силы, которые в рассматриваемый период удовлетворяли одновременно следующим критериям:

- не имели работы (доходного занятия);
- занимались поиском работы в течение четырех недель, предшествующих обследуемой неделе, используя при этом любые способы;
- были готовы приступить к работе. [6]

К безработным относятся также лица, которые в рассматриваемый период не имели работы, но договорились о сроке начала работы (в течение двух недель после обследуемой недели), и не продолжали дальнейшего ее поиска; не имели работы, были готовы приступить к ней, но не искали работу, так как ожидали ответа от администрации или работодателя на сделанное ранее обращение. При этом период ожидания ответа не должен превышать один месяц. Учащиеся, студенты, пенсионеры и инвалиды учитываются в качестве безработных, если они занимались поиском работы и готовы приступить к ней.

Обсуждение результатов.

В Пензенской области в 2016 г. по данным статистики численность рабочей силы составила 708619 человек, в том числе занятые – 675931 человек, или 95,4 % и безработные – 32688 человек, или 4,6 % (таблица 1).

Таблица 1 – Рабочая сила в Пензенской области за 2004-2016 гг.

Годы	Рабочая сила, человек			Уровень занятости, %	Уровень безработицы, %	Уровень участия в рабочей силе, %
	всего	в том числе				
		занятые	безработные			
2004	697756	649685	48071	93,1	6,9	62,2
2005	714507	667785	46722	93,5	6,5	63,9

2006	711237	664776	46461	93,5	6,5	63,8
2007	685914	650412	35502	94,8	5,2	61,8
2008	709324	653974	55350	92,2	7,8	64,1
2009	688801	634323	54478	92,1	7,9	62,7
2010	682788	638012	44776	93,4	6,6	62,4
2011	689102	652396	36706	94,7	5,3	63,5
2012	702827	668323	34504	95,1	4,9	65,5
2013	705579	672006	33573	95,2	4,8	65,8
2014	711024	678446	32578	95,4	4,6	67,3
2015	701950	669117	32833	95,3	4,7	67,3
2016	708619	675931	32688	95,4	4,6	68,7

Данные таблицы показывают, что численность экономически активного населения колеблется в период с 2004 по 2010 годы, а начиная с 2010 года наблюдается тенденция к ее увеличению, причем наименьшим данный показатель был именно в 2010 г. (682,8 тыс. чел.), а наибольшая численность рабочей силы – в 2005 г. (714,5 тыс. чел.). В первую очередь это связано с демографической обстановкой, сложившейся в регионе и в стране в целом.

Численность рабочей силы анализируется также с точки зрения возрастно-полового состава и уровня образования. По данным статистики [6] наибольшее количество занятых в Пензенской области приходится на возрастную группу от 50 до 54 лет. Этот же показатель соответствует числу занятых женщин. Однако у мужчин наибольшая занятость наблюдается в возрастной группе от 20 до 24 лет. При этом средний возраст занятого населения в Пензенской области в 2016 г. составил 42,3 года. Что касается уровня образования, то на первом месте в Пензенской области находятся работники, имеющие среднее профессиональное образование по программе подготовки специалистов среднего звена – 217 тыс. чел., или 30,6 % от общей численности экономически активного населения, на втором – работники, имеющие высшее образование – 203,7 тыс. чел., или 28,7 %.

Более половины работающего населения области на сегодняшний день занято в таких сферах экономической деятельности, как оптовая и розничная торговля и ремонт – 127,4 тыс. чел., или 18,8 %, обрабатывающие производства – 101,5 тыс. чел., или 15,0 % и сельское и лесное хозяйство – 83,9 тыс. чел., или 12,4 %. Почти по 10 % приходится на работников образования и строительства. Похожая ситуация наблюдается и в других регионах Приволжского федерального округа.

Для оценки состояния рынка труда важным показателем является количество человек, относящееся к экономически активному населению, в сравнении с общей численностью, что представляет собой уровень участия в рабочей силе. Таким образом, уровень участия в рабочей силе определяется как отношение численности рабочей силы региона (страны) к общей численности населения региона (страны). В Пензенской области в 2016 г. данный показатель достиг максимума за весь анализируемый период и составил 68,7 %. Однако степень участия городского и сельского населения различается. Если для городского населения ее значение в сравнении со всем населением превышает на 2 пункта и составляет 70,7 %, то для сельского населения она

меньше на 4,2 пункта и составляет 64,5 %. То есть большее число граждан в трудоспособном возрасте проживает в городе. При этом наблюдается преобладание уровня участия в рабочей силе лиц мужского пола над уровнем участия женщин как для городского населения, так и для сельского. В целом динамику уровня экономической активности населения можно отметить как положительную, так как начиная с 2010 г. он постоянно увеличивается. И по сравнению с 2004 г. уровень участия в рабочей силе вырос на 10,5 %.

Состояние рынка труда характеризуется не только численностью рабочей силы, которая включает занятых и безработных, но и уровнем занятости и безработицы. За последние три года в Пензенской области наблюдаются самые высокие значения уровня занятости (при незначительном снижении в 2015 г.) – 95,4 % при уровне безработицы 4,6 %, что является положительным моментом против уровня 2009 г. (92,1 % и 7,9 % соответственно). Данный показатель сложился на уровне Приволжского федерального округа, где он также составляет 95,4 %г. Если сравнивать с данными по Российской Федерации, то он выше на 0,9 пункта, уровень занятости в целом по стране в 2016 г. составил 94,5 %.

Так как степень участия в рабочей силе городского и сельского населения неравнозначна, соответственно и уровень занятости по ним также отличается (рисунок 1).

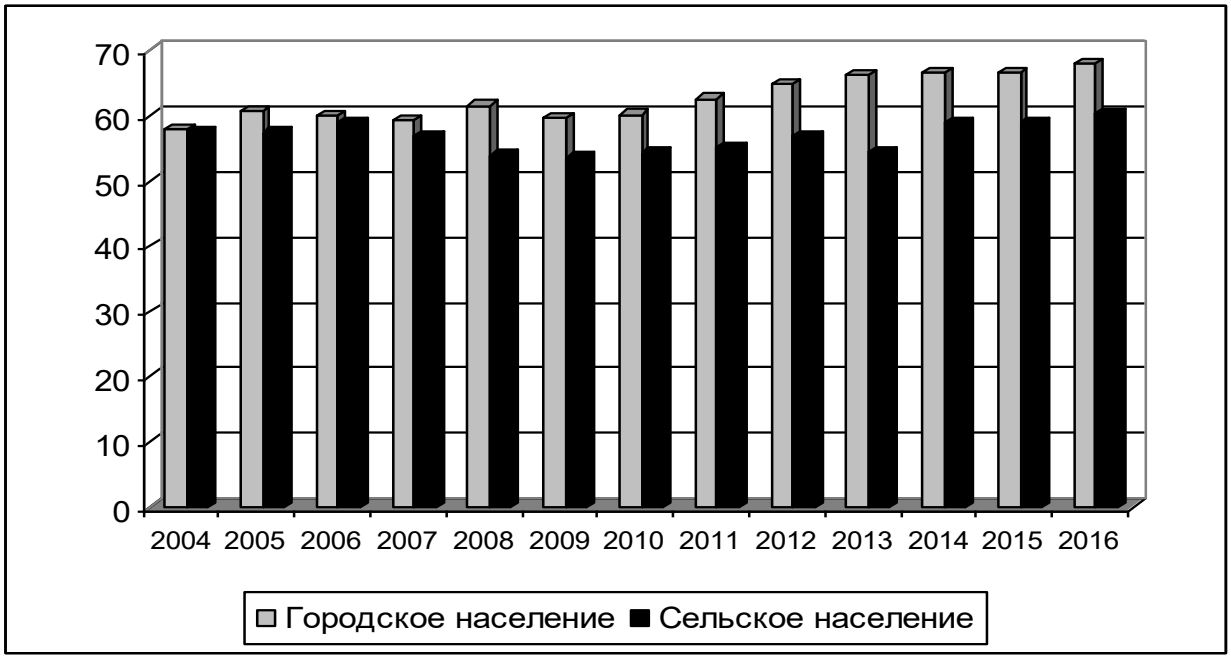


Рисунок 1 – Динамика уровня занятости городского
и сельского населения в Пензенской области, %

Как видно из рисунка, уровень занятости городского населения в отношении с общей численностью колеблется от 58,0 % в 2004 г. до 67,9 % в 2016 г. Уровень занятости сельского населения ниже - от 53,6 % в 2009 г до 60,3 % в 2016 г. Наибольший разрыв между занятостью городского и сельского населения наблюдается в 2013 г. – на 11,9 пунктов.

Анализ рынка труда невозможен без характеристики такого показателя как безработица. Как было отмечено, уровень безработицы в настоящее время в Пензенской области составляет 4,6 %, что соответствует минимальному значению за весь рассматриваемый период. Средний возраст безработных в 2016 г. 37 лет. [6] Наибольшее количество безработных в регионе приходится на возрастную группу от 30 до 34 лет. В целом по Российской Федерации и ПФО данный показатель относится к возрастной группе от 20 до 29 лет.

Особенностью российской безработицы является не только возраст лиц, занимающихся поиском работы, но и довольно высокий удельный вес квалифицированных работников. Так, в 2016 г. наибольшая доля в структуре безработных по уровню образования приходилась на лиц, имеющих образование по программе подготовки специалистов среднего звена (31,6 %). Безработные, имеющие высшее образование, составили 16,0 % от общего числа безработных. Таким образом, можно отметить несоответствие между потребностью населения в трудоустройстве в соответствии со своими способностями и профессиональными знаниями и потребностью в кадрах по региону, как и по стране в целом. Это обусловлено банкротством и ликвидацией промышленных, сельскохозяйственных, перерабатывающих предприятий, а соответственно и сокращением рабочих мест, в связи с чем работники вынуждены искать работу не по своей специальности, либо переквалифицироваться, либо заниматься самозанятостью, а также с задержками предприятий в создании для выпускников высших учебных заведений (вузов) соответствующих их квалификации рабочих мест. Кроме того, не всегда работа по специальности удовлетворяет уровню заработной платы или условиями труда и т.д. [7]. Проблемы рынка труда и занятости населения непосредственно связаны со сложившимися в регионе экономическими условиями, зависят от них, но также и оказывают влияние на все сферы жизни общества. В связи с этим необходимым является развитое социальное законодательство, выплаты по безработице, пенсионные выплаты, развитие здравоохранения и т.д.

В целом можно отметить некоторое улучшение ситуации на рынке труда по сравнению с кризисным периодом 2009-2011 годов, показатели безработицы снижаются, растет спрос работодателей на работников и, соответственно, увеличиваются показатели трудоустройства. В связи с чем напряженность на рынке труда Пензенской области в 2016 г.сократилась с 0,91 до 0,78 человек на одно свободное рабочее место. На эти показатели повлияло также осуществление мероприятий в соответствии с государственной программой «Содействие занятости населения в Пензенской области», утвержденной постановлением Правительства Пензенской области от 08.10.2016 г. № 752- пП, которая направлена на обеспечение социальной стабильности [8].

Заключение. Для улучшения состояния рынка труда региона целесообразно использовать следующие мероприятия:

- усиление взаимосвязи между рынком труда и профессиональным образованием, опережающее обучение и переподготовку экономически активного населения под уже имеющиеся и вновь создаваемые рабочие места;

- формирование эффективной системы мотивации труда работников с учетом материальных, социальных и моральных факторов повышения производительности труда;

- создание бизнес-центров в городах и районах региона;

- оказание содействия предпринимательской деятельности путем предоставления субсидий для организации собственного дела со стороны региональных властей;

- поддержка региональными властями развития самозанятости населения в отношении обеспечения необходимыми ресурсами и реализации их продукции, развития экологически чистого туризма и т.д.

Все это позволит создать условия для трудоустройства граждан, повысить качество и конкурентоспособность рабочей силы на региональном рынке труда, сократить безработицу и увеличить уровень участия в рабочей силе, что в итоге положительно повлияет на экономику региона в целом.

Список литературы

1. Лаврина, О.В. Состояние рынка труда и занятости населения в Пензенской области / О.В. Лаврина // Проблемы экономики в общегосударственном и региональном масштабах: сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – С. 51 - 55

2. Попкова, И.С. Занятость населения / И.С.Попкова // Экономика и менеджмент инновационных технологий, 2016. - № 11 [Электронный ресурс]. URL: http://ekonomika.snauka.ru/2016/11/12971

3. Таланова, А.В. Рынок труда и занятость населения / А.В. Таланова // Экономика и менеджмент инновационных технологий, 2014. - № 4 [Электронный ресурс]. URL: http://ekonomika.snauka.ru/2014/04/4834

4. Рынок труда, занятость и заработная плата. [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – URL: http://www.gks.ru/

5. Закон РФ от 19.04.1991 № 1032-1 (ред. от 28.12.2016) «О занятости населения в Российской Федерации». [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс: Законодательство: Версия Проф. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60/

6. Рынок труда и занятость населения в 2016 году. Статистический бюллетень. – Пенза: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пензенской области, 2017. – 30 с.

7. Старостина, К.И. Анализ основных проблем занятости регионов. Государственное регулирование занятости на примере Пензенской области / К.И. Старостина, Т.В. Учаева // Современные проблемы науки и образования, 2015. – № 1. – С. 87-90.

8. Постановление Правительства Пензенской области от 08.10.2016 г. № 752- пП «Содействие занятости населения в Пензенской области» [Электронный ресурс] // официальный сайт Министерства труда, социальной защиты и демографии Пензенской области. – URL: http://trud.pnzreg.ru/znpo/nd

References

1. Lavrina, O.V. Sostojanie rynka truda i zanjatosti naselenija v Penzenskoj oblasti / O.V. Lavrina // Problemy jekonomiki v obshhegosudarstvennom i regional'nom masshtabah: sbornik materialov IV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Penza: RIO PGSHA, 2016. – S. 51 55

2. Popkova, I.S. Zanjatost' naselenija / I.S.Popkova // Jekonomika i menedzhment innovacionnyh tehnologij, 2016. № 11 [Jelektronnyj resurs]. URL: http://ekonomika.snauka.ru/2016/11/12971

3. Talanova, A.V. Rynok truda i zanjatost' naselenija / A.V. Talanova // Jekonomika i me-nedzhment innovacionnyh tehnologij, 2014. № 4 [Jelektronnyj resurs]. URL: http://ekonomika.snauka.ru/2014/04/4834

4. Rynok truda, zanjatost' i zarabotnaja plata. [Jelektronnyj resurs] // Oficial'nyj sajt Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki. – URL: http://www.gks.ru/

5. Zakon RF ot 19.04.1991 № 1032-1 (red. ot 28.12.2016) «O zanjatosti naselenija v Ros-sijskoj Federacii». [Jelektronnyj resurs] // SPS Konsul'tantPljus: Zakonodatel'stvo: Versija Prof. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60/

6. Rynok truda i zanjatost' naselenija v 2016 godu. Statisticheskij bjulleten'. – Penza: Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Penzenskoj oblasti, 2017. – 30 s.

7. Starostina, K.I. Analiz osnovnyh problem zanjatosti regionov. Gosudarstvennoe regulirovanie zanjatosti na primere Penzenskoj oblasti / K.I. Starostina, T.V. Uchaeva // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija, 2015. – № 1. – S. 87-90.

8. Postanovlenie Pravitel'stva Penzenskoj oblasti ot 08.10.2016 g. № 752- pP «So-dejstvie zanjatosti naselenija v Penzenskoj oblasti» [Jelektronnyj resurs] // oficial'nyj sajt Ministerstva truda, social'noj zashhity i demografii Penzenskoj oblasti. – URL: http://trud.pnzreg.ru/znpo/nd

Отпечатано ООО «Максимал информационные технологии»
398007, г. Липецк, ул. Ушинского, 8
Email: naukacr@yandex.ru. Тел. +7 (920) 246-20-64:
Подписано в печать 25.12.2017 Заказ № 60513-01
Формат 60х84/8. Бумага офсетная. Печать электрографическая.
Гарнитура Times. Объем – 13,49 усл. печ. л. Тираж 100 экз.