

На правах рукописи



БАЛАШОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ
САХАРНОЙ СВЕКЛЫ АГРЕГАТАМИ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОГО ПО-
СТРОЕНИЯ НА БАЗЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ЭНЕРГОСРЕДСТВА**

Специальность: 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Мичуринск-наукоград РФ, 2020

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» и федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет».

Научный консультант – доктор технических наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки и техники **Завражнов Анатолий Иванович**.

Официальные оппоненты:

Василенко Владимир Васильевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», кафедра «Сельскохозяйственные машины, тракторы и автомобили», профессор.

Гуреев Иван Иванович, доктор технических наук, профессор, заслуженный изобретатель РФ, ФГБНУ «Курский федеральный аграрный центр» – Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почвы от эрозии, лаборатория «Адаптивные агротехнологии и средства их механизации», заведующий.

Крючин Николай Павлович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет», кафедра «Механика и инженерная графика», заведующий.

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова».

Защита состоится 14 мая 2020 года в 10-00 часов на заседании объединенного диссертационного совета Д 999.179.03, созданного на базе ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» по адресу: 393760, Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101, корпус 1, зал заседаний диссертационных советов, тел./факс (47545) 9-44-12, E-mail: dissov@mgau.ru.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ и на сайте www.mgau.ru, с авторефератом – на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации www.vak.ed.gov.ru.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью организации, с указанием индекса, почтового адреса, телефона, электронной почты и сайта организации, фамилии, имени, отчества лица, подготовившего отзыв, просим направлять ученому секретарю диссертационного совета.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2020 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Николай Владимирович Михеев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. За последние пять лет валовой сбор, и урожайность сахарной свеклы превысили показатели, предусмотренные целевым индикатором Государственной программы и Концепцией развития свеклосахарного комплекса в Российской Федерации (2008-2020 гг.) и достигли более 50 млн. т. и 47 т/га, соответственно. Это позволило добиться за последние три года среднегодового производства свекловичного сахара в объеме более 6 млн. т и обеспечить экспорт сахара в объеме более 400 тыс. тонн. Полученный объем сахара гарантировал его потребление в пределах медицинской нормы (38-39 кг на одного человека) и самообеспеченность страны сахаром. При этом себестоимость производства 1 тонны сахарной свеклы в 2018 году увеличилась на 30% и составила 2280 руб. при закупочной цене в 2700 руб. Дальнейшее снижение себестоимости производства возможно за счет совершенствования технологии возделывания и уборки сахарной свеклы и применения высокоурожайных сортов, эффективных удобрений и средств химической защиты растений. Совершенствование технологии направлено на ресурсосбережение, предполагающее выполнение совмещенных технологических операций на базе многофункциональных комбинированных машин и агрегатов, которые способны адаптироваться к изменяющимся почвенно-климатическим и производственным условиям. Своевременное и качественное выполнение технологических операций путем создания машин с новыми рабочими органами и модернизации используемых машин позволит обеспечить оптимальные условия для роста и развития растений, повышение урожайности сахарной свеклы и получение не менее 7-8 т сахара с 1 га. В связи с этим, научные исследования, направленные на совершенствование технологии возделывания и уборки сахарной свеклы с применением высокопроизводительных комбинированных агрегатов, составленных из интегрального универсально-пропашного энергетического средства и блочно-модульных сельскохозяйственных машин обеспечивающих рациональное использование ресурсов и увеличение урожайности культуры, являются актуальной научной проблемой, имеющей важное хозяйственное значение.

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (ФГБНУ ВНИИТиН) в соответствии с заданиями и темами Россельхозакадемии и Федерального агентства научных организаций (ФАНО): 04.02.03 «Провести исследования и разработать методы и средства агрегатирования сельскохозяйственных машин с тракторами, определить рациональные режимы их использования» на 2001-2003 гг., приказом Министерства сельского хозяйства РФ № 91 от 02.02.2001 «О пилотных проектах»; 04.02.01 и 04.02.04 «Разработать методы адаптации машинно-тракторных агрегатов и новых энергетических средств к изменяющимся условиям их использования в технологиях производства сельскохозяйственных культур» на 2004-2006 гг. и 2007-2009 гг.; 09.03.05.09 «Разработать методические положения по применению современных комплексов сельскохозяйственных машин и оборудования для производства зерновых культур и сахарной свеклы в условиях ЦФО»

на 2010 г.; 09.04.06.05 «Разработать исходные требования на модернизацию пропашной сеялки для высева макрокапсулированных семян сои и конструкторскую документацию для изготовления опытного образца» на 2011 г.; 09.01.03 «Разработать методы, программы, алгоритмы и технические средства для управления производственными процессами уборки и возделывания различных сельскохозяйственных культур» на 2012-2013 гг.; 0648-2014-0009(0017) «Разработать новый метод технологического воздействия на почвенную среду и растения» на 2014-2016 гг. и федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ»).

Степень разработанности темы.

В разработку методологических основ обоснования технологии возделывания и уборки сахарной свеклы и технического оснащения для её реализации большой вклад внесли научно-исследовательские институты и ВУЗы (ВИМ, ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова, СКНИИМЭСХ, КубНИИТиМ, ВНИИТиН, МГАУ им. В.П. Горячкина, ВГАУ им. Императора Петра I, МичГАУ, МСХА им К.А. Тимирязева и др.) и исследователи А.В. Корниенко, И.И. Гуреев, А.К. Нанаенко, С.В. Соловьев, М.М. Давлетшин, Ю.А. Тырнов, В.В. Михеев, В.А. Макаров, В.В. Василенко, З.А. Годжаев, С.Н. Сазонов, Д. Шпаар и другие.

Разработкой энергосберегающих технологий, способов совмещения технологических операций, применения комбинированных агрегатов занимались А.В. Корниенко, Н.В. Краснощек, И.И. Гуреев, А.И. Завражнов, Н.К. Мазитов, и другие.

Большой вклад в решении проектирования машин и рабочих органов для работы в свекловичном комплексе с использованием точного воздействия на растения и почву занимались Я.П. Лобачевский, П.Н. Бурченко, В.В. Труфанов, Л.В. Погорелый, П.М. Василенко, Н.П. Крючин, Г.Н. Гряник, В.М. Мартынов и другие.

Но резервы совершенствования технологии возделывания и уборки сахарной свеклы и технических средств механизации далеко не исчерпаны. При этом особое внимание целесообразно уделить уточнению методов использования интегрального энергетического средства, построению агрегатов и машин по блочно-модульному принципу, контролю процесса высева семян, особенно с использованием технологии капсулирования, улучшению экологичности использования гербицидов и уборки урожая.

Научная проблема: создание и совершенствование методических основ и технических решений комплектования машинно-тракторных агрегатов на базе интегрального энергетического средства с использованием блочно-модульного принципа построения на примере возделывания и уборки сахарной свеклы, разработка и применение технических средств для обработки почвы, точного высева дражированных и капсулированных семян и аппликаторов для обработки посевов дозированными порциями химикатов и удобрений, вибрационных копателей, позволяющих повысить урожайность и снизить затраты на возделывание и уборку сахарной свеклы.

Научная гипотеза. Повышение качества выполнения технологических операций при возделывании и уборке сахарной свеклы и снижение затрат мо-

жет быть достигнуто за счет использования комбинированных агрегатов, созданных на принципах блочно-модульного построения на базе интегрального энергетического средства и содержащих технологические модули и рабочие органы с оптимальными параметрами и кинематическими характеристиками, обеспечивающих эффективное выполнение агротехнических приёмов.

Цель исследований – повышение эффективности возделывания и уборки сахарной свеклы путем совершенствования технологий и технических средств.

Задачи исследований:

- выполнить анализ существующих технологий и средств механизации возделывания и уборки сахарной свеклы, выявить перспективные направления их совершенствования;

- обосновать рациональные схемы машинно-тракторных агрегатов, основные параметры и режимы работы перспективных почвообрабатывающих, посевных, для обработки посевов, уборочных машин и агрегатов с применением новых рабочих органов и повышения эффективности;

- экспериментально подтвердить теоретические положения по функционированию машинно-тракторных агрегатов и схем их агрегатирования, определить оптимальные параметры и режимы работы;

- на основании проведенных производственной проверки разработок и эксплуатационно-технологической оценки уборочных комплексов при возделывании и уборке сахарной свеклы с использованием машин отечественного и зарубежного производства, дать экономическую оценку их эффективности.

Объект исследований. Технологические процессы и технические средства возделывания и уборки сахарной свеклы.

Предмет исследований. Закономерности, условия и режимы выполнения технологического процесса рабочими органами технических средств обработки почвы, посева, обработки посевов и уборки сахарной свеклы.

Научную новизну исследований составляют:

Ресурсосберегающая технология возделывания и уборки сахарной свеклы с разработанными техническими средствами, обеспечивающая совмещение технологических операций и повышение качества их выполнения при минимальных энергетических затратах и включающая:

- 1) систематизацию факторов, влияющих на потери продукции при возделывании и уборке сахарной свеклы;

- 2) обоснование новых функциональных и конструктивно-технологических схем, теоретическое и экспериментальное обоснование конструктивно-режимных параметров агрегатов блочно-модульного построения с использованием:

- поворотного плуга для гладкой вспашки,
- сеялки для капсулированных семян,
- комбинированного агрегата для посева,
- культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов,
- свеклокопателя с вибрационными копачами;

- 3) обоснование режимов эффективного использования комбинированных агрегатов для возделывания и уборки сахарной свеклы с учетом условий и фаз развития растений.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретические исследования позволили наметить новые научные направления совершенствования ресурсосберегающей технологии и технических средств возделывания и уборки сахарной свеклы, обеспечивающие повышение урожайности и снижение затрат. Результаты научных исследований послужили основой для разработки новых технологических схем и технической документации на поворотный плуг для гладкой вспашки, сеялку для капсулированных семян, комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат, аппликаторы для точной обработки посевов, модернизированные сеялки с системой контроля высева семян, и их внедрения в производство, разработки рекомендаций по техническому оснащению технологии возделывания и уборки сахарной свеклы. По материалам исследований изданы рекомендации и научные монографии, используемые разработчиками при проектировании и создании машин, практиками при эксплуатации техники, а также в качестве учебного пособия, как для студентов высших учебных заведений, так и для слушателей институтов и факультетов повышения квалификации кадров агропромышленного комплекса.

Новизна разработанных технических средств для возделывания сахарной свеклы подтверждена патентами Российской Федерации на изобретения: № 2101906, № 2475012, № 2490844, № 2506732, № 256272, № 2542124, № 2556722, № 2585850, №2681570.

Методология и методика исследований

Структурный анализ и синтез, численные методы, методы статистических исследований, сравнительный эксперимент.

Теоретические исследования выполнялись с использованием положений и методов классической механики, математики, механики грунтов, теории вибрационных процессов, математического и имитационного моделирования.

Предложенные рабочие органы машин для механизации возделывания и уборки сахарной свеклы исследовались в лабораторных и производственных условиях в соответствии с действующими ГОСТами, ОСТАми, СТО АИСТ 4.10-2010, СТО АИСТ 8.23-2010 и другими, разработанными частными методиками, с использованием сертифицированных приборов и оборудования, специально изготовленных лабораторных стендов и установок, включающих электронные средства фиксации исследуемых параметров и приставки к компьютеру.

Обработка результатов экспериментальных исследований осуществлялась на ЭВМ программами Excel, Statistical, MathCAD, Компас 3 DV 16.

Производственные испытания разработанных макетных образцов машин проводились на опытных полях ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ» и в передовых хозяйствах Тамбовской области.

Основные положения и результаты исследований, выносимые на защиту:

– технология возделывания и уборки сахарной свеклы агрегатами, обеспечивающими совмещение технологических операций техническими средствами блочно-модульного построения и повышение качества работ при минимальных энергетических затратах;

– новые функциональные и конструктивно-технологические схемы, аналитические зависимости для определения конструктивных параметров поворотного плуга для гладкой вспашки; сеялки для высева капсулированных семян; комбинированного агрегата для посева; культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов;

– теоретическое обоснование режимов эффективного использования поворотного плуга для гладкой вспашки; сеялки для высева капсулированных семян; комбинированного агрегата для посева; культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов, свеклокопателя с вибрационными копачами;

– результаты экспериментальных исследований, опытно-производственной проверки и оценки экономической эффективности комбинированных агрегатов и машин блочно-модульного построения для возделывания и уборки сахарной свеклы.

Реализация результатов исследований. Внедрены ресурсосберегающая технология и комплекс машин по возделыванию и уборке сахарной свеклы в СПК «Голицинский» Никифоровского района Тамбовской области во исполнение приказа Министерства сельского хозяйства РФ № 91 от 02.02.2001 «О пилотных проектах».

Результаты исследований и модернизированные сеялки ССТ-12 и ССТ-18, оснащенные системой контроля высева семян, используются в хозяйствах Тамбовской области: ООО МФП «Нива» и колхоз-племзавод имени Ленина Тамбовского района, КФХ «Пчелка» Мичуринского района. Система контроля высева семян внедрена на выпускаемых ОАО «Белгородский завод Ритм» пропашных сеялках различных модификаций и в хозяйствах Тамбовской и Липецкой областей.

Материалы исследований приняты и использованы при совершенствовании тракторов свекловичной модификации ОАО «Липецкий трактор» и ОАО «Тракторная компания «ВгТЗ», сеялок точного высева и копателя-валкоукладчика ОАО «Казанское опытное конструкторское бюро «СОЮЗ», комбинированного агрегата АКШ-6Г, культиватора КРШ-8,1Г и навески НП-5,4А ОАО «Грязинский культиваторный завод», прицепного свеклоуборочного комбайна и сменного виброкопача к комбайну КС-6Б ОАО «Алмаз» (г. Котовск, Тамбовской области), поворотного плуга и сеялки для высева капсулированных семян с передачей технической документации ОАО «Тамбовремтехпред». Отдельные образцы предлагаемых к использованию в технологиях производства сахарной свеклы машин прошли государственные испытания.

Материалы диссертации отмечены дипломами «За лучшую завершенную научную разработку» Президиумом Российской академии сельскохозяйственных наук в 2003 году и Бюро отделения механизации, электрификации и автоматизации РАСХН в 2009 году.

Степень достоверности результатов. Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается сходимостью теоретических и экспериментальных результатов; проведением лабораторных исследований и производственными испытаниями; сходимостью полученных результатов с результатами исследований других авторов, занимающихся данной тематикой; использованием современных приборов и оборудования, внедрением разрабо-

таных машин и устройств в различных хозяйствах региона; выступлениями с результатами исследований на международных и всероссийских научных конференциях, одобрением докладов и публикаций в открытой печати.

Апробация результатов исследований. Материалы диссертации заслушаны, обсуждены и одобрены на международных научно-практических конференциях ВНИИТиН (2009-2018 гг.), ВИМ (2002 г.), СПбГАУ (2003 г.), ВИЭСХ (2004 г.), ТГТУ (2004 г.), МичГАУ (2007, 2014, 2016, 2017 гг.), НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства (2014 г.), Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана (2015 г.), Ставропольский ГАУ (2016 г.), совещаниях в управлениях сельского хозяйства Тамбовской и Липецкой областей, совещаниях работников сельского хозяйства Тамбовской области (2010-2017 гг.).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 113 работах, в том числе 37 научных изданиях, рекомендуемых ВАК РФ, 9 – в описаниях к патентам на изобретения, 11 – научных изданиях и рекомендациях общим объемом 110 печатных листов, из них автору принадлежит 31,75 печатных листов.

Соответствие паспорту специальности. Диссертационные исследования соответствуют паспорту специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства, п. 2 «Разработка теории и методов технологического воздействия на среду и объекты (почва, растение, животное, зерно, молоко и др.) сельскохозяйственного производства», п. 7 «Разработка методов оптимизации конструкционных параметров и режимов работы технических систем и средств в растениеводстве и животноводстве по критериям эффективности и ресурсосбережения технологических процессов», п. 10 «Разработка и совершенствование методов, средств испытаний, контроля и управления качеством работы средств механизации производственных процессов в растениеводстве и животноводстве» и п. 9 Положения о присуждении ученых степеней – изложены новые, научно обоснованные технические, технологические или иные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, 6 разделов, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 386 страницах машинописного текста, в т.ч. 124 рисунка, 18 таблиц и 4 приложений.

Список литературы включает 242 наименований, в том числе 12 на иностранном языке.

Автор выражает глубокую благодарность научному консультанту академику РАН, профессору А.И. Завражнову за оказанную им всестороннюю помощь на всех стадиях подготовки диссертации, а также кандидатам технических наук А.Н. Агапову, С.В. Марнову, С.П. Стрыгину, А.Н. Омарову, А.Г. Рамазанову, А.А. Синельникову и инженеру А.В. Крищенко за помощь в проведении исследований и подготовке диссертации.

Основное содержание диссертации

В **первой главе** «Состояние проблемы и основные направления совершенствования технологии и средств механизации возделывания и уборки сахарной свеклы» приведены состояние и перспективы развития свекловодства в России. Проанализированы технологические операции и средства механизации для их осуществления.

Анализ технологических операций по существующей технологии возделывания и уборки сахарной свеклы показал, что они в основном выполняются однооперационными машинно-тракторными агрегатами с использованием серийно выпускаемых специализированных тракторов и сельскохозяйственных машин, многократный проход по полю машинно-тракторных агрегатов составленных на их основе приводит к излишнему уплотнению почвы и повышенному расходу топливно-смазочных материалов

На основании анализа технологий выявлено, что увеличение урожайности сахарной свеклы, может быть достигнуто за счет повышения качества семян, освоения ресурсосберегающих технологий с применением качественных удобрений, экологически чистых средств химической защиты растений и использования высокопроизводительных машин и агрегатов.

Анализ потерь корнеплодов и их сахаристости показал, что они вызваны неблагоприятными природно-климатическими условиями, сортовыми особенностями применяемых сортов и гибридов, а также применяемыми технологиями и средствами механизации возделывания и уборки сахарной свеклы. Своевременное и качественное выполнение технологических регламентов, правильная настройка и регулировка рабочих органов машин, исходя из состояния развития растений и правильная организация проведения полевых работ, позволят снизить уровень потерь урожая.

С целью устранения негативных последствий использования одномашинных машинно-тракторных агрегатов при возделывании и уборке сахарной свеклы предлагается совмещать технологические операции, совпадающие по агротехническим срокам их выполнения с использованием блочно-модульных агрегатов. Построение машинно-тракторных агрегатов по блочно-модульному принципу позволит обеспечить вписываемость в технологии возделывания и уборки сахарной свеклы, а также повышение производительности труда при меньшей энергоемкости технологического процесса по сравнению с заменяемым комплексом машин.

Поэтому перспективным направлением совершенствования технологии возделывания и уборки сахарной свеклы является совмещение технологических операций при использовании существующих и разрабатываемых высокопроизводительных машинно-тракторных агрегатов блочно-модульного построения включающих интегральное энергетическое средство и комбинацию машин и рабочих органов (рисунок 1).

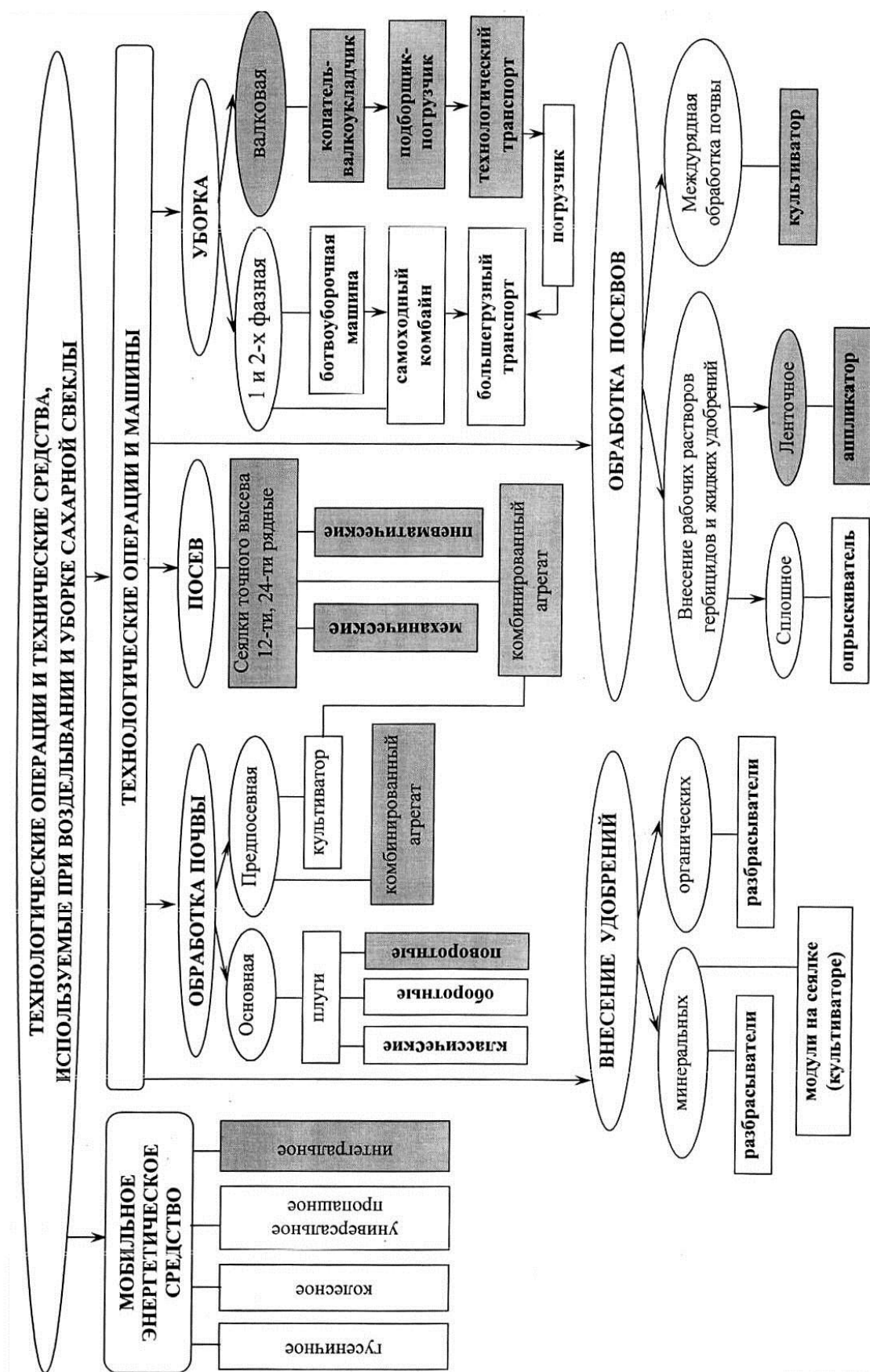


Рисунок 1. Технологические операции и технические средства, используемые при возделывании и уборке сахарной свеклы

Примечание: Серым фоном на схеме выделены операции, предлагаемые автором к выполнению при совершенствовании технологии возделывания и уборки сахарной свеклы.

Во второй главе «Теоретические исследования технических средств возделывания и уборки сахарной свеклы» определены условия агрегатирования интегрального энергетического средства и обоснована его навесоспособность, выполнены теоретические исследования по обоснованию способов основной и предпосевной обработки почвы, посева и обработки посевов, вибрационного извлечения корнеплодов из почвы с целью повышения эффективности возделывания и уборки сахарной свеклы.

Использование интегрального энергетического средства при построении машинно-тракторных агрегатов

Своеобразие и изменчивость технологий возделывания и уборки сахарной свеклы предопределяют необходимость построения машинно-тракторных агрегатов на принципах блочно-модульного построения предусматривающего наличие энергетического модуля и сменяемого технологического модуля с комбинацией рабочих органов.

В целях адаптации к условиям возделывания и уборки сахарной свеклы энергетический модуль должен обладать высокими тягово-сцепными и тягово-скоростными качествами, эксплуатационной технологичностью, достаточной навесоспособностью, устойчивостью, технологической вписываемостью. За базовую модель энергетического модуля схемы можно принять интегральный универсально-пропашной трактор тягового класса 2 типа РТ-160-М (ЛТЗ-155).

Построенные по модульно-блочному принципу технологические агрегаты, на базе энергетического средства интегральной схемы совместно с необходимым набором машин, составят принципиально новую систему построения агрегата, обеспечивающую комплексную механизацию технологических процессов возделывания и уборки сахарной свеклы.

Качество агрегатирования энергетического средства с сельскохозяйственными машинами определяется полнотой использования тягового К.П.Д., которое можно представить следующими выражениями:

$$\varepsilon_T \rightarrow 1; \lambda \cdot N_{кр} = \lambda \cdot N_e = G_T / G_{ТН}, \quad (1)$$

где ε_T – степень использования тягового К.П.Д. энергетического средства; $\lambda \cdot N_{кр}$ – степень загрузки энергетического средства по максимальной тяговой мощности; $\lambda \cdot N_e$ – степень загрузки двигателя по мощности; $G_T, G_{ТН}$ – текущий и номинальный часовой расход топлива.

Навесоспособность энергетического средства ограничивается допустимыми вертикальными нагрузками по осям, а также грузоподъемностью шин и условиями управляемости, определяемыми допустимой массой навесных машин, размещенных, как на переднем, так и на заднем навесных устройствах.

Конструктивно-компоновочная схема энергетического средства обеспечивает комплектование комбинированных агрегатов, применение которых позволяет за один проход выполнять несколько операций, например, предпосевную обработку почвы и посев.

При этом снижение затрат мощности от совмещения обработки почвы и посева можно добиться при выполнении условия:

$$\begin{aligned} & V_p \cdot (R_k + R_c + R_k \cdot \delta_k + R_c \cdot \delta_c) + f \cdot V_p (2 \cdot G_{\text{эс}} + G_k + G_c) + N_{\text{в.ом}} > \\ & > V_p \cdot (R_{\text{км}} + R_{\text{км}} \cdot \delta_{\text{км}}) + f \cdot V_p \cdot G_{\text{км}} + N_{\text{в.ом}}, \end{aligned} \quad (2)$$

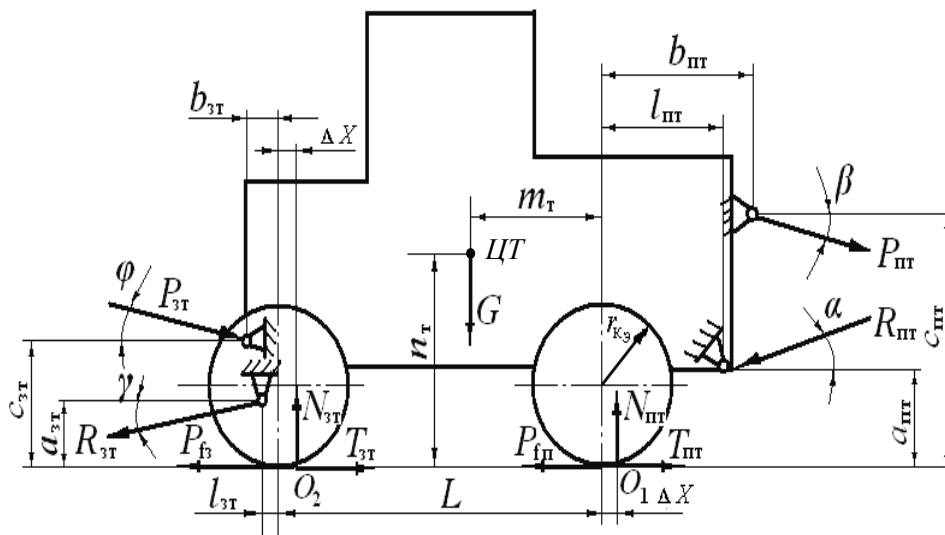
где $R_k, R_c, R_{\text{км}}$ – сопротивление рабочих органов культиватора, сеялки, комбинированного агрегата, кН; $G_k, G_c, G_{\text{км}}$ – масса культиватора, сеялки, комбинированного агрегата, кг; f – коэффициент сопротивления перекачиванию машин на пневматических шинах; V_p – рабочая скорость агрегата, м/с; $\delta_k, \delta_c, \delta_{\text{км}}$ – коэффициенты буксования энергетического средства при работе с культиватором, сеялкой и комбинированным агрегатом, соответственно; $N_{\text{в.ом}}$ – затраты мощности на привод рабочих органов сеялки от ВОМ энергетического средства, кВт.

Из анализа выражения (2) можно заключить, мощность комбинированного агрегата на предпосевной обработке почвы и посева снижается пропорционально снижению массы культиватора и сеялки, и затратам мощности на преодоление сопротивления их рабочих органов и буксование энергетического средства.

Предполагая, что при $R_k \approx R_{\text{км}}$, а $R_k \delta_k \approx R_{\text{км}} \cdot \delta_{\text{км}}$ выражение (2) примет вид

$$R_c + R_c \cdot \delta_c + f \cdot (2G_{\text{эс}} + G_k + G_c) > f \cdot G_{\text{км}}. \quad (3)$$

Для определения силового воздействия на энергетическое средство со стороны машин, размещенных на заднем и переднем навесных устройствах, представленного на рисунке 2, составим уравнение предельного равновесия для энергетического средства, которое запишется в следующем виде:



$N_{\text{пт}}$ и $N_{\text{зт}}$ – нормальные реакции почвы на передние и задние колеса энергетического средства

Рисунок 2. Расчетная схема силового воздействия на энергетическое средство машин, размещенных на заднем и переднем навесных устройствах

$$\left. \begin{aligned}
 N_{3T} &= \frac{R_{3T} \cdot [(L + l_{3T}) \cdot \sin \gamma + a_{3T} \cdot \cos \gamma] + P_{3T} \cdot [(L + b_{3T}) \cdot \sin \varphi - c_{3T} \cdot \cos \varphi]}{L} + \\
 &+ \frac{G \cdot m_T + R_{III} \cdot (a_{III} \cdot \cos \alpha - l_{III} \cdot \sin \alpha) - P_{III} \cdot (b_{III} \cdot \sin \beta + c_{III} \cdot \cos \beta)}{L}; \\
 N_{III} &= \frac{G \cdot (L - m_T) - R_{3T} \cdot (l_{3T} \cdot \sin \gamma + a_{3T} \cdot \cos \gamma) - P_{3T} \cdot (b_{3T} \cdot \sin \varphi - c_{3T} \cdot \cos \varphi)}{L} + \\
 &+ \frac{R_{III} \cdot [(L + l_{III}) \cdot \sin \alpha - a_{III} \cdot \cos \alpha] + P_{III} \cdot [(L + b_{III}) \cdot \sin \beta + c_{III} \cdot \cos \beta]}{L}.
 \end{aligned} \right\} (4)$$

При этом тяговые усилия колес задней и передней осей энергетического средства определяются по выражениям:

$$T_{zm(nm)} = \frac{N_{zm(nm)} \cdot f}{r_{кэ}}, \quad (5)$$

где f – коэффициент сопротивления качения; $r_{кэ}$ – радиус колеса энергетического средства, м.

Таким образом, используя вышеприведенные выражения, можно определить нормальные реакции и тяговые усилия колес передней и задней осей энергетического средства.

Аналитическое обоснование силы тяги, обеспечивающей устойчивость поворотного плуга в горизонтальной плоскости

С целью снижения энергетических затрат на основную обработку почвы наиболее целесообразно использовать поворотные плуги, обеспечивающие гладкую вспашку без дополнительной обработки, позволяющую получить ровную поверхность почвы и способствующую качественному выполнению последующих технологических операций при возделывании и уборке сахарной свеклы.

В разработанном автором поворотном плуге (патент РФ №2506732) для гладкой вспашки использован принцип одновременного поворота рамы и корпусов в горизонтальной плоскости. Плужный корпус (патент РФ №2490844) включает сблокированную конструкцию лево- и правооборачивающих поверхностей с возможностью изменения угла установки лемеха к стенке борозды и поворота корпуса относительно вертикальной оси.

На рисунке 3 представлена конструктивно-технологическая схема предлагаемого поворотного плуга.

Центральная продольная балка 2 несущей рамы 1 шарнирно соединена с поворотным брусом 3, который может отклоняться в обе стороны относительно вертикально-продольной плоскости, проходящей через ось 4 бруса 3, на угол α от 0 до 45°. На поворотном бруске 3 установлены плужные корпуса 5, которые могут синхронно поворачиваться на оси 6 на угол β , в пределах 0-30°, по дугообразной направляющей 9, с закрепленным на переднем конце бруса ползуном 7. Дугообразная направляющая 9 длиной равной длине дуги двойного угла α элементами 8 крепится на раме 1.

Фиксации в рабочих положениях поворотного бруса 3 согласованных с поворотом плужных корпусов на угол β осуществляется упорами 10, устанавли-

ливаемыми на обоих концах дугообразной направляющей 9. На несущей раме 1 установлены два передних опорных колеса 11 и заднее самоустанавливающееся опорное колесо 18. Поворот плужных корпусов 5 осуществляется с помощью гидроцилиндров 16, 17 через штангу 12 и фиксируются в нужном положении упорами 15, установленными на кронштейнах 13 с пальцами 14.

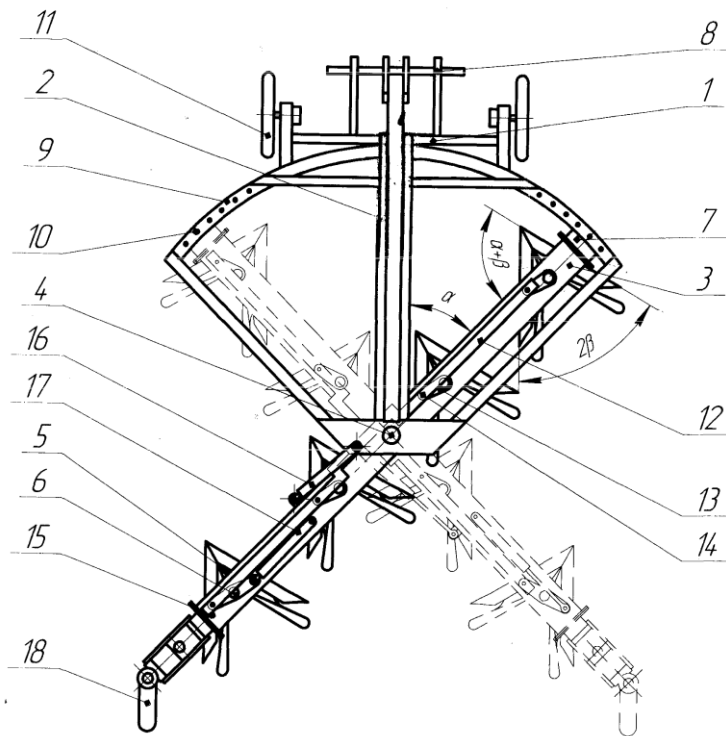


Рисунок 3. Конструктивно-технологическая схема поворотного плуга с переменной шириной захвата

На качественные и энергетические показатели пахотного агрегата оказывает влияние устойчивость плуга в горизонтальной плоскости, которая обеспечивается за счёт симметричной нагрузки на левую и правую части плуга. Конструктивное исполнение поворотного плуга обеспечивает совпадение вектора силы тяги с центром сопротивления плуга и центром приложения касательной силы тяги на колёсах, что исключает боковой увод и гарантирует устойчивое прямолинейное движение пахотного агрегата. При этом линия тяги, действующая по линии расположения тягового бруса, совпадает с продольной осью энергетического средства и направлением движения пахотного агрегата. Динамическое равновесие плуга при отмеченном характере действия сил достигается при минимальном давлении заднего плужного корпуса на стенку борозды.

Рассмотрим схему действия сил на поворотный плуг (рисунок 4). Особенностью разработанного навесного поворотного плуга с изменяемой шириной захвата является наличие тягового бруса и бруса жесткости с симметрично расположенными корпусами относительно центра крепления тягового бруса.

Положение линии тяги плуга определяется по равновесию сил и моментов, действующих на него в горизонтальной плоскости.

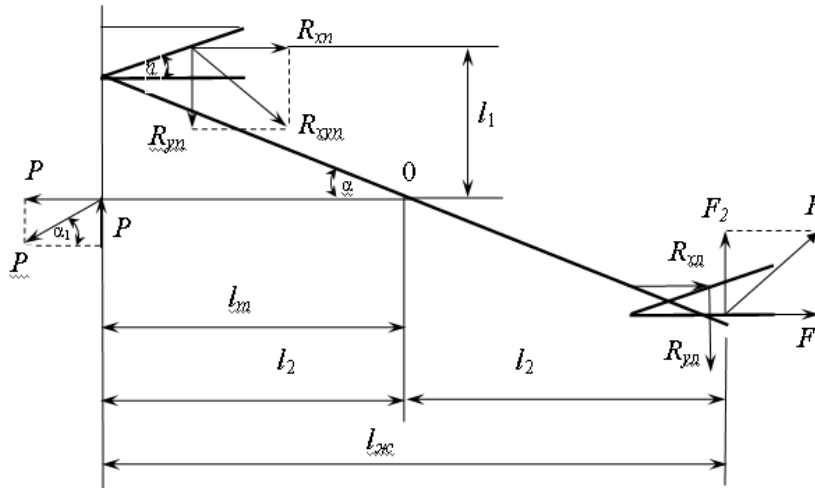


Рисунок 4. Схема действующих сил на конструктивные элементы поворотного плуга

Запишем уравнение равновесия действующих сил на осях x и y :

$$\sum P(x) = 0, \quad P_x - (R_{xl} + R_{xp}) - F_1 = 0; \quad (6)$$

$$\sum P(y) = 0, \quad P_y - R_{yl} + F_2 = 0, \quad (7)$$

где P_x , P_y – продольная и поперечная составляющие силы тяги плуга, кН; F_1 – сила трения поверхности корпуса о почву, приведенная к заднему корпусу, кН; $F_1 = f \cdot G_{пл}$; $G_{пл}$ – масса плуга, кг; f – коэффициент трения стали о почву; F_2 – реакция стенки борозды на поверхность заднего корпуса, равная силе смятия, кН ($F_2 = 0,5 \cdot q \cdot S \cdot \lambda$; где q – коэффициент объёмного смятия почвы, кН/см³; S – суммарная площадь опорной поверхности корпусов, взаимодействующих со стенкой борозды, м²; λ – линейная деформация почвы поверхностью корпуса, м).

Уравнение моментов относительно центра вращения «O» запишется в виде:

$$P_y \cdot l_2 - [(R_{xyl} \cdot \cos \eta + R_{xyp} \cdot \cos \eta) \cdot l_2] - F_1 \cdot l_2 + F_2 \cdot l_2 = 0. \quad (8)$$

При этом поперечная составляющая силы тяги P_y можно представить выражением

$$P_y = P_x \cdot \cos \alpha, \quad \text{при } \alpha_1 = 0, \quad P_x = P_m, \quad (9)$$

где P_x – горизонтальная составляющая силы тяги, кН; R_{xyl} , R_{xyp} – результирующие сопротивления левой и правой частей плуга соответственно, кН; α_1 – возможный допустимый угол отклонения силы тяги P , град.; η – угол постановки лемеха к стенке борозды, град.

Разность поворачивающих моментов левой и правой частей плуга (относительно центра вращения «O») и их воздействие через тяговый брус на энергетическое средство минимально, и при его увеличенной сцепной массе разворот плуга невозможен.

В окончательном виде уравнение для определения силы тяги поворотного плуга P_m можно представить выражением:

$$P_m = n \cdot k \cdot h \cdot b + 0,5 \cdot G_{пл} \cdot f - 0,25 \cdot q \cdot S \cdot \lambda, \quad (10)$$

где n – количество плужных корпусов; k – удельное сопротивление почвы, Н/см²; h – глубина пахоты, м; b – ширина захвата корпуса, м;

Анализ уравнения (10) показывает, что требуемая сила тяги поворотного плуга снижается при уменьшении его массы и устранении смятия почвы за счет увеличения суммарной площади опорной поверхности плужных корпусов, взаимодействующих со стенкой борозды.

Теоретические исследования высевающего аппарата для высева капсулированных семян

Перспективным направлением внедрения ресурсосберегающей технологии возделывания сахарной свеклы является применение капсулированных семян, высеваемых сеялками точного высева. Капсулирование семян заключается в создании вокруг семени оболочки (капсулы), содержащей неорганические и органические питательные, стимулирующие и защитные вещества, а также биологически активные вещества и другие ингредиенты, которые способствуют росту и развитию растений и обеспечивают унификацию размера и формы посевного материала. Нами предлагается капсула шаровидной формы (патент РФ №2526272), изготовленная из химико-биологического порошкообразного материала с внутренней конусообразной полостью 2 для семени 3 (рисунок 5).

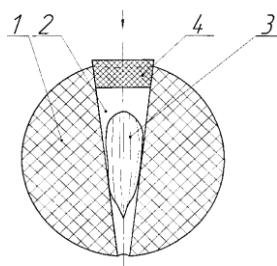


Рисунок 5. Капсула для хранения и высева семян:
1 – капсула; 2 – внутренняя полость; 3 – семя; 4 – пробка

В результате анализа посевных машин не было выявлено специализированных сеялок для высева капсулированных семян диаметром до 30 мм. Поэтому нами предлагается конструкция запатентованного высевающего аппарата (патент РФ №2475012), конструктивно-технологическая схема, которого представлена на рисунке 6.

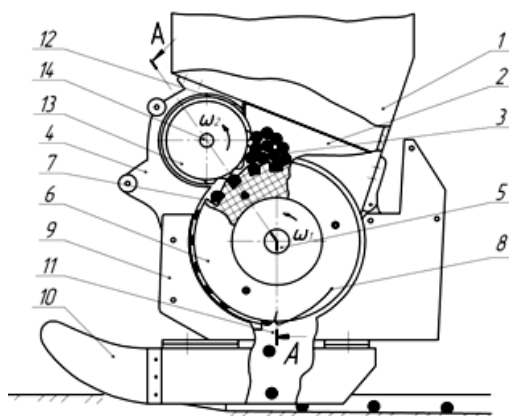


Рисунок 6. Конструктивно-технологическая схема высевающего аппарата для капсулированных семян

Конструкция высевающего аппарата включает корпус 4, в котором на горизонтальной оси вращения 5 установлен цилиндрический высевающий диск 6, с цилиндрическими ячейками 7 и сводоразрушителями 8. Вверху над высевающим диском 6 смонтированы бункер 1 для капсул 3 с распределительной камерой 2, отражатель 12 и ролик 13 на оси 14. Внизу корпуса 1 расположено выгрузное окно 11 и на боковых пластинах 9 закреплен полозовидный сошник 10. На параллелограммную секцию рабочих органов сеялки устанавливается высевающий аппарат, загортачи и прикатывающее колесо.

С учетом размеров капсул и диаметра высевающего диска были определены его конструктивные параметры из условия четкого западания капсул в ячейки, а их предельное количество – из конструкционной целостности диска. Схема процесса западания капсул в ячейки высевающего диска представлена на рисунке 7

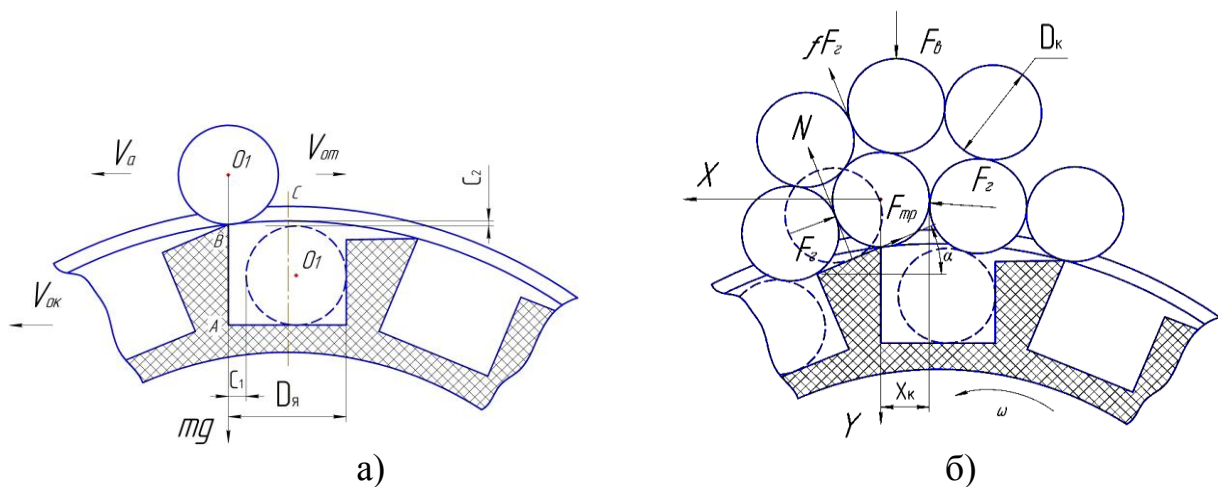


Рисунок 7. Схема процесса западания капсул в ячейки высевающего диска

Капсула из небольшого слоя в приемной камере начинает западать в ячейку в момент нахождения её центра тяжести O_1 у стенки ячейки. После его смещения относительно стенки ячейки на некоторое расстояние C_1 и при совпадении центра O_1 с осью ячейки процесс западания капсулы завершается (рисунок 7а). При значительной высоте слоя капсул в приемной камере на них кроме силы тяжести, действуют силы вертикального F_b и горизонтального F_z давлений, а также сила внутреннего трения между капсулами $f \cdot F_z$, которые приводят к нечеткому западанию капсул в ячейки и образованию свода в верхних слоях (рисунок 7б).

Для четкого западания капсулы в ячейку окружная скорость центра ($V_{ок}$) ячейки высевающего диска должна быть меньше или равна сумме линейной (V_a) и относительной скорости капсулы ($V_{ом}$), т.е.:

$$V_{ок} \leq V_a + (D_я - D_к) \cdot \sqrt{g/2 \cdot D_к}. \quad (11)$$

На рисунке 8 представлена схема высевающего диска для капсулированных семян.

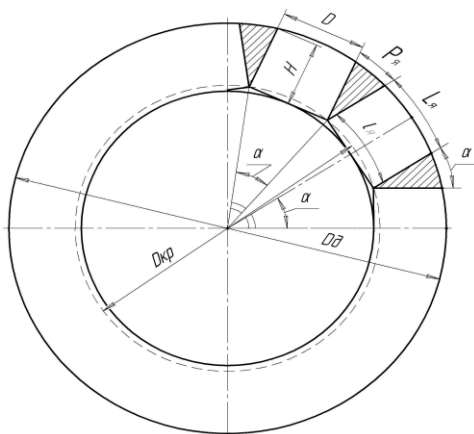


Рисунок 8. Схема высевающего диска для капсулированных семян:

D_d – диаметр диска; $D_{кр}$ – критический диаметр, на котором соприкасаются стенки соседних ячеек; $L_я$ – длина дуги ячейки на наружной окружности диска D_d ; $l_я$ – длина дуги ячейки на окружности критического диаметра $D_{кр}$; $P_я$ – длина дуги перегородки между ячейками на окружности диаметром D_d ; H – высота ячейки; α – центральный угол, образованный радиусами, проходящими через точки соприкосновения стенок соседних ячеек на критическом диаметре.

При соблюдении целостности высевающего диска и заданного центрального угла α , образованного радиусами, проходящими от центра окружности через точки на критическом диаметре $D_{кр}$ соприкосновения стенок соседних ячеек предельное количество ячеек не должно превышать значения определяемое уравнением:

$$n_я < \pi / \arcsin \frac{l_я}{D_{кр}}. \quad (12)$$

Для эффективного разрушения свода капсул образованного над галтелью и ячейками в приемной камере и дозированного поштучного их поступления в ячейки из организованного ряда капсул предложен запатентованный высевающий аппарат со сводоразрушителем (патент РФ № 2475012) (рисунок 9). Для исключения защемления и возможного разрушения капсул в пространстве между высевающим диском и роликом, у верхней кромки ячейки по ходу вращения высевающего диска под углом естественного откоса капсул φ выполнена фаска 3.

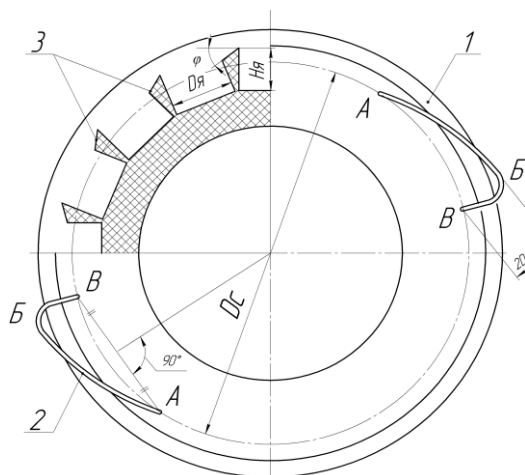


Рисунок 9. Высевающий диск со сводоразрушителями:

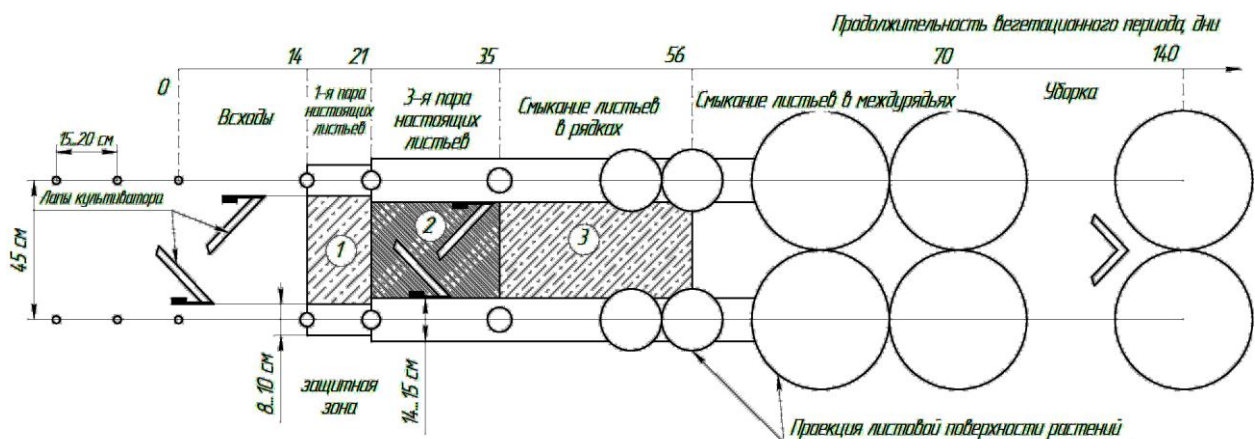
1 – высевающий диск; 2 – сводоразрушитель; 3 – фаска

В процессе компьютерного моделирования были определены конфигурация и размеры сводоразрушителя, а также их количество на высевающем диске. Восходящая ветвь (кривая AB) сводоразрушителя описывается уравнением вида $y = a(1 - \exp(-bx))$ с параметрами $a = 31,307$ и $b = 0,0238$. Максимальная координата точки B участка BB находится на расстоянии $2D_{k_{max}}$ от окружности D_c

Теоретические исследования процесса обработки посевов сахарной свеклы

Анализ технологических операций при обработке посевов сахарной свеклы в период ее вегетации показал, что максимальный эффект достигается при совместном применении механического и химических способов уничтожения сорняков, а также подкормки растений по листовой поверхности.

Нами предложена схема запатентованного способа обработки посевов на разных фазах развития растений (патент РФ №2542124), которая представлена на рисунке 10.



**Рисунок 10. Схема обработки посевов сахарной свеклы
на разных фазах развития растений:**

*1, 2, 3 – междурядные обработки с ленточным внесением гербицидов
и внекорневой подкормкой*

Для качественной обработки посевов гербицидами и жидкими удобрениями с использованием распылителей с целевой насадкой необходимо определить высоту их установки над почвой в защитных зонах рядков и над листовой поверхностью растений с учетом ориентации факелов распыла относительно обрабатываемых поверхностей (по углам факела и фронта распыла, наклона оси факела распыла) (рисунок 11).

При внекорневой подкормке жидкие удобрения вносят на листовую поверхность растений сахарной свеклы. Для этого распылители устанавливаются вертикально на определенной высоте над листьями, а факел распыла ориентируют под некоторым углом относительно оси рядка растений (рисунок 12).

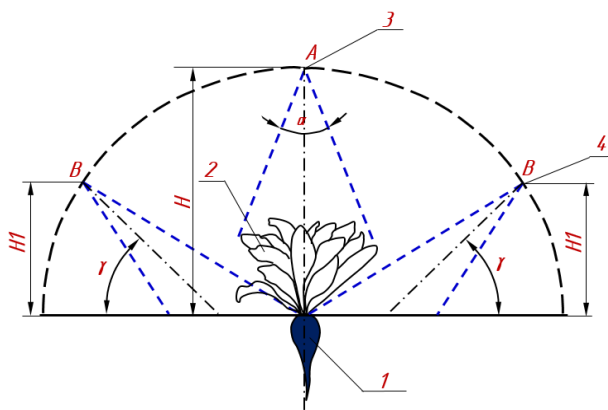


Рисунок 11. Схема расположения распылителей на аппликаторах при обработке почвы и растений:

1 – растение свеклы; 2 – листья растения; АЗ – место установки верхнего распылителя для внекорневой подкормки; В4 – место установки бокового распылителя для гербицидов; Н – высота установки верхнего распылителя; Н1 – высота установки боковых распылителей; α – угол факела распыла; γ – угол наклона оси факела распыла относительно горизонтали

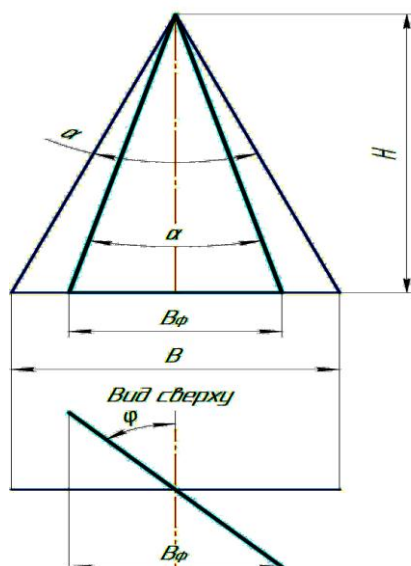


Рисунок 12. Схема размещения распылителей на аппликаторе при определении ширины обрабатываемой полосы:

α – угол факела распыла, град.; φ – угол фронта факела распыла, град.; Н – высота установки распылителя над обрабатываемой поверхностью, м; В – ширина полосы распыления при ориентации факела распыла под прямым углом к оси рядка, м; Вφ – ширина полосы распыления (фронт факела распыла) при ориентации факела распыла под определенным углом к оси рядка, м

При ориентации факела распыла относительно оси рядка под прямым углом и с учетом поворота распылителя вокруг своей оси на определенный угол (угол фронта факела распыла) фактическая ширина обрабатываемой полосы определяется по выражению:

$$B_{\phi} = 2 \cdot H \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot \sin \varphi. \quad (13)$$

Гербицидная обработка защитной зоны растений осуществляется с двух сторон рядков по схеме, представленной на рисунке 13.

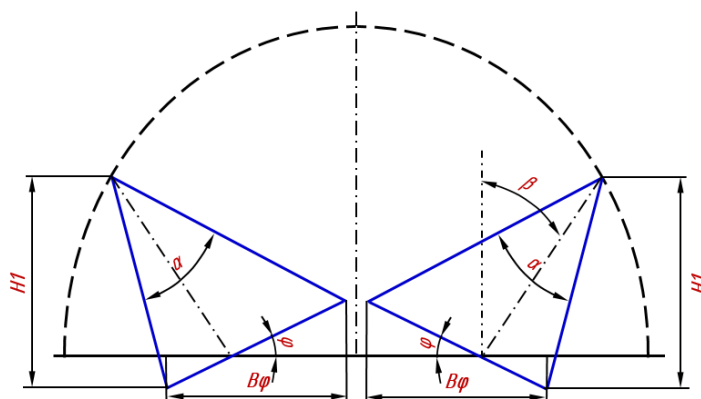


Рисунок 13. Схема гербицидной обработки защитной зоны растений:
 α – угол факела распыла распылителя, град.; β – угол наклона факела распыла, град.;
 φ – угол фронта факела распыла, град.; $H1$ – высота установки боковых распылителей

Угол фронта факела распыла распылителя, установленный на фиксированной высоте с ориентацией оси факела распыла на середину полосы и ширина обрабатываемой защитной зоны растений, определяются по выражениям:

$$\varphi = \arccos \left\{ \frac{B_n}{H \cdot \left[\frac{\sin(\beta + \alpha) - \sin(\beta - \alpha)}{\cos 2\beta + \cos \alpha} \right]} \right\}; \quad (14) \quad B_n = H \cdot \cos \varphi \cdot \left[\frac{\sin(\beta + \alpha) - \sin(\beta - \alpha)}{\cos 2\beta + \cos \alpha} \right]. \quad (15)$$

Обработку посевов сахарной свеклы предлагается выполнять с помощью культиватора с аппликаторами, позволяющего рационально сориентировать установленные на них распылители относительно обрабатываемых растений и сорняков, обеспечить точную подачу и дозировку рабочих растворов гербицидов и удобрений непосредственно на листья растений и на обрабатываемую почву в защитной зоне.

Определение затрат мощности при колебательном движении вибрационного копача свеклокопателя

Эффективность процесса извлечения корнеплодов из почвы можно достигнуть, если сообщить им колебания с возрастающей амплитудой и постоянной частотой вибрационным копачом, который представляет собой два симметрично расположенных лемеха, установленных под углом к вертикальной плоскости таким образом, что смежные лемеха образуют русло с переменным изменяемым зазором между передними и задними кромками. Каждый лемех установлен на стойке с возможностью колебания в продольно-вертикальной плоскости, в поперечном направлении по отношению к направлению движения уборочного агрегата. В процессе работы копача за счет конусообразной формы русла корнеплод вместе с деформированным слоем почвы подкапывается лезвиями лемехов, заклинивается между рабочими плоскостями лемеха, приподнимается и извлекается из почвы. В процессе вертикального перемещения корнеплод за счет сообщения ему значительных ускорений интенсивно очищается от почвы. По результатам исследова-

ний при вибрационном извлечении загрязненность корнеплодов почвой не превышает 10-12%, в то время как на корнеплодах, извлеченных дисковыми копачами остается 35-40% прилипшей почвы, а при повышенной влажности почвы корнеплоды загрязняются до 50-60%. В результате перемещения вибрационного копача на небольшой глубине и колебаний его режущей кромки в продольном направлении снижаются повреждения до 6-8%, которые с увеличением частоты колебаний лемехов возрастают до 14% и снижается тяговое сопротивление копача в 2,5-3,5 раза по сравнению с сопротивлением пассивного дискового копача и на 50-60% по сравнению с активным дисковым копачом.

Баланс мощности уборочного агрегата, состоящего из энергетического средства и навесного свеклокопателя с вибрационными копачами типа КВС-6, выразится уравнением:

$$N_e = N_f + N_{кр} + N_{\sigma} + N_{вОМ}, \quad (16)$$

где N_f – мощность, затрачиваемая на передвижение уборочного агрегата, кВт; $N_{кр}$ – тяговая мощность энергетического средства, кВт; N_{σ} – мощность, затрачиваемая на буксование движителей энергетического средства, кВт; $N_{вОМ}$ – мощность на ВОМ энергетического средства, кВт; N_e – эффективная мощность двигателя энергетического средства, кВт.

Мощность, затрачиваемая на передвижение уборочного агрегата, определяется по выражению:

$$N_f = v_p \cdot (f \cdot G + k \cdot S + \varepsilon \cdot S \cdot v_p^2) + M_{\sigma} \cdot \omega_{\sigma} \cdot i_{\sigma} + M_m \cdot \omega_m \cdot i_m + M_o \cdot \omega_o \cdot i_o, \quad (17)$$

где v_p – скорость движения уборочного агрегата, м/с; f – коэффициент сопротивления перекатыванию; G – масса уборочного агрегата, кг; k – удельное сопротивление свеклокопателя, кН/м²; S – площадь поперечного сечения пласта почвы, м²; ε – коэффициент, характеризующий тип лемеха, кг/м³; M_{σ} , M_m , M_o – крутящие моменты на привод ботвореза, транспортирующих и очищающих устройств свеклокопателя, соответственно, кг·м; ω_{σ} , ω_m , ω_o – частота вращения валов ботвореза, транспортирующих и очищающих устройств свеклокопателя, соответственно, с⁻¹; i_{σ} , i_m , i_o – передаточные отношения.

Мощность на ВОМ энергетического средства расходуется на преодоление сопротивлений движению копачей, разрушение связей в почве, срезание и транспортирование ботвы, привод очищающих и транспортирующих устройств свеклокопателя и выражается уравнением:

$$N_{вОМ} = N_{ви} + N_{уд} + N_{лс} + N_{уб} + N_{то}, \quad (18)$$

где $N_{ви}$, $N_{уд}$, $N_{лс}$, $N_{уб}$, $N_{то}$ – мощность, расходуемая на преодоление сил сопротивления вертикальному перемещению корнеплода; обеспечение ударного воздействия разрушения почвы; сопротивление движению лемехов в продольном направлении; удаление ботвы и привод транспортирующих и очищающих устройств свеклокопателя, кВт, соответственно.

Используя основные положения механики грунтов, параметры копача и предполагая, что его движение осуществляется по синусоидальному закону и с учетом выражений (17), (18), баланс мощности свеклоуборочного агрегата можно представить в следующем виде:

$$N_e = v_p \cdot [G \cdot f + R_m + G \cdot \varphi \cdot \delta + (m_k + v_1 \cdot S_k) \cdot \sin \omega t + \sigma_p \cdot S_{уд} \cdot \sin \omega t + \tau \cdot S_{лоб} \cdot \sin \omega t + \tau \cdot S_{лем} \cdot \sin \omega t] + M_{\delta} \cdot \omega_{\delta} \cdot i_{\delta} + M_m \cdot \omega_m \cdot i_m + M_o \cdot \omega_o \cdot i_o, \quad (19)$$

где m – масса извлекаемых корнеплодов, кг; S_k – площадь поверхности корнеплода, м²; v_1 – коэффициент сцепления корнеплода с почвой, кг/м²; σ – нормальные напряжения почвы, кг/м²; $S_{уд}$ – площадь копачей, участвующих в ударном воздействии, м²; τ – касательные напряжения сдвига, кг/м²; $S_{лоб}$ – площадь лобового сечения лемехов, м²; $S_{лем}$ – площадь боковой поверхности лемехов, участвующих в продольном сдвиге почвы, м²; δ – коэффициент буксования; φ – коэффициент сцепления движителей энергетического средства с почвой; R_m – сопротивление уборочного агрегата, Н.

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований» представлена программа исследований, в которую входило обоснование схем агрегатирования машин с интегральным энергетическим средством в составе блочно-модульных комбинированных агрегатов, исследование устойчивости поворотного плуга в различных плоскостях, исследование качественных показателей предпосевной обработки почвы блочно-модульным комбинированным агрегатом; определение оптимальных конструктивно-режимных параметров высевающего аппарата для посева капсулированных семян, культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов сахарной свеклы и вибрационных копачей свеклокопателя, а также проведение эксплуатационно-технологической и агротехнической оценки блочно-модульных агрегатов при производственной проверке технологии возделывания и уборки сахарной свеклы.

Изложены основные этапы экспериментальных исследований, обоснованы перечень факторов и диапазоны их варьирования. Экспериментальные исследования проводили с целью выявления соответствия полученных теоретических результатов фактическим данным и уточнения конструктивных параметров и кинематических режимов макетных и экспериментальных образцов машин.

Методикой предусматривалось проведение лабораторных исследований, полевых опытов и производственных испытаний. Уточнены существующие и разработаны новые методики проведения экспериментальных исследований и обработки полученных результатов.

Разработаны и изготовлены образцы лабораторно-стендового оборудования и технических средств: для исследования блочно-модульных машинно-тракторных агрегатов на базе интегрального энергетического средства и его тягово-мощностных характеристик; исследования влияния конструктивно-режимных параметров высевающего аппарата для капсулированных семян на качество посева; определения оптимальных конструктивно-режимных параметров культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов; исследования влияния кинематических параметров вибрационных копачей на повреждение корнеплодов и тяговое сопротивление свеклокопателя, проведения эксплуатационно-технологической оценки блочно-модульных агрегатов на базе интегрального энергетического средства при производственной проверке отдельных технологических операций при возделывании и уборке сахарной свеклы. На рисунках 14-18 представлены экспериментальные установки, стенды и машинно-тракторные агрегаты для лабораторных и производственных исследований.

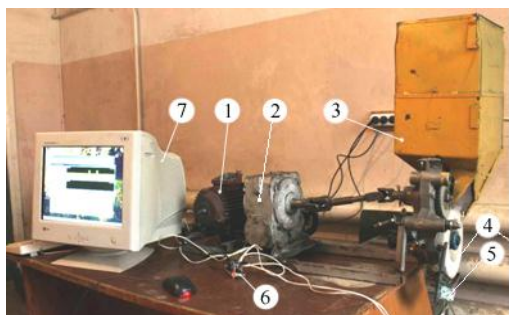
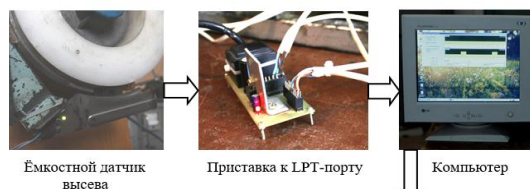


Рисунок 14. Экспериментальная установка для исследования высевающего аппарата:

1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – высевающий аппарат; 4 – диск; 5 – датчик высева семян; 6 – приставка к LPT-порту; 7 – монитор компьютера



Гистограмма временных интервалов между импульсами, отображающих момент пролёта капсул через датчик.

Рисунок 15. Экспериментальное оборудование для исследования качественных показателей работы высевающего аппарата

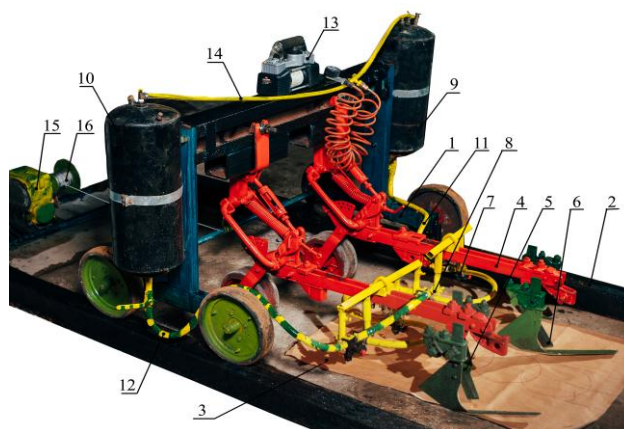


Рисунок 16. Общий вид стенда для лабораторных исследований аппликаторов, установленных на культиваторе:

1 – рама с опорными колесами; 2 – направляющие; 3 – трафарет с миллиметровой бумагой для расстановки рабочих органов; 4 – секция культиватора; 5, 6 – плоскорежущие лапы; 7 – аппликатор с распылителями для внесения гербицидов; 8 – аппликатор с распылителями для внесения жидких удобрений; 9 – емкость с мешалкой, манометром и регулятором давления для гербицидов; 10 – емкость с мешалкой, манометром и регулятором давления для жидких удобрений; 11 – шланги для подачи гербицидов; 12 – шланги для подачи удобрений; 13 – компрессор; 14 – трубопровод для подачи воздуха; 15 – приводная станция; 16 – трос



Рисунок 17. Культиватор с аппликаторами для точной обработки посевов сахарной свеклы



Рисунок 18. Копатель-валкоукладчик КВС-6 в агрегате с трактором ЛТЗ-155

В четвертой главе «Результаты и анализ экспериментальных исследований» представлены: результаты экспериментальных исследований и производственной проверки качественных и энергетических показателей работы поворотного плуга, блочно-модульных агрегатов для предпосевной обработки почвы и посева, культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов сахарной свеклы и свеклокопателя с вибрационными копачами.

**Результаты экспериментальных исследований устойчивости
и тягово-мощностных показателей пахотного агрегата
с поворотным плугом**

Устойчивость поворотного плуга в вертикальной плоскости достигается за счёт установки трёх опорных колёс, движущихся по невспаханному полю. Исследованиями установлено, что вертикальные нагрузки на опорные колёса плуга, при скорости движения агрегата в интервале 2,1-2,7 м/с, составляли 1,24-1,44 кН при коэффициенте вариации показателя не более 6-8% (рисунок 19).

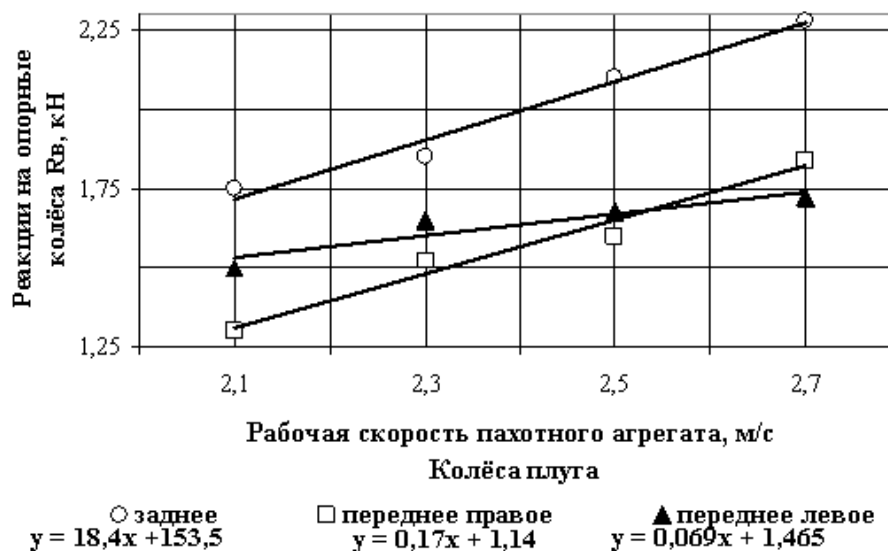


Рисунок 19. Зависимость изменения вертикальных реакций на опорные колёса поворотного плуга от скорости движения пахотного агрегата

При практически не измененных характере и величины нагрузки на колёса сохраняется устойчивость поворотного плуга в вертикальной плоскости за счёт более равномерного распределения нагрузки на колёса, движущиеся в одинаковых условиях, тем самым обеспечивается равномерность хода плуга по глубине вспашки.

Горизонтальные составляющие тягового усилия в механизме навески (левая и правая тяги) энергетического средства суммарно представляют тяговое сопротивление поворотного плуга. Они имеют практически равные значения при некотором увеличении усилия в правой тяге на 6,4-9,6% по отношению к левой за счет увеличения нагрузки на первый плужный корпус при движении энергетического средства со смещением относительно вертикальной стенки бо-

розды. Это обеспечивает минимальное давление заднего корпуса на стенку борозды и устойчивость движения пахотного агрегата в горизонтальной плоскости без смещения плуга в сторону невспаханного поля.

Экспериментальными исследованиями установлено, что с увеличением угла постановки лемеха к дну борозды с 23 до 30° и скорости движения пахотного агрегата с 2,1 до 2,7 м/с удельное тяговое сопротивление поворотного плуга увеличивалось не более 5% (рисунок 20).



Рисунок 20. Изменение удельного тягового сопротивления поворотного плуга от скорости движения пахотного агрегата при различных углах постановки лемеха к дну борозды

Тяговое сопротивление предлагаемого поворотного плуга при увеличении ширины захвата на 10% его тяговое сопротивление по сравнению с вспашкой классическим плугом уменьшилось на 10-13%. Это объясняется меньшим смятием стенки борозды увеличенной опорной поверхностью плужного корпуса, которое приводит к уменьшению силы трения и сопротивления плуга по сравнению с полевой доской на корпусах классического плуга. Использование поворотного плуга позволило улучшить качество обработки поверхности почвы, увеличить производительность пахотного агрегата в среднем на 10-12% за счёт повышения рабочей скорости движения на 26,7% и коэффициента использования сменного времени на 12,5% при снижении на 6% погектарного расхода топлива.

Результаты исследований блочно-модульных агрегатов для предпосевной обработки почвы

Внедрение усовершенствованной технологии для качественной предпосевной обработки почвы перед посевом сахарной свеклы предполагает использование блочно-модульного комбинированного агрегата.

Экспериментальными исследованиями установлено, что гребнистость поверхности почвы обработанной комбинированным агрегатом АКШ-6Г находилась в пределах 9-12 мм. При предпосевной обработке машинно-агрегатом с культиватором КРШ-8,1Г гребнистость почвы была в 2,5 раза больше, чем после обработки предлагаемым комбинированным агрегатом и составила 21-31 мм.

Использование комбинированного агрегата АКШ-6Г позволило добиться крошения почвы до 97-98 %, вместо 86-87% по сравнению с работой культиватора КРШ-8,1Г и плотности почвы до 1,28-1,3 г/см³, вместо 1,03-1,06 г/см³. При увеличении скорости движения агрегата АКШ-6Г качественные показатели предпосевной подготовки почвы (плотность, гребнистость, крошение и глубина обработки почвы) изменяются незначительно.

По результатам эксплуатационно-технологической оценки агрегата АКШ-6Г, с интегральным трактором ЛТЗ-155 при обработке почвы с влажностью 9,54-16,7% и твердостью 0,68-1,18 МПа при скорости движения 9,8 км/ч, глубине обработки 7,84 см и ширине захвата 5,8 м производительность за час эксплуатационного времени составила 4,33 га. Коэффициент использования сменного времени – 0,76. Удельный расход топлива за время сменной работы составил 5,12 л/га. Тяговое сопротивление агрегата АКШ-6Г при движении на указанных скоростях составило от 18,70 до 19,77 кН. Загрузка двигателя по мощности достигала 0,64-0,89.

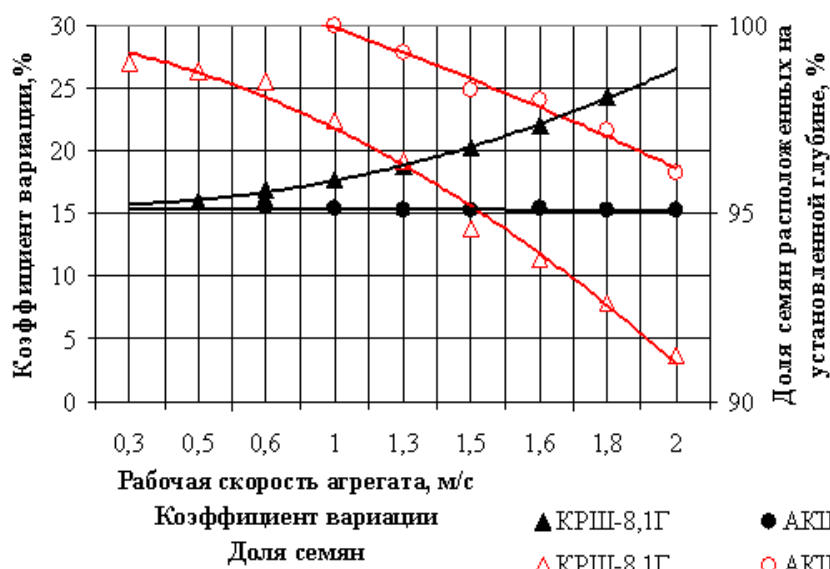


Рисунок 21. Распределение семян сахарной свеклы по глубине, посеянных ЛТЗ-155+СТВС-18 по полю, подготовленному агрегатами ЛТЗ-155+КРШ-8,1Г и ЛТЗ-155+ АКШ-6Г

Качественная предпосевная обработка почвы предложенным агрегатом предварительно вспаханная поворотным плугом позволила распределить большинство семян (95-98%) равномерно на установленной глубине, что способствовало равномерному распределению всходов сахарной свеклы (рисунок 21).

Использование блочно-модульного комбинированного агрегата на посеве сахарной свеклы

Усовершенствованная ресурсосберегающая технология предполагает совмещение предпосевной обработки почвы и точный высев семян сахарной свеклы выполняемых за один проход комбинированного агрегата.

Исследования проводились с использованием блочно-модульного комби-

нированного агрегата, состоящего из трактора ЛТЗ-155, на переднем навесном устройстве которого с помощью навески НП-5,4А установлен культиватор КРШ-8,1Г (изготовитель – ПАО «Грязинский культиваторный завод» Липецкой области) а на заднем навесном устройстве – сеялка СТВС-18 (изготовитель – ОКБ «Союз», г. Казань), (рисунок 22).



Рисунок 22. Комбинированный блочно-модульный агрегат КРШ-8,1Г+НП-5,4А +ЛТЗ-155+СТВС-18 на посеве сахарной свеклы

Экспериментальными исследованиями установлена производительность 18-рядного комбинированного блочно-модульного агрегата за 1 час сменного времени при посеве сахарной свеклы дражированными семенами в 3,5-3,9 га/ч. Использование этого комбинированного агрегата позволило снизить затраты труда в 4 раза при сокращении потребности в тракторах, культиваторах и сеялках и уменьшить на 23% удельные эксплуатационные затраты по сравнению с использованием 12-рядных однооперационных агрегатов. Кроме того, согласно исследованиям, работа комбинированного агрегата способствовала уменьшению доли уплотняемой колёсами площади поля с 27 до 6% и исключению разрыва во времени их проведения. Это положительно повлияло на повышение полевой всхожести семян на 4-10 % и урожайности на 1-2 т/га. Из-за сокращения числа проходов комбинированного агрегата по полю уменьшился в 1,5 раза удельный расход топлива по сравнению с использованием однооперационных агрегатов на равной обрабатываемой площади.

Эксплуатационно-технологическая оценка работы сеялки на посеве капсулированных семян

При эксплуатационно-технологической оценке экспериментального образца сеялки для капсулированных семян (рисунок 23) применялись капсулы включающие оболочку, из обыкновенного чернозема по массе 84,6%, микроудобрений – 2,72%, стимулятора роста-0,01 % и воды-12,58%, в которую был помещен гибрид кукурузы ДКС 3203 (Монсанта), обработанный гербицидом Максим ХЛ.

Анализ состояния посевов на поле ООО «Биопрогресс» Первомайского района Тамбовской области показал, что благодаря образованию вокруг капсулы рыхлой воздухопроницаемой питательной среды всходы развивались дружно и более интенсивно. По длине рядка капсулы размещались с коэффициентом вариации интервалов около 30% при скоростях движения агрегата до 1,75 м/с, а

всходы с коэффициентом вариации до 40% (рисунок 24).



Рисунок 23. Экспериментальный образец сеялки для капсулированных семян

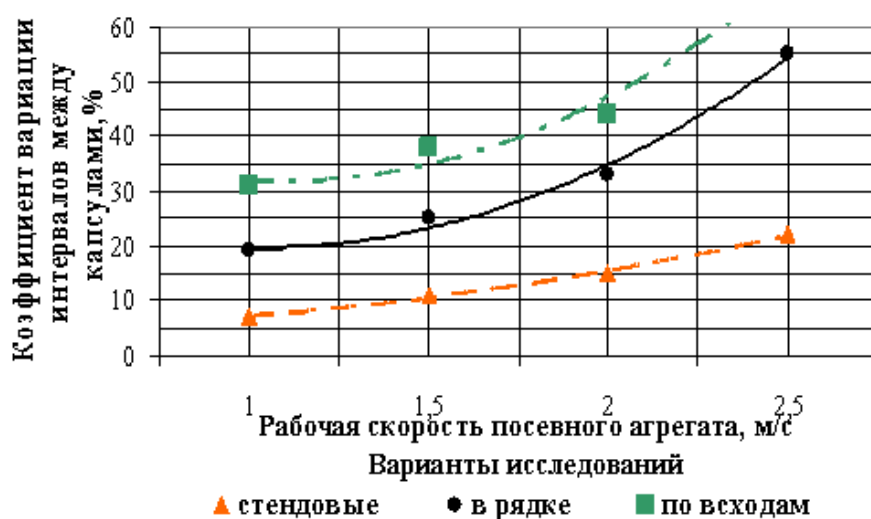


Рисунок 24. Коэффициент вариации интервалов между капсулами при различных вариантах исследований

По результатам полевых исследований использование экспериментального образца сеялки, агрегируемой с трактором МТЗ-80/82, при посеве капсулированных семян, позволило обеспечить производительность посевного агрегата за 1 час сменного времени 2,7 га при рабочей скорости 1,67 м/с с удельным расходом топлива в 2,7 л/га.

Результаты лабораторно-стендовых исследований распылителей, установленных на аппликаторах

В ходе лабораторно-стендовых исследований распылителей с щелевой насадкой были получены следующие результаты. Ширина полосы, обрабатываемая распылителями с различными углами распыла, увеличивалась прямо пропорционально высоте их установки. Так, минимальную ширину полосы 75 мм, соответствующую половине защитной зоны рядка при третьей гербицидной обработке, обеспечивал распылитель с факелом распыла 60°, установленный на высоте 50 мм от обрабатываемой поверхности при давлении в магистрали 2,0 МПа и рас-

ходе рабочей жидкости 1,6 л/мин. Для внекорневой подкормки в фазе смыкания листьев сахарной свеклы с шириной обрабатываемой полосы 450-500 мм возможно использование распылителей с щелевой насадкой с углом факела распыла от 60 до 120°, устанавливаемых на высоте от 400 до 175 мм, соответственно (рисунок 25).

На рисунке 26 в графическом виде представлены результаты лабораторно-стендовых исследований по определению угла фронта распыла распылителей с углом распыла в 40° при нанесении рабочей жидкости на полосу шириной 50 мм с различной высотой установки на аппликаторе.

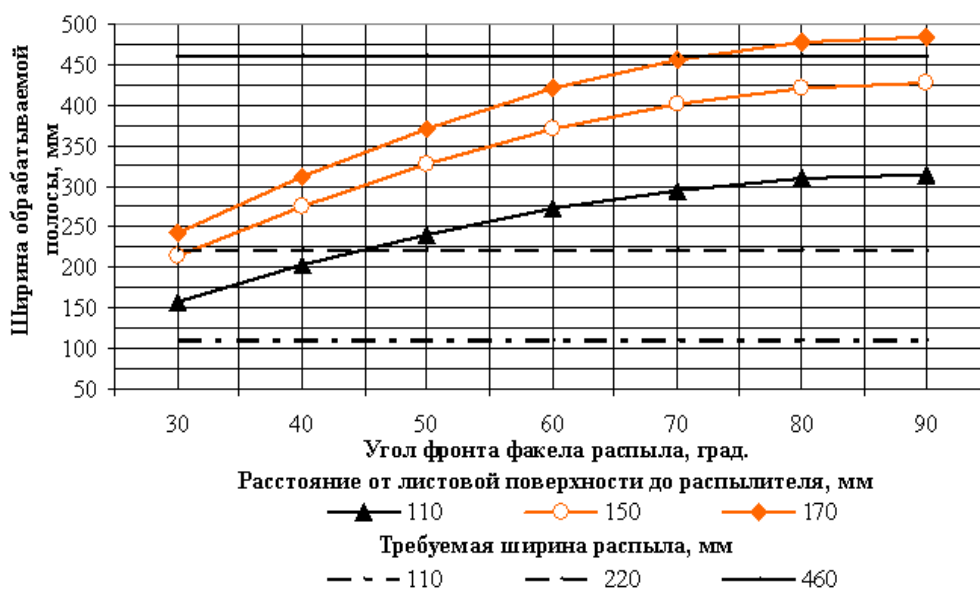


Рисунок 25. Определение ширины обрабатываемой полосы распылителем с углом факела распыла 110° при фиксированных углах фронта факела распыла

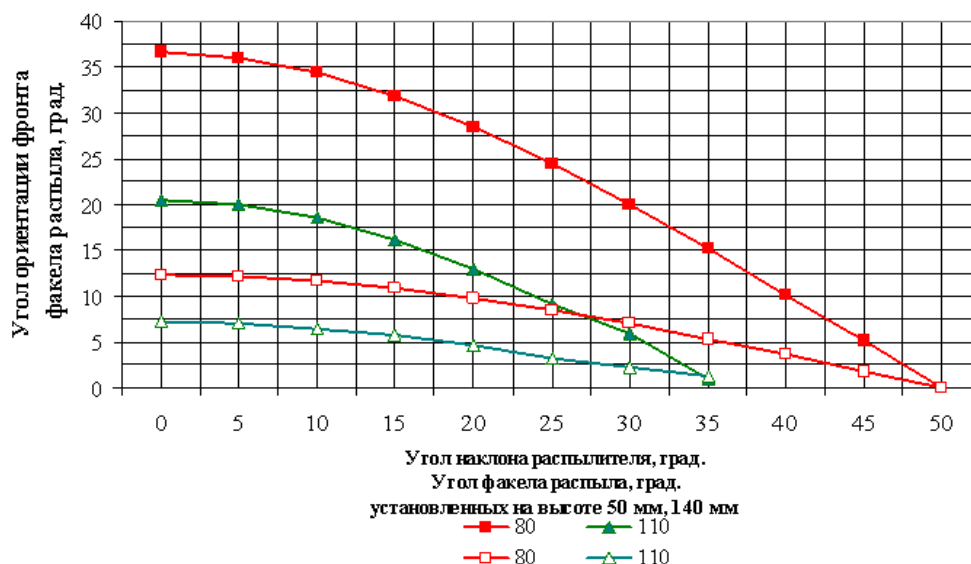


Рисунок 26. Определение угла установки фронта факела распыла распылителя с углом распыла 40° при обработке полосы шириной 50 мм

По результатам лабораторно-стендовых исследований был выбран распылитель с щелевой насадкой и различными факелами распыла (от 60 до 120°),

которые необходимо устанавливать на аппликаторы для гербицидной обработки защитной зоны рядков и внекорневой подкормки сахарной свеклы по листовой поверхности с учетом фазы развития и роста растений с возможностью регулировки расположения распылителей по высоте от обрабатываемых поверхностей от 50 до 400 мм, по углам фронта факела распыла от 30 до 90° и его ориентации (углу наклона) от 0 до 40°.

Результаты производственной проверки культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов

Производственную проверку изготовленного Инженерным центром ФГБНУ «ВНИИС им. И.В. Мичурина» культиватора с аппликаторами проводили на опытном поле учхоза «Комсомолец» Мичуринского района Тамбовской области совместно с сотрудниками Мичуринского государственного аграрного университета. Для химической обработки посевов применяли гербицид Бетанал 22 при норме расхода 1 л/га. В дальнейшем этот гербицид применяли в составе смесей с послевсходовыми гербицидами: Лонтрел 300, Центурион, Карибу с нормой расхода соответственно 0,3; 0,5 л/га и 30 г/га. При этом расход рабочего раствора составлял 200 л/га. Для внекорневой подкормки растений сахарной свеклы применяли препарат Альбит. Норма расхода препарата составляла 30-40 г/га при расходе рабочего раствора 300 л/га.

При двухсторонней гербицидной обработке рядков посевов сахарной свеклы в зависимости от фазы развития растений аппликатор настраивался на различную ширину защитной зоны (50, 60 и 75 мм) с учетом установки распылителей на заданной высоте с определенным углом факела распыла и ориентацией относительно обрабатываемой полосы.

При внекорневой подкормке регуляторами роста по листовой поверхности растений сахарной свеклы в зависимости от фазы их развития аппликатор настраивался на различную ширину обрабатываемой полосы от 250 до 400 мм.

Обработка посевов сахарной свеклы осуществлялась в период вегетации в зависимости от засоренности зачетного участка при различных фазах развития растений (рисунок 27).



Рисунок 27. Обработка посевов сахарной свеклы культиватором

с аппликаторами в фазе смыкания листьев в рядах

Совмещенное внесение регуляторов роста и гербицидов без попадания их на листовую поверхность позволило за счёт уменьшенной дозы внесения регуляторов на 16-37%, гербицидов на 50% снизить себестоимость обработки и существенно повысить качество обработки посевов, а также минимизировать негативное влияние гербицидов на растения сахарной свеклы.

Результаты производственной проверки культиватора с аппликаторами подтвердили целесообразность совмещения технологических операций по обработке посевов сахарной свеклы, выполняемых качественно в соответствии с агротехническими требованиями с увеличенной на 30 % производительностью при снижении на 20 % расхода топлива.

Влияние режимов работы вибрационных копачей и почвенных условий на качественные показатели работы свеклокопателя

После проведения экспериментов и обработки опытных данных было получено уравнение, характеризующее повреждение корнеплодов (Y_2) при работе свеклокопателя с вибрационными копачами:

$$Y_2 = 11,572 \cdot V^{0,756} \cdot T^{0,021} \cdot \omega^{-0,483} \cdot A^{0,246} \cdot W^{0,059}, \quad (21)$$

где V – скорость уборочного агрегата, м/с; T – твердость почвы, МПа; W – влажность почвы, %; ω – частота продольных колебаний копача, с⁻¹; A – амплитуда продольных колебаний копача, мм.

Зависимости повреждений корнеплодов от изменения частоты и амплитуды продольных колебаний вибрационного копача при экстремальных свойствах почвы представлены на рисунке 28.

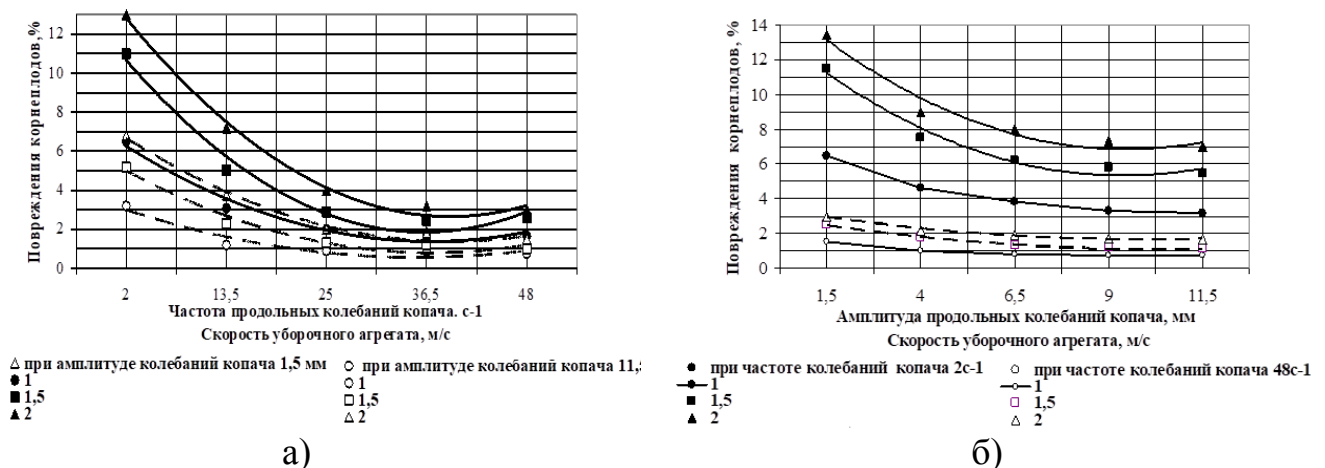


Рисунок 28. Повреждения корнеплодов в зависимости от изменения частоты (а) и амплитуды (б) продольных колебаний вибрационного копача при экстремальных свойствах почвы (твердость T – 3,5 МПа и влажность W – 10%)

Анализ зависимостей на рисунке 28 показал, что с увеличением скорости движения агрегата до 2 м/с, при работе свеклокопателя на низкой частоте коле-

баний копачей (2 с^{-1}), приводило к повышению до 14% повреждений корнеплодов. При этом повышение амплитуды колебаний вибрационных копачей при их работе с уменьшенной частотой колебаний снижало почти в 2 раза повреждения корнеплодов. При работе свеклокопателя на рабочей скорости 2 м/с, при частоте колебаний вибрационных копачей до 25 с^{-1} и амплитудой до 11,5 мм, повреждалось не более 2,3% корнеплодов, что объясняется перемещением копачей и корнеплодов в разрушенном мелкокомковатом почвенном слое без образования тел волочения. Исследованиями установлено, что колебания копачей с оптимальными режимами (при скорости движения агрегата 1,5 м/с, частоты 25 с^{-1} и амплитуды 6,5 мм продольных колебаний вибрационного копача) снижало на 20-25% поступление комков почвы на шнековые очистители копателя.

Колебания вибрационных копачей приводили к разрушению почвенных комков из-за снижения связности почвы и сил сцепления, действующих между частицами почвы. Повреждения и загрязненность корнеплодов почвой наблюдались при увеличении скорости движения уборочного агрегата более 2 м/с.

Оптимизация режимов работы вибрационных копачей на свеклокопателях

При оптимизации режимов работы навесного свеклокопателя с вибрационными копачами типа КВС-6 применены методы теории планирования многофакторных экспериментов с использованием не композиционного плана второго порядка, выбор которого обосновывался нелинейностью критериев от величины управляющих факторов, зафиксированных в ходе поисковых исследований.

В качестве критериев оптимизации приняты: тяговое сопротивление уборочного агрегата, повреждения корнеплодов. Факторы, интервалы и уровни их варьирования: скорость движения уборочного агрегата (V) – 1,0-2,0 м/с; твердость (T) и влажность (W) почвы соответственно: 1,5-3,5 МПа и 10-26%; частота (ω) и амплитуда (A) продольных колебаний вибрационного копача соответственно: 2-48 с^{-1} и 1,5-11,5 мм.

После обработки результатов многофакторного эксперимента на ПЭВМ получена адекватная модель для определения тягового сопротивления свеклокопателя, которая в раскодированном виде представлена в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 R_t = & 98,78 - 118,75 \cdot V - 21,0025 \cdot T + 0,032 \cdot \omega + 4,9193 \cdot A + 0,5902 \cdot W + \\
 & + 42,4 \cdot V^2 + 4,16 \cdot T^2 - 0,0025 \cdot \omega^2 - 0,373 \cdot A^2 - 0,0256 \cdot W^2 + 0,48 \cdot V \cdot T + \\
 & + 0,0155 \cdot V \cdot \omega - 0,096 \cdot V \cdot A - 0,03 \cdot V \cdot W - 0,0297 \cdot T \cdot \omega - 0,0188 \cdot T \cdot W - \\
 & - 0,0044 \cdot \omega \cdot A - 0,0027 \cdot \omega \cdot W - 0,0047 \cdot A \cdot W
 \end{aligned} \quad (20)$$

Для анализа влияния каждого из факторов и их взаимодействия на критерий оптимизации строились и исследовались поверхности отклика с помощью двумерных сечений.

Анализ графического изображения двумерных сечений показал, что минимальное значение тягового сопротивления в сечении области минимума относительно скорости движения агрегата (X_1) и твердости почвы (X_2), равно 16,715 кН (рисунок 29а), а область оптимума находится в пределах скорости от 1,4 до 1,6 м/с, и твердости почвы – от 2,2 до 2,8 МПа. При снижении скорости

движения уборочного агрегата тяговое сопротивление свеклокопателя уменьшается, а при увеличении твердости почвы – увеличивается. Скорость движения уборочного агрегата с ростом тягового сопротивления снижается вследствие увеличения буксования движителей энергетического средства.

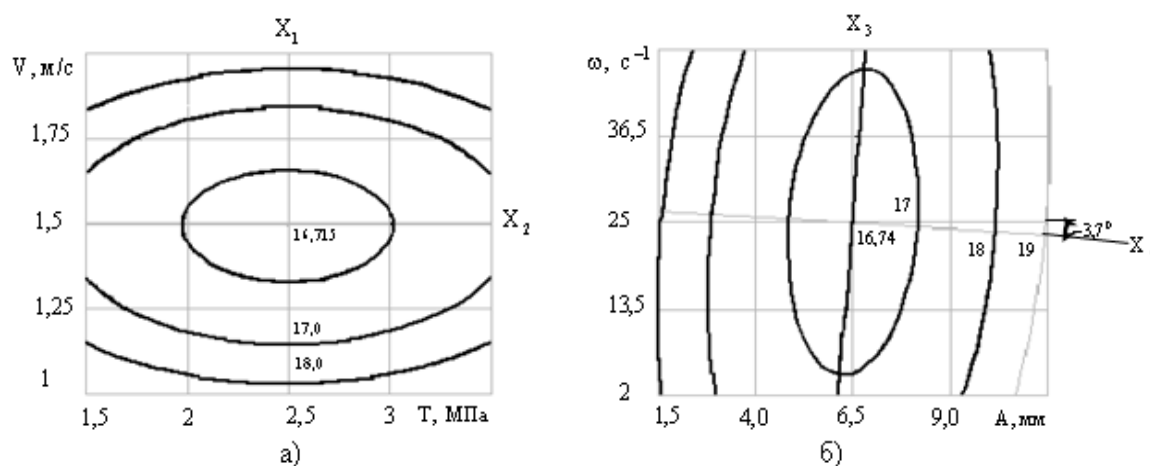


Рисунок 29. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость тягового сопротивления свеклокопателя:
 а) от скорости движения уборочного агрегата и твердости почвы;
 б) от амплитуды и частоты продольных колебаний вибрационного копача

Минимальное значение тягового сопротивления свеклокопателя в области оптимума составляет 16,74 кН (рисунок 29б). С увеличением скорости движения уборочного агрегата тяговое сопротивление свеклокопателя возрастает.

Как показали исследования, увеличение скорости движения уборочного агрегата до 2 м/с, при небольшой частоте колебаний копачей (2 с⁻¹), приводило к повышению до 14% повреждений корнеплодов. Увеличение повреждений корнеплодов практически невибрирующими копачами объясняется сдвиговыми процессами образовавшегося тела волочения (корнеплоды с комьями почвы) в направлении движения агрегата и слабой разрушающей способностью копачей, т.е. извлечение корнеплодов происходит с их подпором почвенной массой. При повышении амплитуды колебаний копачей с низкой частотой снижало почти в 2 раза повреждения корнеплодов.

Исследованиями установлено, что вибрация копачей с оптимальными частотой и амплитудой способствует снижению на 20-25% поступления комков почвы на шнековые очистители копателя. При этом разрушались комки за счет снижения связности почвы и сил сцепления, действующих между её частицами. Увеличение скорости движения уборочного агрегата более 2 м/с приводило к увеличению потерь и повреждений корнеплодов, а также их загрязненности почвой.

Анализ результатов исследований показывает, что работа свеклокопателя в оптимальном режиме (частота колебаний вибрационного копача 25 с⁻¹ и амплитуда 6,5 мм при твердости и влажностью почвы 2,5-2,8 МПа и 18-20% соответственно) обеспечивало снижение затрат мощности на уборку сахарной свеклы в среднем на 18% при нагрузке двигателя 0,8-0,92.

По результатам испытаний свеклокопателя с участием автора, установле-

но, что его тяговое сопротивление при движении уборочного агрегата со скоростями 1,28 и 1,56 м/с составило 10,45 и 11,40 кН, буксование ведущих колес трактора ЛТЗ-155-4,7 и 5,1 %. Снижение амплитуды колебаний копачей до 1,5 мм приводило к резкому увеличению тяговой мощности с 35 до 98,8 кВт, а затем и к буксованию трактора. При эксплуатационно-технологической оценке уборочного агрегата, на скорости 1,19 м/с, была получена производительность за 1 ч эксплуатационного времени – 0,71 га при коэффициенте использования времени 0,61. Затраты труда на выполнение технологического процесса составили 1,25 чел. ч/га.

В **пятой главе** «Рекомендации производству по техническому оснащению технологии возделывания и уборки сахарной свеклы» предложены аналитические выражения по определению потребности в агрегатах посевного и уборочного комплексов. С практически достаточной точностью по полученным аналитическим выражениям и с помощью построенных номограмм по программе Excel можно определить потребное количество блочно-модульных агрегатов по каждой технологической операции с учетом складывающихся производственных условий их использования и квотированного приёма корнеплодов сахарным заводом. Определена прогнозная потребность в самоходных свеклоуборочных комбайнах типа Holmer Terra Dos при круглосуточном их использовании в течение месяца по районам Тамбовской области, которая при сезонной наработке одного комбайна от 750 до 150 га, составляет от 2 до 16 единиц.

В **шестой главе** «Технико-экономические показатели эффективности технологий и технических средств для возделывания и уборки сахарной свеклы» приведены методика и результаты расчетов оценки эффективности предлагаемого комплекса машин. Расчеты показали, что этот комплекс с использованием комбинированных машин и агрегатов на 100 га посевов сахарной свеклы позволит по отдельным технологическим операциям снизить затраты труда от 1,16 до 2,86 раз при экономии удельных прямых эксплуатационных затрат от 2,4 до 38,8%, что в суммарном выражении составит более 540 тыс. рублей.

Заключение

1. На основании выполненного анализа существующих технологий и средств механизации возделывания и уборки сахарной свеклы определены перспективные направления их совершенствования путем совмещения совпадающих по агротехническим срокам технологических операций при использовании существующих и разрабатываемых высокопроизводительных машинно-тракторных агрегатов блочно-модульного построения на базе интегрального энергетического средства.

2. На основании проведенных теоретических исследований:

– обоснованы: динамика перераспределения тяговых нагрузок при работе интегрального энергетического средства в составе комбинированных агрегатов; конструктивно-технологические схемы поворотного плуга и плужного корпуса с лево- и правооборачивающими лемешно-отвальными поверхностями осуществляющего гладкую вспашку; параметры и условия равновесия плужного

корпуса, сила тяги в зависимости от угла постановки лемеха и поворота бруса в горизонтальной плоскости;

– обоснован процесс заполнения капсулированными семенами кукурузы ячеек высевающего диска со сводоразрушителями диаметром 0,2 м, на котором возможно разместить от 16 до 22 ячеек диаметром 0,02-0,03 м и глубиной 0,015-0,025 м; частота вращения высевающего диска не должна превышать $3,25 \text{ с}^{-1}$ при работе посевного агрегата на скорости 1,5 м/с с нормой высева 5,5 семян на 1 пог. м;

– при точной обработке посевов обосновано совмещение ленточного внесения гербицидов в защитную зону рядка растений с механической междурядной обработкой почвы и внекорневой подкормкой растений, осуществляемой при помощи культиватора с аппликаторами, оснащенными распылителями с щелевой насадкой, установленных на различной высоте и наклоненных под определенным углом по обе стороны рядка растений относительно обрабатываемой полосы в зависимости от её ширины;

– выявлено влияние скорости движения, твердости и влажности почвы, частоты и амплитуды колебаний вибрационных копачей свеклокопателя на качественные показатели работы с учетом пропускной способностью очищающих и транспортирующих рабочих органов, затраты мощности и производительность уборочного агрегата.

3. В результате экспериментальных исследований подтверждены теоретические положения по функционированию машинно-тракторных агрегатов и установлены оптимальные параметры и режимы работы:

– устойчивость поворотного плуга в вертикальной плоскости сохраняется за счёт равномерного распределения нагрузки в пределах 1,24-1,44 кН на каждое из трёх опорных колёс, движущихся по невспаханному полю. Удельное тяговое сопротивление поворотного плуга растет при увеличении угла постановки лемеха к стенке борозды и угла поворота рамы с плужными корпусами. При оптимальных значениях этих углов снижается тяговое сопротивление плуга и увеличивается производительность пахотного агрегата на 10-12% за счёт повышения рабочей скорости и коэффициента использования сменного времени до 0,81;

– крошение почвы при предпосевной обработке комбинированным агрегатом достигает 97-98%, плотность составляет 1,28-1,3 г/см³ при гребнистости поверхности поля в 8-10 мм. При этом 98-95% дражированных семян распределяются на установленной глубине с коэффициентом вариации 15-17%. Производительность посевного агрегата, работающего по предварительно обработанной поверхности почвы предлагаемым агрегатом, увеличивалась на 17,5 % по сравнению с обработкой пропашным культиватором. Производительность за 1 час сменного времени 18-ти рядного комбинированного агрегата на посевах сахарной свеклы дражированными семенами составила 3,5-3,9 га/ч при снижении затрат труда и потребности в сеялках. Удельные эксплуатационные затраты уменьшились на 23% по сравнению с использованием 12-тирядных однооперационных агрегатов. Подтверждена целесообразность оснащения сеялки системой контроля высева семян, позволяющая проводить контролируемый техноло-

гический процесс с разработанным устройством в оптимальные агротехнические сроки с высоким качеством посева;

- определены оптимальные размерно-массовые и прочностные характеристики капсул для кукурузы и вместимость бункера для них, конструктивно-режимные параметры высевающего аппарата, количество сводоразрушителей на диске и частота его вращения, размещение капсул в рядке при заданной норме высева. Производительность посевного агрегата с сеялкой для капсулированных семян, с предложенным высевающим аппаратом за 1 час сменного времени при скорости движения до 2 м/с, составила 2,7 га/ч;

- определены размерные характеристики листовой поверхности сахарной свеклы на различных фазах роста и развития, что позволяет предметно совершенствовать технологию возделывания свеклы. Минимальная ширина полосы защитной зоны находилась в пределах 50-60 мм. При этом гербицидная обработка обеспечивалась распылителями с щелевой насадкой с углом факела распыла 60°, установленными на высоте 50 мм от поверхности почвы при расходе рабочего раствора 1,34 л/мин. В фазе смыкания листьев сахарной свеклы для внекорневой подкормки применялись распылители с щелевой насадкой с углами факела распыла от 60 до 120°, установленные на высоте от 400 до 175 мм относительно листовой поверхности. Комбинированная обработка посевов с совместным применением регуляторов роста растений и гербицидов и междурядной обработки позволило снизить засорённость посевов до 15%, повысить урожайность корнеплодов на 8,6-24,5% и сахаристость на 0,2-1,0%;

- для сокращения потерь, повреждений и загрязнённости корнеплодов при использовании навесного свеклокопателя КВС-6 предлагается использовать вибрационные копачи на оптимальных режимах: частота колебаний копача 25 с⁻¹ с амплитудой 6,5 мм, на почвах с твердостью 2,5-2,8 МПа и влажностью 18-20%. При этом снижение затрат мощности в среднем составляло 18 % при загрузке двигателя 0,8-0,92.

4. Потребное количество блочно-модульных агрегатов по каждой технологической операции рекомендуется определять с учетом складывающихся производственных условий их использования. При увеличении обрабатываемой площади с 100 до 560 га и продолжительности работы в пределах агротехнического срока требуется блочно-модульных агрегатов: для предпосевной обработки почвы и посева – от одного до восьми; для выкопки корнеплодов и укладывания в валок – от двух до четырех свеклокопателей, подбора корнеплодов из валков и погрузки в кузов транспортного средства – от одного до трех подборщиков-погрузчиков, транспортировки корнеплодов – от трех до девяти тракторно-транспортных агрегатов (при использовании бункерных подборщиков их потребуется не более трех). При круглосуточном использовании в течение месяца и суточном квотированном приёме корнеплодов сахарным заводом в объёме не более 500 тонн потребность в самоходных свеклоуборочных комбайнах типа Holmer Terra Dos при сезонной наработке в пределах от 150 до 750 га составляет от одной до трёх единиц

5. Предлагаемый комплекс машин для возделывания и уборки сахарной свеклы с использованием комбинированных машин и агрегатов блочно-

модульного построения позволил по отдельным технологическим операциям снизить затраты труда от 1,16 до 2,86 раз при экономии удельных прямых эксплуатационных затрат от 2,4 до 38,8% и уменьшить расход дизельного топлива на 23-36%. При использовании комплекса машин на площади в 100 га суммарная экономия удельных прямых эксплуатационных затрат составила более 540 тыс. рублей.

Предложения для реализации

На основании исследований были получены результаты, которые могут быть использованы при проектировании и изготовлении поворотного плуга, сеялки для посева капсулированных семян, культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов сахарной свеклы и других пропашных культур, модернизации существующих машин, а также при комплектовании комбинированных агрегатов на принципах блочно-модульного построения. Разработанные аналитические выражения и номограммы, позволяют определять прогнозную потребность в конкретных машинах и их количество для комплектования блочно-модульных агрегатах при возделывании и уборке сахарной свеклы.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Целесообразно провести исследования усовершенствованной технологии возделывания и уборки сахарной свеклы на основе дистанционного зондирования поверхности поля в режиме реального времени, которое позволяет определить уровень влаги, дозы удобрений и дифференцированной подкормки растений непосредственно во время выполнения операций, оценить качество выполненных работ, состояние посевов и почвы.

Для повышения эффективности использования блочно-модульных агрегатов необходимо разработать и оснастить энергетическое средство и агрегатируемые с ним предлагаемые сельскохозяйственные машины оборудованием для автоматизированного контроля качества выполнения каждой технологической операции, использовать системы автоматического и параллельного вождения агрегатов позволяющими снизить утомляемость механизатора, расход топлива и технологических материалов (семян удобрений, средств защиты растений), повысить качество выполнения операций и возможность работать в ночное время суток.

Основные положения диссертации изложены

в изданиях, рекомендуемых ВАК:

1. Балашов, А.В. Технология и комплекс машин для возделывания и уборки сахарной свеклы / А.В. Балашов, Ю.А. Тырнов, А.А. Армашов // Достижения науки и техники АПК. – 2002. – № 1. – С. 27-31.
2. Балашов, А.В. Трактор ЛТЗ-155 помощник свекловода / А.В. Балашов, А.С. Дурманов, А.Г. Рамазанов // Сельский механизатор. – 2003. – №12. – С. 12-14.
3. Балашов, А.В. Стабилизация продольной устойчивости свеклоуборочного агрегата на базе трактора ВТ-100ДС / А.В. Балашов, Ю.А. Тырнов, В.С. Орлов // Техника в сельском хозяйстве. – 2004. – № 1. – С.19-20.
4. Балашов, А.В. Потребность в машинах посевного комплекса / А.В. Балашов // Сахарная свекла. – 2004. – № 2. – С. 14-15.
5. Балашов, А.В. Использование широкозахватных агрегатов для высева сахарной свеклы / А.В. Балашов // Сахарная свекла. – 2004. – № 2. – С. 15-16.

6. Балашов, А.В. Оптимизация режимов работы вибрирующих копачей свеклоуборочных машин / А.В. Балашов, А.Г. Рамазанов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2004. – № 5. – С. 13-14.
7. Балашов, А.В. Сколько техники необходимо для высоких темпов уборки / А.В. Балашов // Сахарная свекла. – 2004. – № 7. – С. 40-43.
8. Балашов, А.В. Использование зарубежных свеклоуборочных комбайнов / А.В. Балашов // Сахарная свекла. – 2004. – № 8. – С. 27-29.
9. Балашов, А.В. Агрегаты для предпосевной обработки почвы / А.В. Балашов // Сельский механизатор. – 2005. – №1. – С. 12-13.
10. Балашов, А.В. МТС для уборки сахарной свеклы / А.В. Балашов, Н.Д. Нестеренко // Техника и оборудование для села. – 2005. – № 6. – С. 33.
11. Балашов, А.В. Агрегат для уборки свеклы / А.В. Балашов, А.А. Армашов // Сельский механизатор. – 2006. – №2. – С. 16-17.
12. Балашов, А.В. Режим работы свеклоуборочных комбайнов с вибрационными копачами / А.В. Балашов, Д.А. Гуцин // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 8. – С. 45-46.
13. Балашов, А.В. Потребность в свеклоуборочных комплексах при квотированных поставках корнеплодов на сахарный завод / А.В. Балашов // Сахарная свекла. – 2007. – С. 22-23.
14. Балашов, А.В. Определение ёмкости бункера свеклоуборочного комбайна / А.В. Балашов // Механизация и Электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 5. – С. 34.
15. Балашов, А.В. Конструктивные параметры высевающего диска сеялки для посева капсулированных семян / А.В. Балашов, Ю.А. Тырнов, С.П. Стрыгин // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – № 1. – С. 5-6.
16. Балашов, А.В. Диск для капсулированных семян / А.В. Балашов, Ю.А. Тырнов, С.П. Стрыгин // Сельский механизатор. – 2012. – № 4. – С. 9.
17. Балашов, А.В. Оценка работы свеклоуборочных комбайнов / А.В. Балашов, Ю.А. Тырнов, А.А. Синельников // Механизация и Электрификация сельского хозяйства. – 2012. – № 4. – С. 35-36.
18. Балашов, А.В. Обоснование конструктивных параметров высевающего диска со сводоразрушителем / А.В. Балашов, Ю.А. Тырнов, С.П. Стрыгин // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – № 6. – С. 8-10.
19. Балашов, А.В. Характеристика сервисного обслуживания свеклоуборочных комбайнов HOLMER / А.В. Балашов, Д.А. Гуцин // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – № 6. – С. 13-14.
20. Балашов, А.В. Обеспечение ресурсами ремонта и технического обслуживания свеклоуборочных комбайнов HOLMER / А.В. Балашов // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – №6. – С. 17-18.
21. Балашов, А.В. Самодиагностика комбайна HOLMER с использованием тренажёра / А.В. Балашов, Ю.А. Тырнов, Д.А. Гуцин // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – № 6. – С. 28-29.
22. Балашов, А.В. Потребность в свеклоуборочных комплексах при квотированном приёме корнеплодов сахарным заводом / А.В. Балашов // Механизация и Электрификация сельского хозяйства. – 2013. – № 1. – С. 10-11.
23. Балашов, А.В. Повышение эффективности вспашки поворотным плугом / А.В. Балашов, А.Н. Зазуля, С.В. Марнов // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – № 1. – С. 4-6.
24. Балашов, А.В. Исследование показателей работы поворотного плуга для гладкой вспашки почвы / А.В. Балашов, А.Н. Зазуля, Ю.А. Тырнов // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – № 1. – С. 23-24.
25. Балашов, А.В. Энергетический баланс самоходного свеклоуборочного комбайна Holmer / А.В. Балашов, Ю.А. Тырнов, Д.А. Гуцин // Механизация и Электрификация сельского хозяйства. – 2013. – № 3. – С. 24-25.

26. Балашов, А.В. Эффективность использования поворотных плугов для гладкой вспашки почвы / А.Н. Зазуля, А.В. Балашов, В.П. Белогорский [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1. – С. 48-53.
27. Балашов, А.В. Действие сил на рабочие органы поворотного плуга с переменной шириной захвата и его тяговое сопротивление / А.Н. Зазуля, А.В. Балашов, В.П. Белогорский [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2013. – №1. – С. 56-62.
28. Балашов, А.В. Механическая сеялка для высева капсулированных семян / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, С.П. Стрыгин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2014. – № 5. – С. 18-19.
29. Балашов, А.В. Агрегат для сбора и транспортировки ботвы / А.В. Балашов, В.А. Минкин, А.Р. Горгодзе // Сельский механизатор. – 2014. – № 5. – С.8-9.
30. Балашов, А.В. Блочно-модульный агрегат для возделывания пропашных культур / А.В. Балашов, А.Н. Омаров, А.И. Завражнов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета, 2015, № 2. – С. 163-170.
31. Балашов, А.В. Сравнительные эксплуатационно-технологические показатели качества посева капсулированных семян / А.В. Балашов, А.Н. Омаров, А.И. Завражнов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2015, № 2. – С. 179-182.
32. Балашов, А.В. Результаты лабораторно-стендовых исследований высевающего аппарата для капсулированных семян пропашных культур / С.П. Стрыгин, А.В. Балашов // Наука в центральной России. – 2015. – № 6. – С. 78-84.
33. Балашов, А.В. Технология и комбинированное средство для ухода за посевами сахарной свеклы / А.И. Завражнов, А.Н. Омаров, А.В. Балашов // Наука в центральной России. – 2016. – № 2, – С. 5-11.
34. Балашов, А.В. Определение конструктивно-режимных параметров аппарата для высева капсулированных семян / С.П. Стрыгин, А.И. Завражнов, А.В. Балашов // Наука в центральной России. – 2016. – № 4(22). – С. 5-9.
35. Балашов, А.В. Определение конструктивных параметров аппликаторов для локальной обработки посевов сахарной свеклы / А.И. Завражнов, А.В. Балашов, А.Н. Омаров // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т.31. – № 1. – С. 52-55.
36. Балашов, А.В. Система контроля высева семян / А.И. Завражнов, А.В. Балашов, С.П. Стрыгин, А.В. Крищенко, Н.Ю. Пустоваров // Сельский механизатор. – 2017. – № 12. – С. 18-21.
37. Балашов, А.В. Модернизированная система контроля высева семян / А.И. Завражнов, А.В. Балашов, А.В. Крищенко // Наука в центральной России. Наука в центральной России. – 2019. – №2, (38). – С. 53-60.

в описаниях к изобретениям

38. Патент №2101906 Российская Федерация, МПК А01С 7/20. Сошник для разбросного высева семян и удобрений / Ногтиков А.А., Сазонов С.Н., Балашов А.В.; заявитель и патентообладатель ВИИТиН.-№95103093/13, заяв.02.03.1995;опубл, 20.01.1998, Бюл. № 2. – 6 с.
39. Патент №2475012 Российская Федерация, МПК А01С 7/04. Устройство для посадки семян в капсулах. / Тырнов Ю.А., Балашов А.В., Белогорский В.П., Стрыгин С.П., Сухов А.А.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. – № 2011132723, заяв.03.08.2011; опубл. 20.02.2013, Бюл. №5. – 7 с.
40. Патент №2490844 Российская Федерация, МПК А01В 15/00 А01В 3/28. Плужный корпус. / Тырнов Ю.А., Балашов А.В., Белогорский В.П., Марнов С.В.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. – № 2012125297/13, заяв.18.06.2012; опубл. 27.08. 2013, Бюл. №24. – 7 с.
41. Патент №2506732 Российская Федерация, МПК А01В 3/30 Плуг поворотный с переменной шириной захвата / Тырнов Ю.А., Балашов А.В., Белогорский В.П., Марнов С.В.;

заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. – № 2012138513/13, заяв.07.09.2012; опубл. 20.02. 2014, Бюл. №5. – 8 с.

42. Патент №2526272 Российская Федерация, МПК А01С 1/06 Капсула для хранения и высева семян / Сухов А.А., Фоменко Н.А., Тырнов Ю.А., Балашов А.В. заявитель и патентообладатель Сухов Алексей Александрович.– № 2013102319/13, заяв.17.01.2013; опубл. 20.08. 2014, Бюл. №23. – 6 с.

43. Патент №2542124 Российская Федерация, МПК А01В 79/02 Способ для внесения листовых удобрений и гербицидов / Горшенин В. И., Тырнов Ю.А., Балашов А.В., Омаров А.Н., Абросимов А.Г., Дробышев И.А., Соловьев С.В., Папихина Н.В., Алехин А.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Мичуринский государственный аграрный университет» – № 2013111175/13, заяв.12.03.2013; опубл. 20.02. 2015, Бюл. №5. – 8 с.

44. Патент №2556722 Российская Федерация, МПК А01С 7/04.Высевающий аппарат / Балашов А.В., Белогорский В.П., Зайнушев Ж.Ж.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. – № 2014121410/13, заяв.03.08.2011; опубл. 27.05.2014, опубл. 20.07.2015 Бюл. №20. – 8 с.

45. Патент №2585850 Российская Федерация, МПК А01С 7/04.Высевающий диск для капсулированных семян. / Завражнов А.И., Зазуля А.Н., Балашов А.В., Белогорский В.П., Стрыгин С.П., Синельников А.А.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИТиН. – № 2015109563/13, заяв.18.03.2015; опубл. 10.06.2016, Бюл. №16. – 7 с.

46. Патент №2681570 Российская Федерация, МПК А01С 7/00 . А01С 7/208 Система контроля высева семян/ Крищенко А.В., Завражнов А.И., Зазуля А.Н., Балашов А.В., Стрыгин С.П., Пустоваров Н.Ю.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИТиН. – № 2017132542, заяв.13.02.2017; опубл. 11.03.2019, Бюл. № 8. – 7 с.

в научных изданиях, рекомендациях, других изданиях и материалах конференций:

47. Балашов, А.В. Машины и машинные технологии производства сахарной свеклы «Теоретические аспекты эффективного использования и ресурсосбережения. Основные требования. / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, А.С. Дурманов и [др.]. – Воронеж: Истоки, 2001. – 163 с.

48. Балашов, А.В. Совершенствование технологического комплекса машин для уборки сахарной свеклы / А.В. Балашов, А.Г. Рамазанов. – Воронеж: Истоки, 2003. – 33 с.

49. Балашов, А.В. Обоснование параметров и режимов работы вибрационных рабочих органов свеклоуборочных машин / А.В. Балашов, А.Г. Рамазанов. – Воронеж: Истоки, 2003. – 58 с.

50. Балашов, А.В. Повышение эффективности использования свекловодческих тракторов ВТ-100ДС оптимизацией режимов работы и динамики движения / А.В. Балашов, А.А. Ногтиков, А.Н. Агапов и [др.]. – Воронеж: Истоки, 2003. – 106 с.

51. Балашов, А.В. Интегральный трактор. Основные потребительские свойства и использование в составе машинных агрегатов и технологий / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, А.С. Дурманов и [др.]. – Воронеж: Истоки, 2003. – 218 с.

52. Балашов, А.В. Машинно-технологическое обеспечение конкурентоспособного производства сахарной свеклы на базе воспроизводимых в России лучших мировых аналогов машин / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, Ю.В. Мельник и [др.]. – Воронеж: Истоки, 2004. – 63 с.

53. Балашов, А.В. Адаптация гусеничных тракторов общего назначения и агрегатов к условиям использования в технологиях производства пропашных культур / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, Н.В. Михеев и [др.]. – Воронеж: Истоки, 2004. – 163 с.

54. Балашов, А.В. Высокоадаптированные машинные технологии и технические средства нового поколения для низкозатратного и устойчивого производства сельскохозяйственных культур (на примере сахарной свеклы и зерновых культур) / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский и [др.]. – Воронеж: Истоки, 2005. – 174 с.

55. Балашов, А.В. Совершенствование технологий и технических средств опрыскивания растений (обзор, анализ, теория) / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский и [др.]. – Воронеж: Истоки, 2005, часть I и II. – 86 с. и 84 с.
56. Балашов, А.В. Машинные агрегаты и агротехнологии конкурентоспособного производства сахарной свеклы (рекомендации по практическому применению) / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский и [др.]. – Воронеж: Истоки, 2006. – 200 с.
57. Балашов, А.В. Повышение эффективности использования технологий и технических средств для возделывания и уборки пропашных культур (рекомендации). / А.Н. Зазуля, Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов и [др.]; ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2012. – 76 с.
58. Балашов, А.В. Эксплуатационно-технологические показатели работы агрегатов на посеве капсулированных семян / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский [и др.] // Наука в центральной России. – 2013. – № 2. – С. 32-34.
59. Балашов, А.В. Использование комбинированных агрегатов для предпосевной обработки почвы при точном высеве сахарной свеклы / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: матер. Междунар. науч. практ. конф. 23-25 апреля 2014 года. – Мичуринск: Изд-во Мичуринского госагроуниверситета, 2014. – С. 24-27.
60. Балашов, А.В. Обоснование параметров и режимов работы поворотного плуга для гладкой вспашки / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, С.В. Марнов // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: матер. Междунар. науч. практ. конф. 23–25 апреля 2014 года. – Мичуринск: Изд-во Мичуринского госагроуниверситета, 2014. – С. 158-163.
61. Балашов, А.В. Результаты лабораторно-стендовых исследований высевающего аппарата для дражированных семян сахарной свеклы: сб. науч. докл. XVIII Междунар. науч. – практич. конф. 23-24 сентября 2015 года, г. Тамбов / А.И. Завражнов, А.В. Балашов, А.В. Крищенко. Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2015. – С. 57-60.
62. Балашов, А.В. Результаты исследования распылительных форсунок при обработке пропашных культур: сб. науч. докл. XVIII Междунар. науч.-практич. конф. 23-24 сентября 2015 года, г. Тамбов / А.И. Завражнов, С.В. Соловьёв, А.В. Балашов. Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2015. – С. 61- 63.
63. Балашов, А.В. Применение блочного принципа создания технических средств используемых при возделывании сахарной свеклы / А.В. Балашов // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: сб. науч. докл. XIX Международной науч.-практ. конф., посвященной году экологии в России и 80-летию Тамбовской области, 27-28 сентября 2017 года, г. Тамбов. – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2017. – С. 58-62.
64. Балашов, А.В. Результаты исследований параметров датчиков, используемых в системе контроля посева семян пропашных культур / А.И. Завражнов, А.В. Балашов, Н.Ю. Пустоваров // Наука в центральной России, № 5(29), 2017. – С.28-35.
65. Балашов А.В. Использование блочно-модульного агрегата для предпосевной обработки почвы // Наука в центральной России, №1, 2018. – С. 14-20.
66. Инновационная технология и техника производства сахарной свеклы: монография / А.И. Завражнов [и др.]; под общ. ред. А.И. Завражнова. – Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2018. – 149 с.
67. Ресурсосберегающая технология и техника производства сахарной свеклы: Монография / А.И. Завражнов, В.И. Горшенин, А.В. Балашов [и др.] под ред. А.И. Завражнова – СПб.: Издательство «Лань», 2019. – 164 с: ил. – (учебники для вузов, Специальная литература).

Отпечатано в издательско-полиграфическом центре
ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ
Подписано в печать 11.02.2020. Формат 60x84 1 /16,
Бумага офсетная № 1. Усл.печ.л. 2,4 Тираж 100 экз. Ризограф
Заказ № 20454

Издательско-полиграфический центр
Мичуринского государственного аграрного университета
393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, 101,
тел. +7 (47545) 9-44-45

