

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и
нефтепродуктов в сельском хозяйстве (ФГБНУ ВНИИТиН)

На правах рукописи



БАЛАШОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ
САХАРНОЙ СВЕКЛЫ АГРЕГАТАМИ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОГО
ПОСТРОЕНИЯ НА БАЗЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ЭНЕРГОСРЕДСТВА

Специальность: 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
доктора технических наук

Научный консультант:
академик РАН,
доктор технических наук,
профессор Завражнов А.И.

Тамбов-2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ.....	18
1.1 Состояние и перспективы развития свекловодства в России.....	18
1.2 Анализ технологических процессов возделывания и уборки сахарной свеклы.....	25
1.3 Анализ факторов, влияющих на потери продукции при возделывании и уборке сахарной свеклы.....	41
1.3.1 Пути совершенствования технологического процесса возделывания и уборки сахарной свеклы по снижению потерь продукции.....	46
1.4 Анализ технических средств для возделывания и уборки сахарной свеклы.....	48
1.4.1 Энергетические средства, используемые при построении машинно- тракторных агрегатов.....	60
1.4.2 Блочно-модульное построение машинно-тракторных агрегатов на базе интегрального энергетического средства.....	69
1.5 Выводы по главе. Цель и задачи исследований.....	75
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ.....	79
2.1 Условия рационального агрегатирования энергетического средства с сельскохозяйственными машинами.....	79
2.2 Обоснование навесоспособности энергетического средства.....	80
2.2.1 Обоснование снижения затрат мощности при использовании блочно-модульного комбинированного агрегата на посеве сахарной свеклы.....	84

	стр.
2.2.2 Обоснование агротехнологической вписываемости и маневренности энергетического средства.....	86
2.2.2.1 Движение энергетического средства в прямолинейных междурядьях сахарной свеклы.....	87
2.2.2.2 Определение поперечных смещений передних колес энергетического средства и секций рабочих органов машин.....	88
2.2.2.3 Динамика перераспределения тяговых нагрузок при работе энергетического средства в составе блочно-модульных комбинированных агрегатов.....	89
2.3 Обоснование способов основной обработки почвы под сахарную свеклу.....	96
2.3.1 Аналитическое обоснование силы тяги, обеспечивающей устойчивость поворотного плуга в горизонтальной плоскости.....	96
2.4 Теоретические исследования высевающего аппарата для высева капсулированных семян.....	99
2.4.1 Обоснование конструктивных параметров высевающего диска.....	99
2.4.1.1 Определение конфигурации и размеров сводоразрушителя высевающего диска.....	103
2.4.2 Определение скорости движения посевного агрегата в зависимости от частоты вращения высевающего диска.....	107
2.5 Разработка и использование культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов сахарной свеклы.....	110
2.5.1 Обоснование способов обработки посевов сахарной свеклы.....	110
2.5.2 Теоретическое обоснование применения распылителей с щелевой насадкой на аппликаторе.....	112
2.6 Теоретические предпосылки повышения эффективности процесса извлечения корнеплодов вибрационным рабочим органом.....	117
2.6.1 Описание процесса вибрационного извлечения корнеплодов.....	117

	стр.
2.6.2 Анализ затрат мощности при колебательном движении вибрационного копача.....	119
2.7 Теоретические положения по повышению производительности и качества работы уборочных агрегатов.....	121
2.8 Выводы по главе.....	147
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	150
3.1 Программа исследований.....	150
3.2 Методика проведения экспериментальных исследований.....	151
3.2.1 Методика экспериментальных исследований блочно-модульного машинно-тракторного агрегата на базе интегрального трактора ЛТЗ-155.....	151
3.2.1.1 Определение тяговых нагрузок интегрального трактора при работе в составе блочно-модульных машинно-тракторных агрегатов.....	153
3.2.1.2 Методика определения силы тяги на крюке интегрального трактора.....	153
3.2.1.3 Тарировка измерительной аппаратуры.....	159
3.2.2 Методика экспериментальных исследований поворотного плуга.....	161
3.2.3 Методика экспериментальных исследований высевающего аппарата для капсулированных семян.....	167
3.2.3.1 Методика планирования многофакторного эксперимента при определении параметров высевающего аппарата.....	171
3.2.4 Методика экспериментальных исследований культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов сахарной свеклы.....	172
3.2.4.1 Методика проведения лабораторно-стендовых исследований.....	172
3.2.4.2 Методика определения качества распыла при лабораторных исследованиях.....	174

	стр.
3.2.4.3 Методика проведения производственной проверки культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов.....	175
3.2.5 Методика экспериментальных исследований свеклокопателя с вибрационными копачами.....	178
3.2.5.1 Планирование многофакторного эксперимента при изучении повреждений корнеплодов и тягового сопротивления свеклокопателя....	180
3.3 Методика обработки и анализа полученных данных.....	181
3.4 Выводы по главе.....	182
4. РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ..	184
4.1 Результаты экспериментальных исследований устойчивости и тягово-мощностных показателей пахотного агрегата с поворотным плугом.....	184
4.2 Результаты исследований блочно-модульных агрегатов для предпосевной обработки почвы.....	187
4.3 Результаты исследований сеялки на посеве капсулированных семян.....	190
4.3.1 Результат исследований размерно-массовых характеристик и фрикционных свойств капсулированных семян.....	190
4.3.2 Определение вместимости бункера для капсулированных семян высевающего аппарата сеялки.....	191
4.3.3 Результаты лабораторно-стендовых исследований высевающего аппарата для капсулированных семян.....	192
4.3.4 Эксплуатационно-технологические показатели работы сеялки на посеве капсулированных семян.....	199
4.4 Использование блочно-модульного комбинированного агрегата на посеве сахарной свеклы.....	202
4.5 Использование модернизированных сеялок на посеве сахарной свеклы.....	206
4.5.1 Результаты исследований системы контроля высева семян.....	209
4.6 Результаты исследований культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов сахарной свеклы.....	213

	стр.
4.6.1 Результаты исследований качества работы распылителей с щелевой насадкой, установленных на аппликаторе.....	213
4.6.2 Результаты лабораторно-стендовых исследований распылителей с щелевой насадкой.....	215
4.6.3 Результаты производственной проверки культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов сахарной свеклы.....	218
4.7 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СВЕКЛОУБОРОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	221
4.7.1 Оптимизация режимов работы вибрационных копачей на свеклоуборочных машинах.....	221
4.7.1.1 Влияние режимов работы вибрационных копачей и почвенных условий на качественные показатели работы свеклокопателя.....	222
4.7.1.2 Влияние режимов работы вибрационных копачей и почвенных условий на энергетические показатели работы свеклокопателя.....	224
4.7.2 Сравнительная эксплуатационно-технологическая оценка работы зарубежных свеклоуборочных комбайнов.....	230
4.7.3 Результаты эксплуатационно-технологической оценки машин свеклоуборочных комплексов.....	235
4.8 Выводы по главе.....	240
5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОСНАЩЕНИЮ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ.....	244
5.1 Определение потребности в блочно-модульных агрегатах посевного комплекса.....	245
5.2 Определение потребности в блочно-модульных агрегатах уборочного комплекса.....	248
5.2.1 Агротехнические требования и естественно-производственные условия уборки сахарной свеклы.....	248

5.2.2 Обоснование оптимальной продолжительности и начала уборки сахарной свеклы.....	252
5.2.3 Определение потребности в блочно-модульных агрегатах при двухфазной уборке сахарной свеклы.....	256
5.2.4 Использование блочно-модульных свеклоуборочных агрегатов в составе машинно-технологической станции.....	264
5.2.5 Обоснование потребности в свеклоуборочных агрегатах при квотированном приёме корнеплодов сахарным заводом.....	266
5.2.6 Определение потребности в самоходных свеклоуборочных комбайнах при однофазной уборке сахарной свеклы.....	270
5.2.6.1 Определение вместимости бункера самоходного свеклоуборочного комбайна.....	272
5.3 Выводы по главе.....	277
6 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ.....	279
6.1 Методика оценки эффективности использования предлагаемого комплекса машин для возделывания и уборки сахарной свеклы.....	279
6.2 Результаты определения технико-экономических показателей эффективности использования предлагаемых технических средств.....	280
6.3 Выводы по главе.....	285
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	286
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	291
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	317
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	318
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	327
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	368
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	385

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Свеклосахарный комплекс играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности России. Инновационное развитие свекловодства формирующего сырьевую базу для сахарного производства подразумевает увеличение валового сбора корнеплодов за счет роста урожайности, которую можно получить применением высокоурожайных сортов и совершенствованием технологии возделывания и уборки при снижении затрат на производство сахарной свеклы. За последние пять лет валовой сбор, и урожайность корнеплодов 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 среднегодового производства свекловичного сахара в объеме не менее 6 млн.т, который гарантировал 90% уровень самообеспеченности сахаром (в соответствии с физиологическими нормами питания – 43 кг на одного человека). При этом удельные затраты на возделывание одного гектара посевов сахарной свеклы выросли к уровню предшествующего периода в среднем на 40%, снизить которые возможно за счет применения прогрессивной ресурсосберегающей технологии, предполагающей 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 и получение не менее 7-8 т сахара с 1 га.

В связи с вышеизложенным, научные исследования, направленные на совершенствование технологии возделывания и уборки сахарной свеклы путем совмещения технологических операций и применения высокопроизводительных комбинированных агрегатов, составленных по блочно-модульному принципу

проектирования и включающие интегральное универсально-пропашное энергетическое средство и машины с новыми и модернизированными рабочими органами, способствующие увеличению урожайности и рациональному использованию ресурсов, являются актуальной научной проблемой, имеющей важное хозяйственное значение.

Технологический процесс возделывания сахарной свеклы предусматривает последовательное выполнение операций по основной и предпосевной обработке почвы, посеву, обработке посевов, а также уборку урожая и хранение корнеплодов. Своевременное и качественное выполнение названных технологических операций обеспечивает оптимальные условия для роста и развития растений при любых почвенно-климатических условиях. Неполное или некачественное выполнение хотя бы одной из них приводит к снижению урожайности и качества корнеплодов.

Вспашка под посев сахарной свеклы выполняется классическими плугами с оборотом пласта загонным способом, в результате которой образуются развальные борозды и свальные гребни, требующие последующего выравнивания дополнительными проходами пахотного агрегата или использованием выравнивателей. Этот недостаток классических плугов устраняется гладкой вспашкой пахотными агрегатами с оборотными и поворотными плугами, работающими челночным способом.

Для предпосевной обработки почв под посев сахарной свеклы на конечную густоту насаждений используются пропашные культиваторы, которые не обеспечивают заданную глубину обработки, качественного выравнивания поверхности поля, крошения и равномерной плотности почвы. Такая предпосевная обработка почвы приводит к неравномерным всходам из-за размещения семян, что осложняет проведение последующих обработок посевов в установленные агротехнические сроки.

Наряду с применением высокоурожайных гибридов и сортов, адаптированных к местным условиям произрастания приоритетным направлением освоения ресурсосберегающих технологий производства сахарной свеклы является качественная подготовка семян к посеву. Наряду с обязательным протравливанием

семян, дражированием или инкрустацией при подготовке семян сахарной свеклы к посеву по примеру подготовки семян пропашных культур (кукуруза, хлопок, картофель и овощи) возможно, применить капсулирование семян [128, 137, 161, 162]. При капсулировании семена помещают в оболочку (капсулу), в состав которой включают питательные, стимулирующие и защитные вещества, способствующие росту и развитию растений. При этом обеспечивается унификация размера и формы семенного материала.

Равномерное размещение семян по длине рядка и глубине заделки способствующие повышению урожайности сахарной свеклы можно добиться использованием сеялок точного высева в составе одномашинного посевного агрегата или комбинированного агрегата. Качественному посеву способствует оснащение этих сеялок системой контроля высева семян, применение которых позволит значительно сократить затраты труда и производительность посевных агрегатов.

Полностью уничтожить сорняки междурядными механическими обработками посевов сахарной свеклы проблематично, поэтому дополнительно применяют химический метод с использованием гербицидов. Широко применяемое сплошное внесение гербицидов из-за большого их расхода на единицу обрабатываемой площади и неравномерной заделки в почву не эффективно. При ненадлежащей заделке рабочих растворов гербицидов в почву улетучиваются действующие вещества, и нарушается экология. Кроме этого попадание растворов гербицидов на листья растений свеклы, особенно в начальной момент развития растений, приводит к их угнетению и задержке роста, что требует разработки системы точного размещения, растворов как на само растение, так и на почву.

Качество уборочных работ (сокращение потерь и повреждение корнеплодов) определяется правильным выбором типа и конструктивно-режимных параметров корне- и ботвоуборочных рабочих органов, а производительность уборочного комплекса машин определяется почвенно-климатическими условиями, рациональным выбором скоростных и нагрузочных режимов двигателей энергетических средств, достаточностью вместимости бункеров комбайнов с учетом урожайности, размеров и длины гона полей обеспечивающую их разгрузку на краю поля. Низкая квалификация

обслуживающего персонала при не подлежащем техническом сервисе и квотируемая приемка корнеплодов сахарными заводами негативно влияют на эффективность использования дорогостоящих зарубежных высокопроизводительных самоходных свеклоуборочных комбайнов.

Повысить эффективность и сократить затраты на возделывание сахарной свеклы возможно путем перехода к ресурсосберегающим технологиям, позволяющие на основе мониторинга состояния посевов точно определить физиологические потребности растений в питательных веществах и средствах химической защиты по фазам развития исходя из наличия сорняков, болезней и вредителей.

Обязательным условием применения ресурсосберегающих технологий является совмещение технологических операций на базе многофункциональных комбинированных машин и агрегатов, которые позволят сократить потребное количество машин для выполнения технологических операций и оптимизировать затраты на материально-технические ресурсы.

Качество выполнения технологических операций при возделывании и уборке сахарной свеклы, возможно, повысить путем создания машин с новыми рабочими органами и модернизации используемых машин.

В связи с этим, научные исследования, направленные на совершенствование технологии возделывания и уборки сахарной свеклы путем совмещения технологических операций и применения высокопроизводительных блочно-модульных комбинированных агрегатов на базе интегрального энергетического средства, позволяющие увеличить урожайность при рациональном использовании ресурсов, являются актуальной научной проблемой, имеющей важное хозяйственное значение

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, Годжаев З.А., С.Н. Сазонов, Д. Шпаар и другие [121, 68, 147, 188, 91, 203, 133, 136, 225, 229, 78, 230, 184, 222].

Разработкой энергосберегающих технологий, способов совмещения технологических операций, применения комбинированных агрегатов занимались А.В. Корниенко, Н.В. Краснощеков, И.И. Гуреев, А.И. Завражнов, Н.К. Мазитов, и другие [122, 123, 70, 98, 105, 106, 134].

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 [132, 58, 201, 172, 59, 124, 126, 67, 144].

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 уборке урожая.

С возделыванием и уборкой сахарной свеклы сложилась противоречивая ситуация. С одной стороны, имеются большой потенциал и определенные достижения в разработке и внедрении современных технологий, с другой стороны остаются нерешенными многолетние проблемы, которые тормозят её производство. При переходе на современные технологии возделывания и уборки требует использования высококачественных семян, которые из-за отсутствия современных мощностей отечественных заводов до последнего времени не выпускались. В результате доля импортных семян в общем объеме посевов составила 90-92%.

Постоянно меняющиеся условия приёмки корнеплодов сахарными заводами заставляют свеклосеющие хозяйства изыскивать экономически приемлемые

методы возделывания и уборки сахарной свеклы, менять технологии для снижения риска потерь урожая при невозможности смены технических средств.

Использование зарубежной техники требует её полной адаптации к российским условиям (природно-климатическим, почвенным, организационно-технологическим, отсутствие квалифицированного сервиса и т. д.) в целях реализации потенциальных возможностей. Кроме того, ограничение поставок машин и запасных частей к ним в связи с санкциями Запада не дает возможность в агротехнические сроки провести весь комплекс технологических операций производства сахарной свеклы.

Повышение качества выполнения технологических операций и снижение затрат при производстве сахарной свеклы может быть достигнуто за счет разработки и использования технических средств для обработки почвы, точного высева дражированных и капсулированных семян, аппликаторов для обработки посевов химикатами и удобрениями, уборки урожая в составе 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, обеспечивающие эффективное выполнение технологических операций.

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 подготовки почвы, посева, обработки посевов и уборки сахарной свеклы.

Научную новизну исследований составляют:

Предлагаемая 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.

Практическая значимость работы заключается в разработке усовершенствованной технологии возделывания и уборки сахарной свёклы, обеспечивающей повышение урожайности корнеплодов и снижение затрат.

Результаты научных исследований послужили основой для разработки новых технологических схем и технической документации на поворотный плуг для гладкой вспашки, сеялки для высева капсулированных семян, комбинированного агрегата для посева, культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов, модернизированных сеялок с системой контроля высева семян и их внедрения в производство, разработки рекомендаций по техническому оснащению технологии возделывания и уборки сахарной свеклы.

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.

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

Обработка результатов экспериментальных исследований осуществлялась на ЭВМ по программам Excel, Statistica, MathCAD, Компас 3 DV 16.

Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается сходимостью теоретических и экспериментальных результатов; проведением лабораторных исследований и производственными испытаниями; использованием современных приборов и оборудования, внедрением разработанных машин и устройств в различных хозяйствах региона; апробацией результатов исследований на международных и всероссийских научных конференциях, одобрением докладов и публикаций в открытой печати.

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.

Апробация. Материалы диссертации заслушаны, обсуждены и одобрены на международных научно-практических конференциях ВНИИТиН (2009-2017 гг.), ВИМ (2002 г.), СПбГАУ (2003 г.), ВИЭСХ(2004г.), 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.

Автор выражает глубокую благодарность научному консультанту академику РАН, профессору А.И Завражнову за оказанную им всестороннюю помощь на всех

стадиях подготовки диссертации и 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 оказанную помощь в проведении исследований и подготовке диссертации.

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.

1 СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

1.1 Состояние и перспективы развития свекловодства в России

Единственным источником сырья для производства сахара в Российской Федерации является сахарная свекла, в корнеплодах которой накапливается до 20% сахара. Так, при урожайности корнеплодов в 40-50 т/га накапливается до 7-8 т сахара. При переработке корнеплодов на заводах выход сахара достигает 15% и выше, и получают побочную продукцию в виде жома и мелассы, Рисунок 1.1.

Большую ценность для животноводства представляет побочная продукция, получаемая при возделывании сахарной свеклы и переработке корнеплодов на сахарных заводах – листья, жом и патока. В 100 кг корнеплодов сахарной свеклы содержится 26 кормовых единиц и 1,2 кг перевариваемого протеина. Листья составляют 35-50% массы корнеплодов, которые содержат 15-22% сухих веществ, в том числе 2,5-3,5% белка, 0,8% жира. В 100 кг листьев содержится 22 кормовых единиц 2,1-2,2 кг перевариваемого протеина [221].

Жом (отжатая свекловичная стружка) содержит около 15% сухих веществ, в том числе безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) – 10%, клетчатки – 3%, золы – 0,7%, жира – 0,1% и сырого белка – 1,2%. В 100 кг свежего жома содержится 8 кормовых единиц и 0,9 кг перевариваемого протеина, а в сухом жоме, соответственно, 85 кормовых единиц и 3,9 кг перевариваемого протеина. В 100 кг патоки, которая получается при переработке корнеплодов на сахарном заводе, содержится 77-85 кормовых единиц и 4,5 кг перевариваемого протеина. Кроме того, патока используется при получении спирта, глицерина, пищевых дрожжей, лимонной кислоты. В мелассе (сухом веществе патоки) сахара содержится около 60%, БЭВ – около 15 и золы – 8-9% [221, 222, 223].

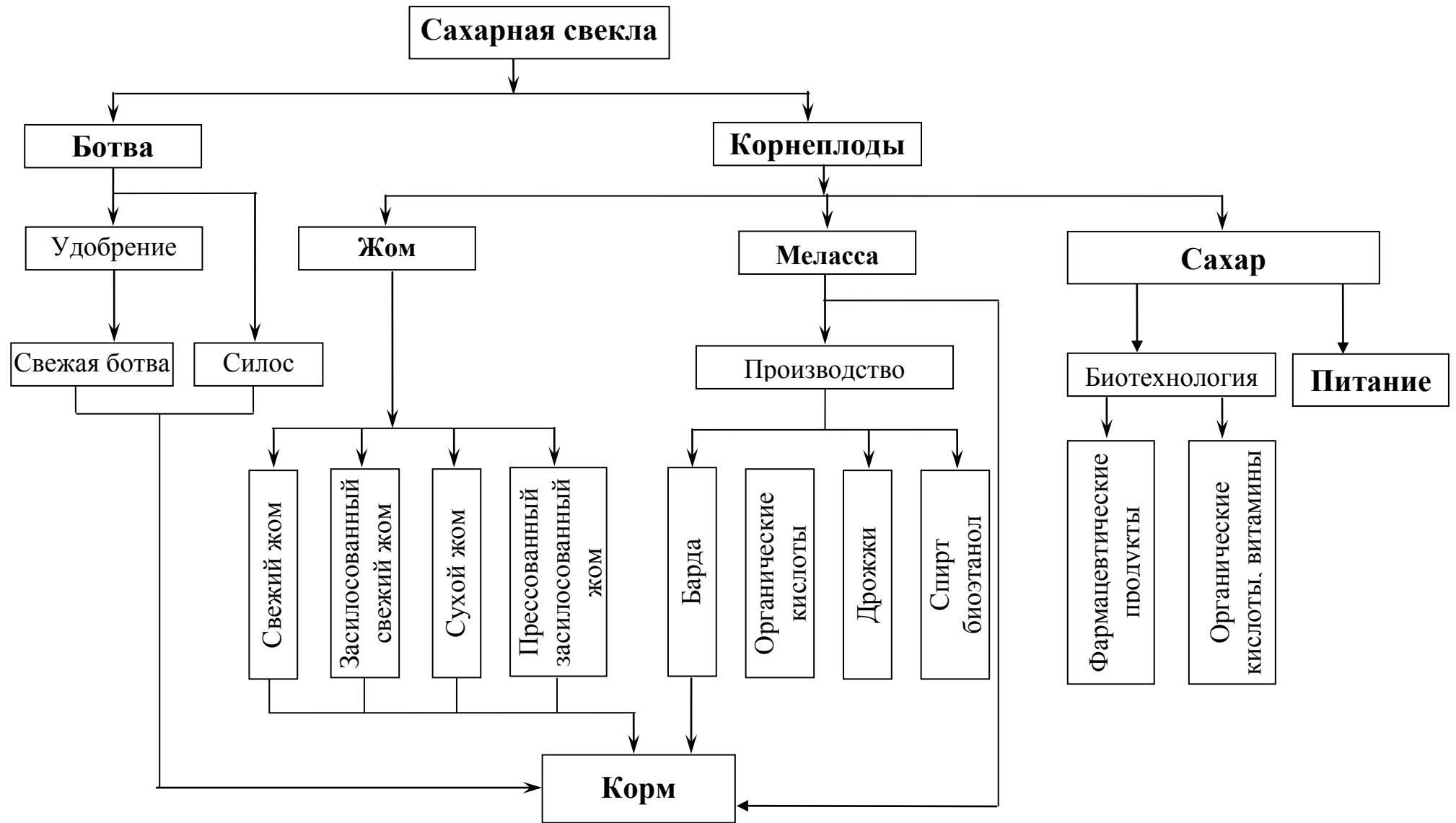


Рисунок 1.1 – Хозяйственное значение сахарной свеклы в сельскохозяйственном производстве и перерабатывающей промышленности [223]

В процессе очистки сахарного сока на заводах получается дефекат, который используется как известковое удобрение на почвах с повышенной кислотностью. Подсушенный до влажности 25-30% дефекат содержит CaCO_3 – 60-75%, органических веществ – 10-15%, азота – 0,2-1,7%, P_2O_5 – 0,2-0,8% и K_2O – 0,5-0,9%. [170].

Кроме того, листья, верхушки головок, кончики корнеплодов, получаемые при уборке сахарной свеклы, используются на корм скоту в свежем, силосованном и высушенном виде.

При дефиците энергоресурсов сахарная свекла является сырьем для производства этанола, который может заменить дизельное топливо и служить добавкой к бензину. По данным [222] выход этанола в литрах с одного гектара сахарной свеклы урожайностью 57,4 т/га и сахаристостью 16% составит 5,6 тыс. л, что в 1,5 раза больше от переработки картофеля и в 1,95 раза – от кукурузы на зерно и пшеницы.

Сахарной свекла имеет большое агротехническое значение, так как она способствует повышению культуры земледелия и урожайности последующих культур в севообороте за счет глубокой обработки почвы, внесения больших доз минеральных удобрений и эффективных средств химической защиты растений.

Из-за повышенных требований сахарной свеклы к почвенному плодородию и климатическим условиям её возделывание осуществляется на ограниченной территории страны. Поэтому основные площади посева сахарной свеклы в Российской Федерации размещены в хозяйствах Центрального и Южного федеральных округов.

Средние значения посевной площади, урожайности и валового сбора сахарной свеклы во всех округах Российской Федерации в период 1986-2017 гг. по данным [91, 190, 191] представлены на Рисунке 1.2.

Анализ показателей производства сахарной свеклы в хозяйствах всех категорий Российской Федерации, выполненный авторами, [191] выявил однородность всех показателей при коэффициенте вариации менее 33%. За счет внедрения современных технологий снижение посевных площадей по стране компенсируется повышением объёмов производства сахарной свеклы, в результате

урожайность в 2016 году составила 46,7 т/га, а сахаристость корнеплодов, при приёмке сахарными заводами, выросла до 16,7%.



Рисунок 1.2 – Средние значения посевной площади, урожайности и валового сбора сахарной свеклы в свеклосеющих хозяйствах Российской Федерации в период 2001-2018 гг.

Анализ показателей урожайности сахарной свеклы выявил сравнительно высокий уровень неустойчивости (коэффициент вариации равен 30,1%, по Тамбовской области он составил 38,9%), что отрицательно сказывается на развитии производства.

Уровень колеблемости валовых сборов сахарной свеклы в стране он составил более 11 млн. т, а в Тамбовской области – более 1,5 млн.т. В некоторые периоды колебания валового сбора сахарной свеклы по стране достигали более десятка миллионов тонн, что приводит к разбалансированию взаимодействия между производителями сахарной свеклы и её переработчиками.

Причинами нестабильных результатов производства сахарной свеклы являются применение отечественных и иностранных сортов и гибридов не адаптированных к условиям свеклосеющих регионов страны, недостаточное финансовое и материально-техническое обеспечение, отсутствие складских

помещений на сахарных заводах для длительного хранения корнеплодов и недостаточная организация полевого кагатирования.

Развитие производства сахарной свеклы сдерживается из-за применения в свеклосеющих хозяйствах несовершенных технологий и технических средств; сокращения обеспеченности топливно-смазочными материалами, минеральными удобрениями, средствами защиты растений по причине диспаритета цен на эти ресурсы и сахар, а также из-за сложных организационно-экономических отношений между производителями сахарной свеклы и переработчиками.

Показатели работы сахарных заводов Российской Федерации за восемь лет (2010-2017 гг.) были проанализированы авторами [3, 190]. Так, продолжительность сезона переработки корнеплодов по большинству сахарных заводов варьировала в пределах 90-120 суток (Рисунок 1.3). При этом около 20% заводов не превышали сезон 100 суток.

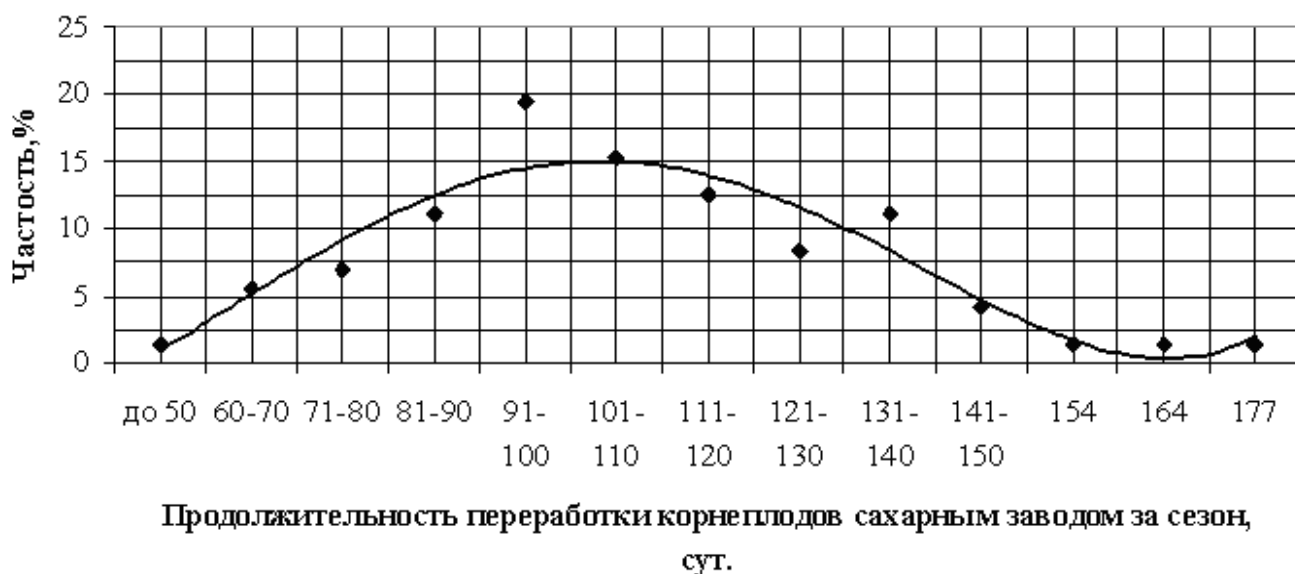


Рисунок 1.3 – Средняя продолжительность сезона переработки корнеплодов сахарными заводами России

Производство сахара в Российской Федерации за указанный период варьировало от 4,75 млн. тонн в 2010 году до 6,7 млн. тонн в 2017 году, а в расчете на 1 га посевной площади сахарной свеклы – от 2,9 до 6,1 тонн. При этом максимальный объем производства сахара был получен в 2011 году и составил 7,12

млн. тонны, а в расчете на 1 га посевной площади соответственно 2017 году и 6,1 т/га (Рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Производство сахара в Российской Федерации за период 2010-2018 гг.

При этом потери сахара в производстве к массе переработанной свеклы составили не более 1%.

Производство сахара за рассматриваемый период и прошлые периоды позволило в основном обеспечить потребление сахара населением Российской Федерации в пределах годовой медицинской нормы (38-39 кг), за исключением 1995 и 2000 годы (32 и 35 кг соответственно), при соблюдении рекомендуемой нормы потребления трудоспособным населением (24 кг) (Рисунок 1.5). Прогнозное потребление сахара на душу населения России к 2022 году может достичь 43 кг.



Рисунок 1.5 – Потребление сахара населением Российской Федерации

Оптимальное сочетание потенциальной продуктивности и технологических качеств сахарной свеклы с учетом повышенных требований к почвенному плодородию и климатическим условиям позволяет расширить посевные площади этой культуры в областях Центрально-Черноземного региона в прогнозном периоде до 445 тыс. га, а валовое производство возрасти до 18,8 млн.т, что составит почти половину объёма её отечественного производства (Таблица 1.1) [90, 143, 191].

Таблица 1.1 – Прогнозные величины валового сбора, урожайности сахарной свеклы в областях Центрально-Черноземного региона

Область	Валовой сбор, млн. т			Урожайность, т/га			Площадь, тыс. га			Производство сахара, тыс. т
	год			год			год			
	2020	2022	2030	2020	2022	2030	2020	2022	2030	2030 г
Белгородская	3,78	4,49	5,72	42	39-47	42	90	105	136	991
Воронежская	4,92	6,27	8,11	41	38-45	42	120	151	193	1405
Курская	3,99	4,87	4,96	42	38-48	42	95	112	118	859
Липецкая	2,64	3,7	4,93	44	42-51	42	60	80	117	855
Тамбовская	3,44	4,66	4,96	43	39-49	42	80	106	118	859
Всего ЦЧР	18,77	23,99	28,68				445	554	682	4969

При возделывании сахарной свеклы эффективность применяемых технологий и мероприятий, предусмотренных в Концепциях [121, 151], предполагает соблюдение научно обоснованных севооборотов для улучшения фитосанитарного состояния посевов; внедрение технологий основанных на точном учете фактического почвенного плодородия; рациональное сочетание химических и биологических приемов и средств возделывания сахарной свеклы; применение комплекса сортов и гибридов сахарной свеклы и разработку ресурсосберегающих технологий, адаптированных к условиям каждой зоны.

Одним из этапов реализации этой Концепции является разработка рекомендаций по мерам государственной поддержки производителей свеклы и сахара, включающим виды поддержки, размеры и сроки оказания, порядка и продолжительности применения на основе многоуровневого комплексного анализа свекловодства и производства сахара. Государственная поддержка и собственные средства производителей позволят обеспечить требуемый объём производства с учетом необходимости, эффективности и конкурентоспособности. Государственная поддержка из бюджетов различных уровней будет направлена на приобретение машин и агрегатов для производства сахарной свеклы, возмещение части затрат на реконструкцию и модернизацию сахарных заводов и заводов по производству семян.

1.2 Анализ технологических процессов возделывания и уборки сахарной свеклы

Механизированные технологии производства продукции растениеводства формируются в соответствии с методологией, изложенной в «Системе машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года» [187]. В основу формирования технологий положен блочно-модульный принцип, в котором за блок принят оптимальный набор технологических операций (модулей), необходимых для выполнения законченного этапа производства продукции (в нашем случае сахарной свеклы).

Системой предлагается в качестве базовой технологии возделывания и уборки сахарной свеклы принять интенсивную технологию, в которой представлены следующие блоки: основная обработка почвы и внесение удобрений; зимняя мелиорация; подготовка почвы и посев; обработка посевов; уборка урожая. Каждый из представленных блоков в зависимости от изменяющихся условий производства может иметь технологические модули.

Производство сахарной свеклы является одними из самых капиталоемких и энергоёмких технологических процессов в сельском хозяйстве, которое требует высокой культуры земледелия, качественного и своевременного выполнения всех технологических операций, соблюдения оптимальных агротехнических требований.

Известно, что урожайность корнеплодов зависит на 66% от правильности выбора технологии возделывания и уборки сахарной свеклы (исключая погодные условия года). Среди факторов, которыми человек может эффективно управлять, является выбор сорта (гибрида) – 14%, количество внесенных азотных удобрений – 11% и густота стояния насаждений – 10% [221, 222].

При существующей технологии возделывания и уборки сахарной свеклы удельный вес семян, удобрений, средств защиты растений в структуре себестоимости корнеплодов составляет около 40%, то снижение себестоимости продукции, возможно путем рационального использования этих ресурсов.

Технология возделывания сахарной свеклы включает технологические операции по обработке почвы, внесению удобрений, посеву в оптимальные агротехнические сроки, обработке посевов, а также своевременную с минимальными потерями уборку урожая.

В большинстве свеклосеющих хозяйств возделывание и уборка сахарной свеклы осуществляется в основном за счет импорта семян, тракторов, специализированных сельскохозяйственных машин и свеклоуборочных комбайнов.

Использование зарубежной техники требует её адаптации к российским природно-климатическим, почвенным, организационно-технологическим условиям в целях полной реализации потенциальных возможностей.

В настоящее время при возделывании и уборке сахарной свеклы хозяйства применяют следующие типы технологий [68, 69, 70, 105, 106, 122, 132, 202, 218,

234, 235, 238]:

– технология с преобладанием механических способов обработки почвы, посева, формирования густоты насаждений, междурядных рыхлений и уборка урожая на основе серийно-выпускаемых машин;

– технология, основанная на посеве сахарной свеклы на конечную густоту насаждений и применения механических способов обработки почвы и посевов;

– технология, основанная на посеве сахарной свеклы на конечную густоту насаждений и применении гербицидов, исключая механические обработки почвы и посевов.

В передовых хозяйствах при возделывании и уборке сахарной свеклы совмещают выполнение отдельных операций, предусмотренных вторым и третьим типами технологий, но в настоящее время из-за отсутствия машин и агрегатов для выполнения совмещенных технологических операций не представляется возможным.

При реализации существующих технологий возделывания и уборки сахарной свеклы необходимо выполнить 26-30 операций отдельными проходами по полю однооперационными машинно-тракторными агрегатами (Рисунок 1.6). При многократных проходах этих агрегатов при подготовке почвы и посеве наблюдается излишнее переуплотнение почвы по следу движителей тракторов на глубину более 200 мм. При этом влажность почвы на глубине заделки семян снижается по сравнению с оптимальной на 12-15%. Это ведет к снижению всхожести семян на 7-9% и равномерности размещения растений в пересчете на всю площадь поля на 5-7%. Последнее приводит к снижению урожайности сахарной свеклы на 1,0-1,5 т/га [223].

Различные способы основной обработки почвы существенно влияют на урожайность сахарной свеклы. При вспашке поля под сахарную свеклу за один проход должна обеспечиваться выровненная поверхность поля, полная заделка растительных остатков и удобрений, а также заделка семян сорняков [138]. Современные отечественные и зарубежные плуги (кроме ярусных), не в полной мере обеспечивают выполнение этих требований агротехники.

Выполняемая плугами традиционной конструкции отвальная вспашка



Рисунок 1.6 – Схема существующей технологии возделывания и уборки сахарной свеклы

загонным способом приводит к образованию большого количества развальных борозд и свальных гребней, крупных глыб, а также недостаточной слитности и выравненности поверхности пашни. Наличие развальных борозд и свальных гребней ухудшает условия работы машинно-тракторных агрегатов на последующих операциях, осложняет уборку урожая. За счет разницы толщины пахотного слоя свальных гребней и развальных борозд и пахотного слоя на ровном участке поля, растения развиваются неравномерно по причине неравномерной заделки семян в развальных бороздах, что снижает их всхожесть.

Качественная предпосевная обработка почвы, при которой её поверхность выравнивают, рыхлят и доводят до мелкокомковатого состояния на глубину заделки семян, способствует их размещению на уплотненном и влажном ложе и получению дружных и равномерных всходов сахарной свеклы.

В зависимости от влажности почвы, при которой сошники сеялки не забиваются, а её копирующие и прикатывающие каточки не залипают влажной почвой, предпосевную обработку выполняют непосредственно перед посевом или с некоторым разрывом во времени.

Исследования и передовой опыт использования пропашных культиваторов, оснащенных стрельчатыми лапами, двухбарабанными спиральными роторами и уголками-выравнивателями, на предпосевной обработке почвы не обеспечивает требуемой равномерности по глубине и не полностью уничтожаются сорняки.

Использование этих культиваторов приводит к некачественному выполнению технологических операций, которые снижают до 60-65% полевую всхожесть семян.

Современные технологии возделывания сахарной свеклы требуют применения высококачественного посевного материала. Отечественные семена из-за слабой технической базы отечественного семеноводства и неудовлетворительной их подготовки к посеву не могут конкурировать с иностранными аналогами, доля которых в общем объеме посевов сахарной свеклы составляет более 90%.

Оптимальная площадь питания, наличие почвенной влаги и питательных веществ в период вегетации обеспечивают нормальное развитие сахарной свеклы. Равномерность распределения семян по длине рядка и глубине заделки

определяется качеством посева. Используемые для посева сахарной свеклы механические и пневматические сеялки по конструктивным особенностям и не правильному выбору скоростных режимов посевных агрегатов не вполне обеспечивают качественные показатели работы.

На рост и развитие сахарной свеклы в период вегетации существенное влияние оказывает засоренность посевов, которая приводит к снижению урожайности корнеплодов [239, 241, 242]. Так, в первые 6-8 недель после всходов, когда растения слабо развиты, а посевы засорены, снижается сбор корнеплодов на 1,2-1,5 т/га.

При анализе состояния посевов сахарной свеклы в зависимости от фазы роста растений определяются агротехнические и агрохимические мероприятия по их обработке. При этом необходимо осуществить правильный подбор схем применения гербицидов и выбор оптимальной дозировки препаратов. Современная обработка посевов сахарной свеклы предусматривает дробное внесение послевсходовых гербицидов широкозахватными опрыскивателями без механических рыхлений междурядий. Используемые для внесения гербицидов опрыскиватели не обеспечивают надлежащего качества выполнения технологической операции. Литературный анализ показал, что при интенсивном выпадении осадков и опасности появления почвенной корки, необходимо применять междурядную обработку для создания благоприятного водно-воздушного режима почвы [68, 72, 132, 205, 206, 207, 222, 223]. Стрельчатые лапы пропашных культиваторов при междурядной обработке посевов сахарной свеклы засыпают культурные растения почвой, не полностью подрезают сорняки и выворачивают влажный слой почвы на поверхность.

Не качественная обработка посевов техническими средствами для ленточного внесения гербицидов в почву снижает эффективность их применения и приводит к загрязнению окружающей среды. При ленточном внесении гербициды частично попадают на листовую поверхность растений, которая приводит к подавлению их роста и развития, особенно на начальных фазах, и к снижению урожайности сахарной свеклы.

Существующие технологии и технические средства для внекорневой подкормки сахарной свеклы по листовой поверхности в период её вегетации не обеспечивают надлежащего качества её выполнения, что снижает эффективность используемых регуляторов роста и жидких минеральных удобрений.

Для обработки посевов сахарной свеклы используют отдельные одномашинные машинно-тракторные агрегаты, которые из-за многочисленных проходов по полю повышают расход топлива и затраты труда при выполнении технологических операций.

Во многих свеклосеющих хозяйствах для уборки сахарной свеклы используют комплексы машин, которые из-за их низкой надежности и недостаточно организованного технического сервиса часто простаивают, что приводит к затягиванию сроков уборки и потерям продукции. Кроме того, в условиях квотированной приемки корнеплодов сахарными заводами распространенной в Тамбовской области использование самоходных свеклоуборочных комбайнов иностранного производства свеклосеющими хозяйствами становится не эффективным.

Перспективным направлением совершенствования технологии возделывания и уборки сахарной свеклы наряду с широким применением высокоурожайных гибридов и семян, эффективных гербицидов является совмещение совпадающих по агротехническим срокам технологических операций. Это позволяет снизить потери почвенной влаги и уменьшить переуплотнение почвы, которое достигается увеличением ширины захвата агрегатов, рациональной компоновки ходовых систем.

При возделывании и уборке сахарной свеклы целесообразно за один проход агрегата совмещать следующие технологические операции: закрытие влаги и выравнивание поверхности почвы; предпосевную обработку почвы и посев; внесение гербицидов и удобрений и обработку почвы в междурядьях; уборку ботвы и корнеплодов [149, 184, 187, 188, 203, 206, 207, 237] (Рисунок 1.7).

Совмещение технологических операций предпосевной обработки почвы позволит качественно в соответствии с агротехническими требованиями подготовить почву к посеву за счет выравнивания поверхности поля, равномерной плотности взрыхленного слоя и глубины обработки почвы, которые способствуют равномерной по глубине заделки семян при посеве.

Выполняемое одним агрегатом совмещение предпосевной обработки почвы и посева позволит своевременно и качественно в соответствии с агротехническими требованиями выполнить непрерывный технологический процесс за один проход агрегата, составленного из различных однооперационных машин. Проведенный нами анализ кинематических характеристик движения по



Рисунок 1.7 – Схема предлагаемой технологии возделывания и уборки сахарной свеклы

Примечание: Серым фоном на схеме выделены операции по возделыванию и уборке, предлагаемые автором к выполнению при совершенствовании технологии производства сахарной свеклы.

полю 18-рядных агрегатов на базе трактора ЛТЗ-155 при совмещении технологических операций показал, что доля уплотненной площади уменьшается на 30-45% по сравнению с использованием 12-рядных однооперационных агрегатов [48, 110].

Поэтому одним из направлений настоящего исследования является обоснование совмещения технологических операций предпосевной обработки почвы и посева, выполняемого комбинированным агрегатом на базе интегрального энергетического средства.

При обработке посевов целесообразно междурядную обработку совмещать с внесением гербицидов в защитную зону рядков сахарной свеклы. При этом в междурядьях сорняки уничтожаются лапами культиватора, а в защитной зоне рядков – гербицидами. Ширина защитной зоны по обе стороны от оси рядка зависит от фазы развития сахарной свеклы и составляет примерно 10-15 см. В этой зоне исключаются срезание растений и присыпание частицами почвы, поднятыми и перемещенными лапами культиваторов и травмирование листьев.

При ленточном внесении уменьшается расход гербицидов и средств на проведение химической обработки по сравнению со сплошным опрыскиванием. Это объясняется тем, что гербицид вносится не при отдельном проходе опрыскивателя, а вместе с междурядной обработкой. Такой способ борьбы с сорными растениями позволяет сэкономить 40-50% дорогостоящих гербицидов и снизить химическую нагрузку на окружающую среду. Кроме того, появляется возможность одновременного проведения внекорневой подкормки вегетирующих растений.

Поэтому для повышения качества и своевременности обработки посевов сахарной свеклы требуется совершенствование технологии её проведения путем совмещения технологических операций по рыхлению междурядий с одновременным внесением гербицидов, микроудобрений и регуляторов роста.

Одним из направлений ресурсосбережения производства сахарной свеклы является качественная подготовка отечественных семян к посеву. При возделывании сахарной свёклы с минимальными затратами и без формирования густоты стояния растений необходимо применять семена с всхожестью – 90-95%, однородностью – более 90% и выравненностью – не менее 90%, должны быть адаптированы к местным условиям произрастания и качественно подготовлены к посеву.

Одним из распространенных способов подготовки семян к посеву является дражирование. Предварительно семена очищают от крупных и мелких примесей, шлифуют, калибруют на посевные фракции, сортируют по аэродинамическим свойствам и плотности. Далее на семена наносят инертные органические и минеральные вещества с целью получения равномерной шаровидной формы каждого семени, которая позволяет использовать сеялки точного высева обеспечивающие точное распределение семян в рядах и посев на конечную густоту стояния растений. Применение дражированных семян позволяет уменьшить норму высева до 1,3-1,5 посевных единиц на гектар. Для прорастания дражированных семян требуется большее количество воды (до 200% по отношению к собственной массе), поэтому высевать их надо в хорошо увлажненный слой почвы.

Некоторые семенные заводы применяют инкрустацию семян, при которой на предварительно очищенные семена наносят водный раствор пленкообразователя и вещества стимулирующие рост и развитие растений. При этом масса семян может увеличиваться до 5 раз, но форма семян, как и при обычном протравливании, практически не меняется. Инкрустация семян обеспечивает сплошную мелкодисперсную обработку поверхности семян химическими препаратами, которая исключает их осыпание, повышает эффективность защиты всходов от вредителей и болезней. Оптимальная форма и улучшенные посевные качества инкрустированных семян позволяют уменьшить норму высева до 1,6 посевных

единиц, что также снижает затраты на их приобретение до 47%.

Получает распространение подготовка семян пропашных культур (кукуруза, хлопок, картофель и овощи) способом капсулирования, при котором предварительно очищенные и обработанные фунгицидом – тетраметилтиурамдисульфид (ТМТД) семена помещают в защитно-питательную оболочку (капсулу). Капсула содержит питательные, стимулирующие, биологически активные вещества, микроэлементы, связующий состав, а также органическое удобрение. Защиту семени от болезней и вредителей осуществляют включением в состав капсулы гербицидов, фунгицидов, пестициды. Количественный и качественный состав ингредиентов капсулы определяют исходя из агрохимического анализа почвы, особенностей сорта семян с учетом почвенно-климатических условий возделывания сахарной свеклы. Капсулирование семян способствует получению дружных всходов, нормальный рост и развитие растений на начальных фазах [128, 137, 161, 162].

В дальнейшем при использовании капсулированных семян возможно исключение некоторых технологических операций по обработке посевов до всходов и до появления двух настоящих листьев.

Капсулирование семян осуществляют несколькими методами: окатыванием в наклонном вращающемся барабане и сухим прессованием [195].

Метод окатывания заключается в следующем. Семена загружают во вращающийся вокруг наклонной оси барабан, где их смачивают 5%-ным водным раствором поливинилового спирта. В барабан подают небольшими порциями (в массовом соотношении 6 к 1) смесь из биогумуса и вермикулита с размером частиц не более 1,0 мм и нагнетают нагретый до 45°C воздух и осуществляют процесс окатывания семян до получения капсулы размером 25-30 мм, затем их выгружают из барабана и подсушивают [162].

Раздельная и неравномерная подача во вращающийся барабан семян и питательной смеси при формировании капсул приводит к неравномерному

распределению её компонентов или к бессемянным капсулам (до 15%), а также наличию в капсуле нескольких семян («двойники» – до 7-8%), что снижает качество их посева. Кроме того, полученные этим методом капсулы различаются по размерам, массе и плотности.

Метод окатывания в наклонном вращающемся барабане успешно применялся на предприятии «Биопоток» в Медынском районе Калужской области при изготовлении капсулированных семян кукурузы.

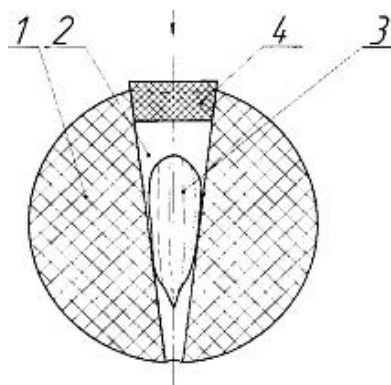
Метод сухого прессования предусматривает изготовление капсулированных семян в два этапа. Вначале из формообразующего биологически усваиваемого состава, например, смеси порошков торфа – 15-35% и биокомпоста изготавливается прессованием оболочка с глухой полостью для размещения в ней семени. Далее полость закрывают напрессовыванием заглушкой из материала аналогичного составу оболочки. [6].

Для изготовления капсул сухим прессованием используется установка роторного типа, включающая вращающийся на вертикальной оси горизонтальный поворотный рабочий стол с матрицами, над которым расположен бункер-питатель для поштучной подачи семян. Готовые капсулы в матрицах перемещаются к месту выгрузки и извлекаются из них [161].

Капсулы, полученные сухим прессованием, имеют одинаковые шаровидную форму и размеры, плотность, состав и количество питательной смеси. Однако изготовление капсул этим методом требует использования сложного технологического оборудования и больших энергетических затрат. Этим методом на оборудованной линии в СГУП «Моссельхоз» (г. Москва) были изготовлены капсулы различных размеров для овощных и плодовых культур [197].

При капсулировании унифицируются форма и размер семян, их масса, а прочная внешняя оболочка позволяет проводить точный высеv капсул механизированным способом с использованием специализированных сеялок, получить равномерные всходы растений в посевах..

Метод сухого прессования целесообразно применить при изготовлении предложенной нами капсулы шаровидной формы из химико-биологического порошкообразного материала с внутренней полостью 2 для семени 3, выполненной в виде сквозного отверстия с малым углом сужения (патент РФ №2526272 (Приложение А5), (Рисунок 1.8) [167].



1 – капсула; 2 – внутренняя полость; 3 – семя; 4 – пробка

Рисунок 1.8 – Капсула по патенту РФ №2526272

Полость 2 выполнена конической с нижним основанием меньше размера семени, а верхнее основание различной формы (круглое или эллиптическое) размером в зависимости от формы и соотношения ширины семени к его толщине. Коническая пробка 4 изготовлена прессованием из материала, что и капсула, выполнена по форме и размерам верхнего основания внутренней полости и закрывает её на 0,15-0,25 диаметра капсулы. (22-38 мм).

Изготовленные капсулы диаметром 22-38 мм. перед посевом за 5-20 дней выдерживают в замкнутом объеме при влажности воздуха 50-90% и температуре 10-35°C до влажности капсулы 30-60% и образования ростка и формирования корневых отростков внутри капсулы.

Капсулирование позволяет регулировать водно-воздушный режим и доставлять к семени в период прорастания питательные вещества, микроэлементы и средства химической защиты растений оптимального состава при меньшем их расходе в сравнении со сплошным или ленточным внесением гербицидов и жидких

удобрений и регуляторов роста. Использование капсулированных семян позволяет проводить посев в ранние сроки во влажную почву без дополнительного увлажнения капсул, способствует увеличению благоприятных сроков для развития растений, повышению устойчивости к перепаду температур, а также защитить семена от вредителей и болезней.

Согласно исследованиям [142, 189, 192], применение на посеве кукурузы капсулированных семян и микроклубней картофеля в капсулах диаметром 30-40 мм способствовали повышению всхожести на 5-7% и увеличению на 17-25% урожайности культур при снижении на 15-20%, общего расхода органических и минеральных удобрений, улучшению экологической обстановки.

Предлагаемая технология возделывания и уборки сахарной свеклы предусматривает применение гладкой вспашки при основной обработке почвы, при которой отпадает необходимость в проведении технологической операции по разравниванию свальных гребней и развальных борозд, образованных после вспашки классическими плугами. Гладкая вспашка приводит к снижению трудовых затрат и экономии топливно-смазочных материалов.

Предпосевную обработку почвы под посев сахарной свеклы в предлагаемой технологии предусматривается осуществлять комбинированными агрегатами позволяющие за один проход разрыхлить, разровнять и равномерно уплотнить поверхность поля. Такая предпосевная обработка почвы позволит при посеве разместить семена равномерно на одинаковую глубину.

Использование сеялок точного высева с различной шириной захвата и оборудованных системой контроля обеспечивает качественный высев на конечную густоту стояния растений как дражированных, так и капсулированных семян высокопроизводительными посевными агрегатами.

В зависимости от способа уборки сахарной свеклы выполняют технологический процесс, состоящий из нескольких фаз:

- удаление ботвы, обрезка головки корнеплода;
- выкапывание корнеплодов из почвы, очистка, накопление в бункере или укладка в валки с последующей загрузкой в транспортные средства.

Механизированную уборку сахарной свеклы осуществляют как с использованием самоходных бункерных комбайнов, позволяющим за один проход выполнить все фазы (однофазная уборка), так и машинно-тракторными агрегатами, выполняющие отдельные фазы технологического процесса (двух-, трехфазная уборка).

Уборку сахарной свеклы, например, валковым способом, можно выполнять машинно-тракторными агрегатами, осуществляющими совмещенные операции: удаление и укладка ботвы в валок (разбрасывание по полю), выкапывание корнеплодов из почвы, укладка их в валки, подбор корнеплодов из валков и очистка, загрузка в транспортное средство (бункер-накопитель).

Применение предлагаемой технологии возделывания и уборки сахарной свеклы с использованием высокоурожайных гибридов и подготовленных семян к посеву по способу капсулирования, эффективных удобрений и средств химической защиты растений, а также использование машинно-тракторных агрегатов обеспечивающих выполнение совмещенных технологических операций качественно и в оптимальные агротехнические сроки позволит значительно повысить урожайность сахарной свеклы.

На Рисунке 1.9 приведены технологические операции и технические средства, используемые при возделывании и уборке сахарной свеклы (Приложения Б1 и Б2).

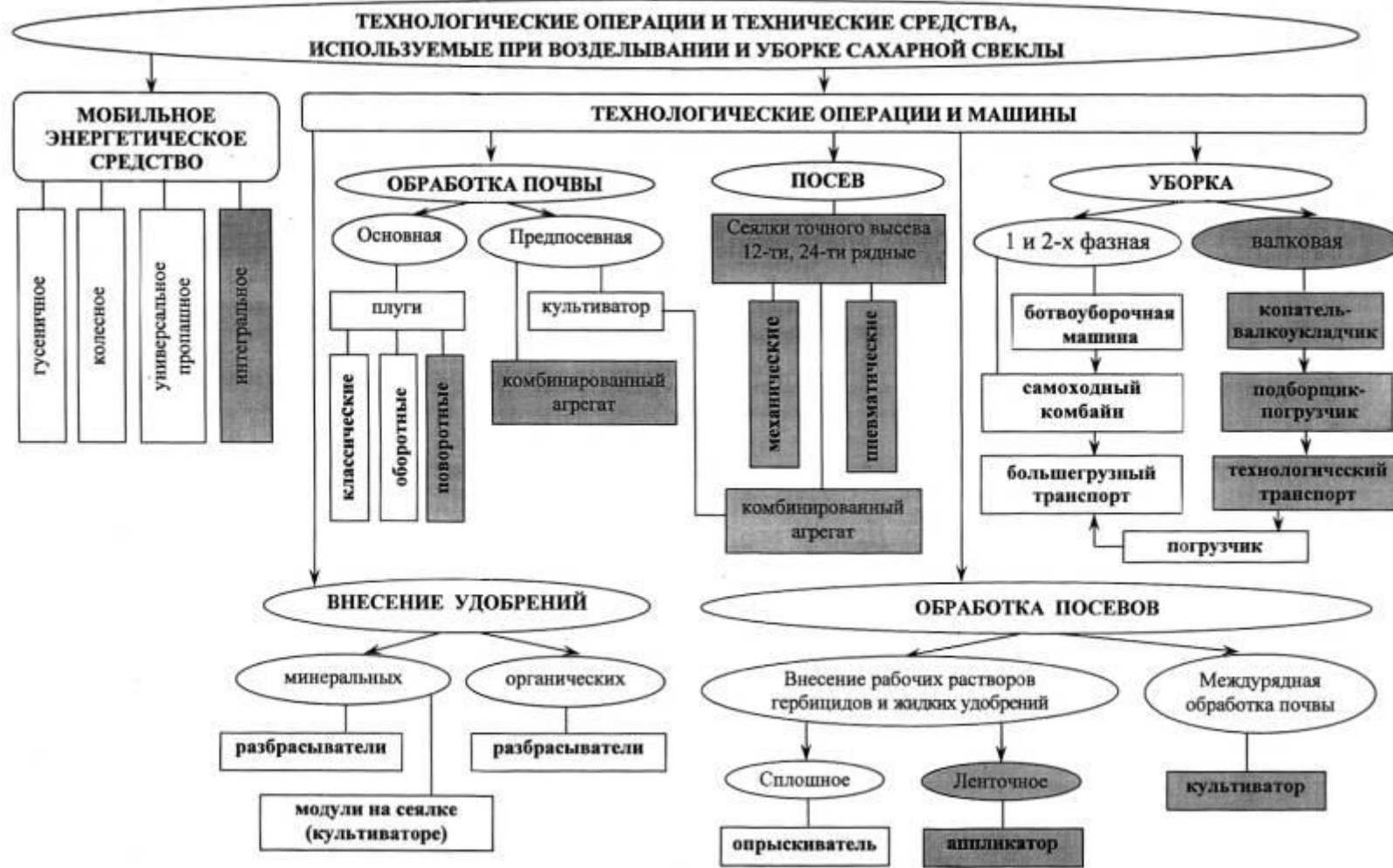


Рисунок 1.9 – Технологические операции и технические средства, используемые при возделывании и уборке сахарной свеклы

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

1.3 Анализ факторов, влияющих на потери продукции при возделывании и уборке сахарной свеклы

На урожайность сахарной свеклы и потери корнеплодов влияют природно-климатические условия, сортовые особенности применяемых сортов и гибридов, а также технологии возделывания и уборки (Рисунок 1.10) [8, 71, 146, 223].

Потери корнеплодов подразделяются на явные и скрытые. Явные потери выявляются в неубранных площадях при уборке, погрузке и транспортировке корнеплодов, а также из-за не выкопанных корнеплодов, не подобранных с поверхности поля и в обломанных хвостовых частях. Так, при обламывании хвостовой части корнеплодов длиной от 2,5 до 5 см потери составляют от 3 до 12% [223]. Скрытые определяются потерями массы корнеплодов за счет испарения воды и сахаристости за счет дыхания в процессе хранения.

Потери корнеплодов увеличиваются при неблагоприятных почвенных и погодных условиях. Так, при снижении влажности почвы увеличивается её твердость, которая приводит к возрастанию количества корнеплодов с обломанными хвостовыми частями, их повреждению и засоренности вороха корнеплодов почвой. При более низких температурах воздуха и почвы при уборке свеклы биологические потери урожая возрастают.

В настоящее время в России свеклосеющие хозяйства применяют в основном семена зарубежной селекции, которые требуют длительного вегетационного периода сахарной свеклы (более 200 суток) и с суммой положительных температур 3200-4500°C при влагообеспеченности до 800 мм. Но в основных свеклосеющих регионах России, в частности в Центральном Черноземье, период вегетации не превышает 160 суток, а сумма положительных температур – 2800°C при влагообеспеченности до 300 мм. При этих условиях сахарная свекла не достигает полного биологического развития, и убирают её в недозревшем виде. Недозревшие корнеплоды обладают высокой энергией дыхания и ферментативной активностью, что приводит к потерям сахарозы.

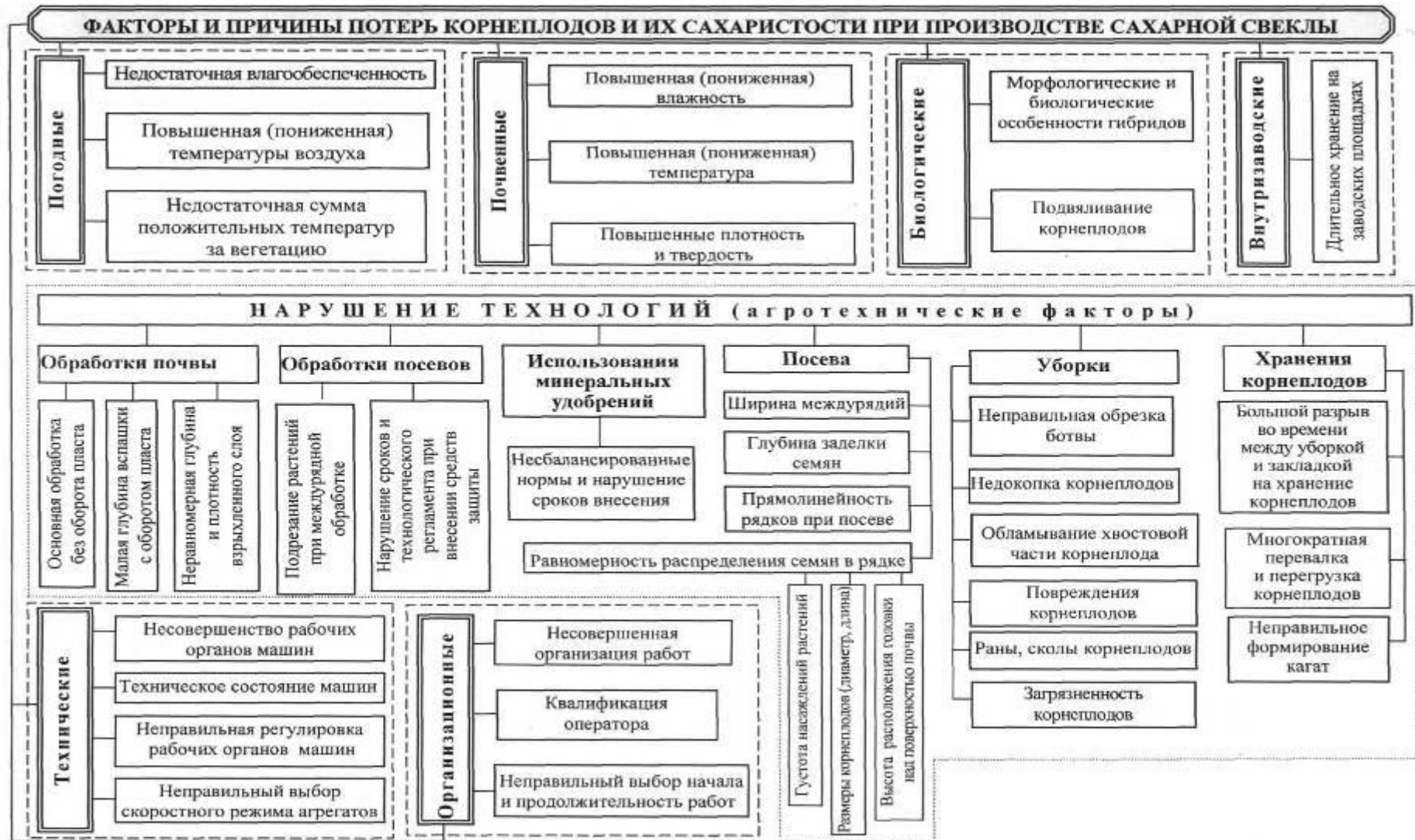


Рисунок 1.10 – Схема факторов и причин потерь корнеплодов и их сахаристости при производстве сахарной свеклы

Не качественное и несвоевременное выполнение технологических операций при возделывании сахарной свеклы приводят к потерям урожая. Так, по данным [221], в результате нарушения технологии обработки почвы, потери составляют 7,2-13,3%, использования минеральных удобрений до 16,6%, при посеве – 8,3 %, обработке посевов (включая защиту растений) – около 20%. При большой засоренности потери корнеплодов доходят до 50%. От вредителей теряется до 12% урожая, а от болезней растений – 14%. Даже при слабой засоренности поля, потеряется до 20-30% урожая.

Поэтому при приемке сахарными заводами таких корнеплодов их отправляют на краткосрочное хранение или сразу на переработку.

По оценкам [221] было выявлено, что опоздание с посевом на один день ведет к снижению урожайности корнеплодов на 5-7 ц/га и сбора сахара на 1-2 ц/га, а с увеличением норм внесения азотных удобрений до определенного уровня увеличивается урожайность сахарной свеклы, но снижаются сахаристость и лежкоспособность корнеплодов.

Наиболее существенные потери корнеплодов и сахаристости проявляются при уборке сахарной свеклы. При оптимальных условиях уборки потери корнеплодов составляют не более 5%, а при неблагоприятных почвенных и погодных условиях увеличиваются до 18%.

Равномерность размещения растений в рядках и величину интервалов между ними, а также отклонение корнеплодов от условной осевой линии рядка и размещение головок по высоте относительно поверхности почвы являются существенными причинами, оказывающие влияние на потери при уборке. По оценкам авторов [23, 39, 152, 153, 219, 223] увеличением варьирования расстояний между корнеплодами возрастает зона бокового рассеивания корнеплодов относительно осевой линии рядка, в 2 раза (от ± 40 мм до ± 80 мм), увеличивается варьирование значений выступания головок относительно поверхности почвы на 20-25% и число корнеплодов с малыми интервалами в рядках (0-10 см) на 15-30%. На изреженных посевах размещение головок корнеплодов относительно поверхности почвы оказывается различным, что повлечет за собой срезание ботвы на разной высоте, что приводит к потере массы корнеплодов и засорению зеленой вороха. Несоблюдение установленной ширины междурядий приводит к

увеличению сильных поврежденных корнеплодов и их потерям в 1,7-1,9 раза. По результатам исследований [153] невозвратимые потери корнеплодов, при уборке машинами свеклоуборочного комплекса (БМ-6Б+ОГД-6А+КС-6Б, РКМ-6), составляли 4-15%, а сильно поврежденных корнеплодов было 11-20%. При этом повреждения корнеплода увеличивают потери сахара на 18%, его хвостовой части на 11% и при низком срезе головок – на 43%. При влажности почвы 19-25% у свеклоуборочных машин, с дисковыми выкапывающими органами, поверхностные потери корнеплодов составили 0,6-0,8% и повреждения – 40%, а с вильчатыми копачами – соответственно 2,0-2,2% и 19-32%. При этом свободной почвы на корнеплодах при использовании дисковых копачей было 1,7-5,0 и вильчатых 2,4-7,5% [172].

Потери массы корнеплодов при срезании ботвы ниже оптимальной на 1 см составляли 5-7%, а на 3 см – увеличивались в 3-4 раза. При обрезке нижних черешков выше оптимальной на 1 см терялось до 4 т корнеплодов с 1 га, а на 2 см потери увеличивались вдвое [153].

Потери корнеплодов и их частей после использования свеклопогрузчика СПС-4,2 достигали в среднем 3,7%, в том числе невозвратимые – 2% и повреждались до 15% корнеплодов. Наблюдались большие поверхностные повреждения корнеплодов при падении с различной высоты. Так, если после первого свободного падения корнеплодов с высоты 0,5 м невозвратимые потери их массы составили 0,5-0,7%, то после третьего падения увеличились вдвое, а высоты падения до 2 м невозвратимые потери достигали 5,4% [221, 235].

В последние годы свеклосеющие хозяйства используют самоходные комбайны зарубежных фирм «Holmer», «Ropa», «Agrifac», «Franz Kleine», «Grimme», которые оборудованы вибрационными выкапывающими органами, турбинными очистителями вороха и бункерами большой вместимости (более 40 м³). Эти комбайны имеют ряд недостатков снижающих качественные показатели их работы. Низкое качество обрезки ботвы ботвосрезающим аппаратом происходит из-за отсутствия индивидуального копирования по высоте головок корнеплодов. По результатам испытаний зарубежных комбайнов высокий срез ботвы в среднем составлял от 20,7 до 26,6%, а низкий от 1,3 до 3,5% из-за некачественной работы дообрезчиков ботвы. Эти комбайны при уборке допускали потери корнеплодов

диаметром 40-60 мм от 3,1 до 4% из-за несовершенства турбинных сепараторов и повышенные повреждения корнеплодов, особенно при обламывании хвостовой части (2,7-4,2%) [178].

Одним из важнейших факторов, оказывающих положительное влияние на снижение потерь корнеплодов и сахаристости, является правильный выбор сроков уборки сахарной свеклы. При слишком ранних сроках уборки, когда корнеплоды не достигли полной спелости, уменьшается не только сбор урожая, но и теряется сахаристость при хранении, так как у невызревших корнеплодов отмечено более интенсивное дыхание, в результате которого теряется сахаристость. Оптимальная продолжительность уборки сахарной свеклы, при которой может быть получен максимальный сбор корнеплодов и получена высокая сахаристость, составляет не более 20-25 дней.

Одной из причин потерь урожая является несовершенство организации свеклоуборочного процесса, в частности, многократная перевалка и перегрузка корнеплодов, значительный разрыв во времени между их уборкой, хранением в полевых кагатах, перевозкой и переработкой.

Из-за несвоевременной вывозки урожая ежесуточные потери массы корнеплодами составляют 0,8-2,0%. За первые пять дней не вывезенные корнеплоды теряют 10% массы и 0,5% сахара. При хранении корнеплодов в полевых кагатах высотой 2,0-2,5м среднесуточные потери массы корнеплодов и сахара составили соответственно 0,186% и 0,015%. При этом потери массы корнеплодов при хранении в течение 4 суток при температуре плюс 18°C составляют более 24%, при температуре плюс 1,0°C они снижаются в 3 раза, при минус 3°C потеря массы снижается до 4,07% [222].

В процессе хранения сахарной свеклы примерно 10% сахара, накопленного за период вызревания корнеплодов, теряется. Установлено, что даже незначительное повреждение корнеплодов отрицательно влияет на их сохранность, а минимальные потери массы корнеплодов при хранении можно получить при загрязненности корнеплодов ниже 10% [141, 152, 153, 222].

На снижение потерь корнеплодов во время уборки самоходными свеклоуборочными комбайнами оказывают существенное влияние квалификация и профессиональные навыки комбайнеров. Исследованиями [76] установлено, что из-

за неправильного выбора скоростного режима движения в зависимости от складывающихся условий уборки и неправильной регулировки рабочих органов комбайнов Holmer, управляемых комбайнерами, имеющими недостаточный опыт работы потери, повреждения и загрязненность корнеплодов остатками почвы почти в два раза выше, чем у опытных комбайнеров. Так, потери корнеплодов за комбайнами, управляемыми комбайнерами со стажем до двух лет достигали 5,4% против 2,2-2,8% у опытных, повреждения корнеплодов составляли 18-20% против 8-12% соответственно. Поэтому существенного снижения потерь корнеплодов при использовании самоходных комбайнов можно добиться правильной их регулировкой и управлением высококвалифицированными комбайнерами.

По данным [219] в технологиях производства сахарной свеклы, при урожайности 50 т/га и более, экономически допустимые потери массы корнеплодов при уборке (включая обрезку ботвы и выкопку корнеплодов) составляют 4-6%. Снижение загрязненности убранного урожая менее 5% экономически нецелесообразно, поскольку при этом резко возрастают повреждения корнеплодов и увеличиваются затраты на дополнительную их очистку.

1.3.1 Пути совершенствования технологического процесса возделывания и уборки сахарной свеклы по снижению потерь продукции

Если на погодно-почвенные условия, морфологические и биологические особенности применяемых гибридов сахарной свеклы, человек не может активно влиять, то своевременное и качественное выполнение технологических операций при возделывании и уборке всецело зависит от квалификации и мастерства механизаторов и обслуживающего персонала, а также от выбора и технического состояния средств механизации и правильной их подготовки к работе.

Мероприятия по снижению потерь сахарной свеклы начинаются с правильного выбора адаптированных к местным условиям и подготовленных к посеву высокоурожайных семян и гибридов отечественной или зарубежной селекции.

Качественная глубокая вспашка с оборотом пласта под сахарную свеклу способствует повышению урожайности и получению корнеплодов правильной формы и требуемых размеров, что позволит снизить их потери при уборке.

Своевременная и качественная предпосевная обработка почвы позволит сохранить влагу, выровнять поверхность поля, получить однородный состав и характеристику слоя почвы на заданной глубине. Посев сахарной свеклы сеялками точного высева оборудованных системой контроля технологического процесса способствует равномерному с заданным интервалом размещению семян на одинаковую заданную глубину заделки. Качественный посев по подготовленной поверхности поля позволит получить дружные всходы и равномерно расположенные с одинаково выступающими над поверхностью почвы головками корнеплодов, что значительно снизит их потери при уборке.

На урожайность и качество корнеплодов существенно влияет засоренность посевов сахарной свеклы сорняками на разных фазах развития растений, снизить их количество возможно своевременной и качественной гербицидной и механической обработками.

Кроме описанных выше факторов и причин возможных потерь продукции существенная доля потерь корнеплодов и их сахаристости приходится на уборку сахарной свеклы и хранение полученной продукции.

Важнейшим фактором, оказывающим влияние на сокращение потерь корнеплодов и сахаристости, является правильный выбор сроков и способа уборки, а также комплекса машин для её осуществления. При этом машины должны быть отрегулированы на правильную обрезку ботвы, полную выкопку корнеплодов без повреждений при минимальном загрязнении. Качественную работу свеклоуборочных машин при благоприятных погодных и почвенных условиях могут обеспечить высококвалифицированные механизаторы при совершенной организации работ.

Причинами потерь и сахаристости корнеплодов является большой разрыв во времени между уборкой и закладкой на хранение в полевых кагатах малого объёма и длительного хранения на площадках сахарного завода. При этом необходимо до минимума свести погрузочно-перевалочные операции, которые приводят кроме потерь к повреждениям корнеплодов. Для снижения потерь при кагатном и заводском хранении корнеплодов применяют укрывной материал.

К большим потерям корнеплодов и снижению выхода сахара при переработке приводит искусственное сдерживание темпов уборки сахарной свеклы хозяйствами из-за квотированного малого объёма приема корнеплодов сахарными

заводами, который удлинит продолжительность уборки и неэффективно используются высокопроизводительные и дорогостоящие самоходные свеклоуборочные комбайны.

Таким образом, своевременное, последовательное и качественное выполнение технологических операций по возделыванию и уборке сахарной свеклы, а также правильная настройка и регулировка рабочих органов машин, исходя из сложившихся погодных и почвенных условий, состояния развития растений, правильной организации уборочных работ и хранения продукции, позволяет значительно уменьшить потери и сахаристости корнеплодов.

1.4 Анализ технических средств для возделывания и уборки сахарной свеклы

В настоящее время по оценке [130, 132] обеспеченность специализированными сельскохозяйственными машинами, используемыми при возделывании сахарной свеклы, практически стабилизировалась, начиная с 2010 года, нагрузка на них по размеру обрабатываемой площади не превышает 140 га. За счет круглосуточного использования высокопроизводительных самоходных свеклоуборочных комбайнов и погрузчиков иностранного производства нагрузка на них увеличилась до 450 га (Рисунок 1.11).



Рисунок 1.11 – Обеспеченность свеклосеющих хозяйств специализированной сельскохозяйственной техникой

В севообороте сахарную свеклу размещают за озимой пшеницы после уборки, которой проводят лушение стерни дисковыми луцильниками ЛДГ-10 и

ЛДГ-15 на глубину 7-8 см и зяблевую вспашку. После прорастания сорняков поле пашут на глубину 30-35 см с оборотом почвенного пласта и заделкой пожнивных остатков на дно борозды. Для вспашки применяют плуги ПН-4-40, ПНЛ-8-40 с предплужниками или ярусные плуги ПНЯ-4-40, ПНЯ-6-40, обеспечивающие глубокую заделку пожнивных остатков (Рисунок 1.12).



Рисунок 1.12 – Пахотный агрегат на базе трактора ЛТЗ-155
с классическим плугом

При вспашке поля под сахарную свеклу за один проход должна обеспечиваться выровненная поверхность поля, полная заделка растительных остатков и удобрений, а также заделка семян сорняков на глубину не менее 10-12 см, с которой они не могут прорасти. Современные плуги, как отечественные, так и зарубежные (кроме ярусных), не обеспечивают этих требований агротехники.

При выполнении отвальной вспашки плугами классической конструкции с предплужниками загонным способом образуются развальные борозды и свальные гребни, которые являются следствием недостаточной слитности и выравниваемости поверхности поля и образования крупных глыб.

В зависимости от размеров и конфигурации поля после вспашки классическими плугами суммарная площадь, занятая свальными гребнями и развальными бороздами, составляет по нашим расчётам от 4,64-4,9% для четырёх корпусного плуга и до 6,03-6,8% для восьми корпусного плуга в зависимости от обработанной площади участка от 50 до 400 га.

Наличие развальных борозд и свальных гребней ухудшает условия работы

машинно-тракторных агрегатов на последующих операциях при работе на повышенных скоростях. Кроме того, за счет разницы толщины пахотного слоя свальных гребней и развальных борозд и пахотного слоя на ровном участке поля, растения развиваются неравномерно по причине неравномерной заделки семян в развальных бороздах, что снижает их всхожесть[227].

Для выравнивания свальных гребней или развальных борозд требуется три-четыре дополнительных прохода пахотного агрегата.

Современные классические плуги имеют общий недостаток, обусловленный ступенчатым расположением рабочих органов и несимметричностью расстановки плужных корпусов относительно продольной оси агрегата, который влияет на прямолинейность движения пахотного агрегата. При таком расположении корпусов длина плуга в 2-2,5 раза больше, чем ширина захвата.

Для устранения бокового смещения плуга в горизонтальной плоскости (разворота относительно продольной оси агрегата) необходимо устанавливать на каждом корпусе полевую доску, которая в результате трения о стенку борозды увеличивает до 20% тяговое сопротивление плуга.

В настоящее время широкое распространение получила гладкая вспашка, в результате которой поверхность обработанного поля становится гладкой без свальных гребней и развальных борозд, до минимума сокращаются холостые проходы на разворотных полосах, что положительно влияет на производительность пахотных агрегатов и снижает расход нефтепродуктов, и трудозатраты на её проведение. Для гладкой вспашки используются оборотные и поворотные плуги, преимущество которых перед плугами классического исполнения является способность работать на поле челночным способом без разбивки поля на загонки и последующего выравнивания его поверхности другими агрегатами.

Гладкую вспашку осуществляют оборотными плугами со сдвоенными право- и левооборачивающими плужными корпусами установленными на разных стойках, что приводит к значительному увеличению конструктивной массы и стоимости плугов. По материалам аналитического обзора и производственного использования в хозяйствах Тамбовской области нами были выявлены недостатки в работе пахотных агрегатов с оборотными плугами [225, 226]. При вспашке колесный трактор перемещается по открытой борозде, что обуславливает постоянный его

наклон, который негативно сказывается на комфортности работы механизатора и своей массой трактор уплотняет дно борозды. Из-за смещения линии тяги и осевой линии плуга увеличивается удельное сопротивление. Трение о стенку борозды вследствие увода трактора приводит к повышенному износу передних и задних колес [228].

В отличие от оборотных плугов той же ширины захвата поворотный плуг имеет вдвое меньшее количество корпусов, меньшую металлоемкость и стоимость, что делает его конкурентоспособным и перспективным.

На основании результатов нашего анализа конструктивного исполнения и принципов работы поворотных плугов отечественного и зарубежного производства выявлены недостатки, влияющие на качество и энергетические показатели пахотных агрегатов. Так, в поворотном плуге плужный корпус с одной цилиндрической поверхностью отвала и установленными на нем двумя полевыми досками, жестко закреплен на поворотном бруске перпендикулярно оси рамы плуга, что отрицательно влияет на качество оборота и крошения пласта, и заделку пожнивных остатков и органических удобрений [108, 111]. Такая установка плужного корпуса на поворотном бруске исключает возможность изменения ширины захвата плуга. При работе пахотного агрегата осевая линия этого плуга не совпадает с линией тяги трактора, что приводит к его развороту в сторону непаханой площади поля и неустойчивости хода в горизонтальной плоскости и увеличению тягового сопротивления агрегата. Кроме того, тракторы в агрегате с рассмотренными поворотными плугами движутся поочередно правой и левой стороной колёс по борозде, что приводит к уплотнению дна борозды и частично вспаханного слоя почвы.

После вспашки осенью почву выравнивают выравнивателями ВП-8, ВПН-5,6 и шлейф-боронами ШБ-2,5. Для вспашки с одновременным уплотнением и выравниванием почвы используют кольчато-шпоровые катки ЗККШ-6.

Совершенствование способов вспашки за счет создания плугов нового типа, например, оборотных и поворотных позволит осуществлять основную обработку почвы качественно с меньшими энергетическими затратами.

Широкое использование для гладкой вспашки нашли оборотные плуги зарубежных фирм Lemken, Kverneland и других с право- и левооборачивающими плужными корпусами установленными на разных

стойках (Рисунок 1.13) [105,106,231, 232, 233].



Рисунок 1.13 – Пахотный агрегат с оборотным плугом

Эти плуги имеют повышенную металлоемкость за счет удвоенного количества корпусов в сравнении с классическими плугами. При вспашке колесный трактор движется по борозде и своей массой уплотняет её дно, что приводит к снижению урожая, а из-за смещения линии тяги трактора и осевой линии плуга увеличивается его удельное сопротивление.

Поворотные плуги с переменной шириной захвата оборудованы одноотвальными симметричными корпусами, жестко закрепленными на поворотном в горизонтальной плоскости бруске рамы плуга, который поворачивается вокруг вертикальной оси и поочередно устанавливает плужные корпуса в право- или левооборачивающее положения в зависимости от направления движения агрегата. (Рисунок 1.14) [232].



Рисунок 1.14 – Поворотный плуг John Deere 975

В отличие от оборотных плугов той же ширины захвата поворотный плуг имеет вдвое меньшее количество корпусов, значительно меньшую металлоемкость и стоимость, близкую к стоимости классических плугов для загонной вспашки, что

делает его конкурентоспособным и перспективным.

Органические удобрения целесообразно вносить в сочетании с минеральными удобрениями. Для внесения органических удобрений используют разбрасыватели ПРТ-10-1 или МТТ-Ф-8, а для минеральных удобрений – МВУ-Ф-8. При внесении минеральных удобрений ленточным способом используют агрегат с культиватором КРШ-8,1Г, оснащенный рабочими органами, изготовленными по патенту РФ №2101906 [160] (Приложение А1). Для сплошного внесения минеральных удобрений широкое распространение получили зарубежные навесные разбрасыватели (ЗА-М 900, RS-М 2050 и другие) [136]. Для внесения минеральных удобрений при посеве сахарной свеклы на сеялки устанавливают туковысевающие устройства и бункеры для удобрений. При использовании комбинированного агрегата для предпосевной обработки почвы и посева оборудование для внесения минеральных удобрений необходимо смонтировать на культиваторе КРШ-8,1Г, навешиваемого на переднее навесное устройство трактора ЛТЗ-155 (РТ-М-160). В дальнейшем этот культиватор используется для подкормки посевов сахарной свеклы гранулированными минеральными удобрениями.

Для внекорневой подкормки жидкими комплексными удобрениями на основе макро- и микроэлементов используют опрыскиватель ОП-2000, агрегируемый с тракторами МТЗ-80/82, или полевой опрыскиватель Супер-2500 в агрегате с трактором ЛТЗ-155 (РТ-М-160).

Ранневесенняя подготовка почвы под посев сахарной свеклы включает последовательное выполнение следующих технологических операций: закрытие влаги, шлейфование поля, предпосевная обработка почвы. Закрытие влаги выполняют в основном широкозахватными агрегатами. В качестве энергетического средства используют, как правило, гусеничные тракторы (ВТ-150, ВТ-100ДС и другие), которые по сравнению с колесными тракторами оказывают меньшее давление ходовыми системами на почву, что важно при их перемещении ранней весной по переувлажненной почве. Чистые от сорняков поля обрабатывают боронами, присоединенными к сцепке (СГ-21, СП-16, С-11У) в два ряда, а засоренные – в один ряд.

Шлейфование поверхности поля выполняют машинно-тракторными агрегатами состоящие из гусеничных тракторов и шлейф-борон ШБ-2,5, посевных

борон ЗБП-0,6, райборонок 30Р-0,7, выравнителей ВПШ-15 и культиваторов КРШ-8,1Г и УСМК-5,4В.

Предпосевную обработку почвы выполняют культиваторами КРШ-8,1Г, УСМК-5,4В, укомплектованными спаренными стрельчатыми лапами, уголко-выравнителем, двухбарабанными спиральными роторам, в агрегате с тракторами РТ-М-160 (ЛТЗ-155) и Т-70С.

В большинстве свеклосеющих хозяйств подготовку почвы под посев сахарной свеклы осуществляют комбинированными машинами и агрегатами.

Наибольшее распространение получили комбинированные агрегаты типа АКШ-6Г в агрегате с тракторами РТ-М-160 (ЛТЗ-155) или (ВТ-150, ВТ-100ДС), Рисунок 1.15.

Эти агрегаты укомплектованы рабочими органами обеспечивающие выполнение за один проход рыхление следа трактора, выравнивание поверхности почвы, разрушение комков и глыб, измельчение почвы, рыхление почвы на глубину до 100 мм и уничтожение сорняков, измельчение и уплотнение почвы.



а) ВТ-150+АКШ-6Г



б) ЛТЗ-155+Европак

Рисунок 1.15 – Агрегаты для предпосевной обработки почвы

Использование однооперационных агрегатов при выполнении перечисленных отдельных операций подготовки почвы под посев сахарной свеклы снижается качество и увеличивается на 57% удельный расход топлива.

Посев сахарной свеклы на конечную густоту насаждений растений, как правило, проводят высококачественными семенами отечественной и зарубежной селекции с использованием пневматических сеялок точного высева (СТВС-12, СТВС-18, СТВ-12, РИТМ-1и других) [5, 6, 73, 124, 125, 126, 127]. Сеялки агрегируют с тракторами РТ-М-160 (ЛТЗ-155), Т-70С, МТЗ-80/82 (Рисунок 1.16).



а) Т-70С+ССТ-12М



б) МТЗ-82+ССТ-18М

Рисунок 1.16 – Посевные агрегаты

Обработка посевов сахарной свеклы заключается в рыхлении междурядий, внесении гербицидов и подкормки растений жидкими удобрениями в зависимости от фазы развития растений, обработке защитных зон. Для выполнения этих операций используют как одномашинные, так и комбинированные агрегаты, в состав которых включают пропашные культиваторы КРШ-8,1Г или УСМК-5,4В оснащенных оборудованием для внесения рабочих растворов гербицидов и удобрений (Рисунок 1.17).



а) ЛТЗ-155+КРШ-8,1Г



б) РТ-М-160+КРШ-8,1Г

Рисунок 1.17 – Агрегаты для междурядной обработки

Для сплошного внесения гербицидов используют прицепные опрыскиватели типа ОП-2000 или Супер-2500, агрегатируемые с трактором МТЗ-80/82 или ЛТЗ-155 (РТ-М-160), Рисунок 1.18.



Рисунок 1.18 – Агрегат для внесения гербицидов

При обработке больших площадей используют самоходные широкозахватные опрыскиватели зарубежных фирм «Amazone», «John Deere», «Case» оборудованные распылителями [240].

Для совмещения рыхления почвы с одновременным внесением гербицидов или жидких удобрений составляют комбинированный агрегат на базе трактора ЛТЗ-155 (РТ-М-160) на сдвоенных колесах дополнительной комплектации, стойки НП-5,4А, одного или двух культиваторов КРШ-8,1Г навешенных на переднее и заднее навесные устройства трактора и подкормщика-опрыскивателя ПОМ-1200 на его технологической площадке. При этом культиватор, навешенный на переднее навесное устройство, оснащают универсальными окучниками, а культиватор на заднем навесном устройстве – подкормочными трубками. Кроме того, на заднем навесном устройстве трактора предусмотрена установка штанги для внесения сплошным способом фунгицидов. Для разрушения почвенной корки используют агрегат с одним культиватором, оснащенный ротационными батареями РБ-5,4 и прутковыми роторами.

Для предуборочного рыхления междурядий используют одномашинный агрегат на базе трактора МТЗ-80/82 на узких колесах или гусеничный свекловичный трактор Т-70 (90)С с пропашным культиватором КРШ-8,1 (УСМК-5,4) [68, 69, 70].

В настоящее время в свеклосеющих хозяйствах и уборочных отрядах при сахарных заводах на уборке высокоурожайной сахарной свеклы используют самоходные комбайны зарубежных фирм (Holmer, Ropa, Franz Kleine, Grimme, Afrifac) с различной шириной захвата (количеством одновременно убираемых рядков от двух до двенадцати) и бункерами для корнеплодов вместимостью от 4,5 до 50 м³, которые работают по однофазному способу [13, 14, 19, 31, 34, 43,45, 49, 236] (Рисунок 1.19).



а) Holmer T3



б) Ropa Euro Tiger

Рисунок 1.19 – Зарубежные самоходные свеклоуборочные комбайны фирм Holmer и Ropa

Для двухфазной уборки используют свеклоуборочные комплексы, включающие прицепные или самоходные ботвоуборочные машины и самоходные или прицепные свеклоуборочные комбайны с технологическим бункером для корнеплодов небольшой вместимости (до 4м³) как отечественного, так и зарубежного производства (КС-6, РКС-6, РКМ-6, БМ-6), (Рисунки 1.20-1.22).



Рисунок 1.20 – Свеклоуборочный комплекс для двухфазной уборки

Основными недостатками указанных машин свеклоуборочного комплекса были недостаточная надёжность, жёсткие связи между отдельными технологическими операциями (уборка ботвы, доочистка и выкапывание корнеплодов). Низкая надёжность машин приводит к растягиванию сроков уборки, которое приводит к повышению потерь урожая до 5-8%. Уборка сахарной свеклы по этому способу потребует 3-4 проходов агрегатов по полю, что приводит к

большим трудовым, ресурсо- и энергозатратами. В состав этих уборочных комплексов входят свеклопогрузчики (Рисунок 1.21).



а) погрузчик СПС-4,2

б) самоходный погрузчик Terra Felis

Рисунок 1.21 – Свеклопогрузчики

Эти комплексы машин недостаточно приспособлены для уборки полей с урожайностью более 40-50 т/га.



а) ботвоуборочная машина

б) корнеуборочная машина WIC

Рисунок 1.22 – Комплекс машин для двухфазной уборки сахарной свеклы американской фирмы «Amity Technogy»

Для двухфазной валковой технологии уборки сахарной свеклы находят применение навесные машины типа KR-6 германской фирмы «Франц Кляйне»: копатель-валкоукладчик КВС-6 (ОКБ «Союз», г. Казань), (Рисунок 1-23) и свеклоуборочный комбайн КСН-6 («Гомсельмаш», г. Гомель Республика Беларусь). Подбор корнеплодов из валков осуществляют прицепными подборщиками типа L-6, ППК-6 или бункерными подборщиками типа LB-13, LB-20 с бункерами вместимостью соответственно 13 м³ и 20 м³.



Рисунок 1.23 – Трактор ЛТЗ-155 в агрегате со свеклокопателем КВС-6

Копатели-валкоукладчики с вибрационными копачами агрегируют с тракторами ЛТЗ-155 (РТ-М-160) или гусеничным трактором свекловичной модификации ВТ-100ДС. При работе с копателем-валкоукладчиком агрегируемые тракторы перемещаются задним ходом. В процессе движения агрегата по рядкам ножи ботвоудалителя срезают ботву свеклы, которая разбрасывается по полю или укладывается в валок. Вибрационные копачи подкапывают корнеплоды и выдавливают их из земли. Шнеками валкового механизма корнеплоды укладываются в валок.

Подбор уложенных в валки корнеплодов и погрузка их транспортное средство осуществляют подборщиком-погрузчиком Л-6 (ППК-6) или бункерным подборщиком ЛВ-13 (Рисунок 1.24).



а) подборщик-погрузчик ППК-6



б) бункерный подборщик ЛВ-13

Рисунок 1.24 – Подборщики-погрузчики корнеплодов

В процессе движения агрегата подбирающий транспортер Л-6 подхватывает корнеплоды, уложенные в валок, с которого они попадают на сепарирующий ротор. На роторе корнеплоды дополнительно очищаются и сбрасываются на выгрузной транспортер, который подает их в транспортное средство. В процессе движения бункерного подборщика ЛВ-13 подбирающими роторами корнеплоды

транспортируются из валка на каскад очищающих роторов. С последнего ротора корнеплоды подаются в бункер с помощью поперечного и продольного транспортеров. Накопленные в кузове корнеплоды выгружаются в транспортное средство или кагаты.

При трехфазной уборке используется комплекс машин аналогичный для валковой технологии описанный выше с той лишь разницей, что уборка ботвы осуществляется отдельной машиной в прицепном варианте или навешенной на переднее навесное устройство трактора типа ЛТЗ-155. При этом на заднем навесном устройстве трактора размещают корнеуборочную машину.

Двух- и трехфазные уборочные комплексы машин обеспечивают высококачественную уборку сахарной свеклы при урожайности 40-60 т/га по валковой технологии при небольшом расходе топливно-смазочных материалов.

1.4.1 Энергетические средства, используемые при построении машинно-тракторных агрегатов

При возделывании и уборке сахарной свеклы для выполнения работ общего назначения (основная обработка почвы, внесение органических и минеральных удобрений, сплошная гербицидная обработка посевов, транспортировка технологических материалов) используются машинно-тракторные агрегаты, составленные из серийных сельскохозяйственных машин и колесных (гусеничных) тракторов общего назначения различного тягового класса и мощности двигателей, как отечественного, так и зарубежного производства.

Для выполнения специализированных технологических операций (предпосевная обработка почвы, посев, обработка посевов сахарной свеклы и уборка урожая) используются машинно-тракторные агрегаты, составленные из специализированных тракторов и сельскохозяйственных машин [77, 78, 128].

На базе тракторов общего назначения были созданы модификации специализированных тракторов с применением специфических агрегатов и систем. К ним относятся широко известные свекловодческие гусеничные тракторы Т-70С (Т-90) Кишинёвского тракторного завода и выпущенные малой партией тракторы ВТ-100ДС

Волгоградского тракторного завода (Приложение В13).

Для улучшения приспособленности тракторов к агрегатированию с сельскохозяйственными машинами и с целью повышения эффективности использования машинно-тракторных агрегатов применяются колесные тракторы интегральной компоновочной схемы. У этих тракторов в отличие широко известных полноприводных колесных тракторов традиционной классической схемы (типа МТЗ-82А) иное размещение узлов и агрегатов, позволяющее расширить возможности их агрегатирования.

Интегральная схема компоновки трактора предусматривает:

- колесную базу из четырех ведущих управляемых колес соразмерного диаметра;
- центральное расположение кабины в средней части ближе к центру тяжести трактора с улучшенной обзорностью;
- образование сзади и спереди кабины свободных площадей для установки технологического оборудования и емкостей;
- оборудование задним и передним навесными устройствами и валами отбора мощности (ВОМ), гидроприводами;
- разветвленную гидросистему для управления навесными устройствами;
- реверсирование хода машинно-тракторного агрегата.

Первый интегральный трактор был создан на Липецком тракторном заводе в 1963 году под маркой Т-5, а за рубежом аналогичный трактор, скомпонованный по интегральной схеме, был выпущен в 1968 году американской корпорацией United St. Steel Co под маркой Vantage с двигателем мощностью 165 кВт, который устанавливался в межосевой базе, а кабина располагалась над передним мостом [64, 115].

В настоящее время основным производителем иностранных интегральных тракторов является фирма «JCB» (Великобритания), которая выпускает модельный ряд из шести тракторов серии «Fastrac» мощностью от 94 до 136 кВт (Рисунок 1.25).



Рисунок 1.25 – Интегральный трактор «Fastrac»

Кроме того, тракторы аналогичной компоновочной схемы выпускаются немецкими фирмами: 4 модели серий «Systra» и «Тгас» фирмой «Doppstadt» мощностью от 51 до 150 кВт. и 3 модели серии «Хулон» фирмой «Fendt» мощностью 81, 92 и 108 кВт [115].

Интегральные тракторы относятся в основном к тяговым классам 2 и 3. Их размерные характеристики находятся в относительно узком диапазоне: межколесная база изменяется в небольших пределах 2780-3170 мм, а дорожный просвет – 468-640 мм. Колея передних и задних колес с широкими радиальными шинами регулируется в диапазоне от 1550 до 2300 мм. Передний и задний мосты подпрессорены вертикальными пружинами с гидравлическими амортизаторами, что повышает плавность движения трактора при работе в поле и на транспортных операциях.

На интегральных тракторах установлены синхронизированные реверсируемые коробки передач, которые оборудованы ходоуменьшителями и гидрообъемное рулевое управление для облегчения поворота передних управляемых колес при маневрах. На тракторах фирмы «JCB» установлены сухие дисковые тормоза задних колес, а на тракторах фирм «Doppstadt» и «Fendt» – дисковые гидроуправляемые тормоза, работающие в масляной ванне, причем одновременно с торможением задних колес предусмотрено также торможение передних колес.

Задние и передние мосты тракторов фирм «JCB» и «Doppstadt» оснащены электрогидравлической (кнопочной) блокировкой, включение приводов передних мостов осуществляется автоматически.

Все выпускаемые интегральные тракторы имеют комфортные кабины, установленными на раме при помощи специальных виброизоляторов. Сиденья кабин устанавливаются на пневматических подвесках. Системами вентиляции и отопления или кондиционирования обеспечивается микроклимат в кабине. Для удобства оператора во время движения агрегата задним ходом, сиденья в кабинах тракторов фирмы «Doppstadt» имеют возможность разворачиваться на 180°.

Для улучшения обзора при междурядных обработках возделываемых пропашных культур верхние части капотов тракторов выполнены с наклоном вперед.

Все фирмы предусматривают контроль технического состояния узлов, агрегатов и режимов их работы с кнопочной корректировкой правильности режимов.

Фирмы-изготовители комплектуют тракторы задними навесными устройствами с регулированием в процессе работы электрогидравлическим силовым позиционным, или смешанным способами на базе бортовых компьютеров. На тракторах установлены задние независимые двухскоростные (540 и 1000 об/мин) валы отбора мощности с электрогидравлическим включением. Опциями к тракторам являются передние навесные устройства и передние ВОМ, которые выполняют односкоростными (1000 об/мин), а на тракторах фирмы «JCB» – двухскоростными (540 и 1000 об/мин).

Типоразмерный ряд интегральных тракторов фирмы Mercedes-Benz (Германия) модели «MB-trac» включает несколько модификаций с двигателями мощностью 73-110 кВт. Кабины этих тракторов имеют центральное расположение, сзади которой над осью задних колес предусмотрена технологическая площадка для установки емкостей [66].. Высокая грузоподъемность передних колес и хорошая приспособленность к работе с навесными комбинированными агрегатами этих тракторов характеризует их технологические особенности, которые подтверждаются наличием задней и передней навесными системами высокой грузоподъемности (до 30 кН), задним и передним ВОМ, реверсивным постом управления.

Интегральные тракторы тягового класса 3 мощностью 107, 118, 132 кВт производились в Украине Харьковским тракторным заводом (ХТЗ-121/16131/16331).

Интегральный трактор ХТЗ-16131-03 (05) оборудован двумя ведущими мостами и автоблокировкой дифференциала и имеет повышенные тяговые свойства (Рисунок 1.26). На тракторе установлены переднее и заднее навесные устройства, и соответственно независимые передний и задний валы отбора мощности. Высокая курсовая устойчивость сохраняется за счёт смещённого центра тяжести и управляемых передних одинарных колёс с размерами шин 16.9R-38. Одноместная кабина оборудована каркасом безопасности с центральной посадкой оператора, системами кондиционирования воздуха и отопления для поддержания нормального микроклимата.



а) ХТЗ-16131-03



б) Комбинированный агрегат

Рисунок 1.26 – Интегральный трактор ХТЗ-16131-03 (05)

На тракторе предусмотрено реверсивное управление, которое позволяет его использовать с кормоуборочными и свеклоуборочными комбайнами и погрузчиками при фронтальной навеске. Передние управляемые колеса и смещенный вперед центр тяжести обеспечивает повышение курсовой устойчивости, и позволяют использовать трактор на возделывании пропашных культур с широкозахватными орудиями.

К отечественным интегральным тракторам тягового класса 2 следует отнести тракторы ЛТЗ-155 и РТ-М-160 с компоновочной схемой 4К4б и мощностью двигателя 110 и 106 кВт, соответственно (Рисунок 1.27).



а) ЛТЗ-155



б) РТ-М-160

Рисунок 1.27 – Интегральные тракторы ЛТЗ-155 и РТ-М-160

В конструкторском бюро Липецкого тракторного завода под руководством к.т.н. А.С. Дурманова была разработана базовая модель универсально-пропашного интегрального трактора ЛТЗ-155. В своей работе [96] А.С. Дурманов подробно описал историю создания, конструктивные особенности интегральной схемы трактора, перспективы его использования в технологиях производства пропашных культур и сахарной свеклы, а также его использование в различных отраслях народного хозяйства [97, 210]. В связи с прекращением выпуска этого трактора на Липецком тракторном заводе производство интегрального трактора с усовершенствованием базовой модели было организовано на Нижнетагильском вагоностроительном заводе под маркой РТ-М-160.

Компоновка тракторов обеспечивала размещение двигателя впереди передней оси, а кабины между передней и задней осями, и распределение их массы в статике 60 % на переднюю и 40 % на заднюю ось, что позволяло частично разгрузить задние шины от собственной массы трактора и освободить место за кабиной над задним мостом для размещения технологической площадки. На этой площадке размещали емкости для жидких удобрений или гербицидов, что обеспечивало обзорность рабочих машин передней и задней навесок. соблюдались требования безопасности при работе с ядохимикатами за счет меньшей вероятности попадания их в кабину.

Остов трактора полурамный, в передней части которого устанавливался двигатель, к которому присоединялись корпуса муфты сцепления, коробки передач и балансира. Расположенный между коробкой передач и корпусом заднего моста

балансир обеспечивал качание заднего моста на угол 11° в обе стороны для лучшего копирования колесами рельефа почвы. На тракторе устанавливался межосевой дифференциал шестеренного типа с автоматической блокировкой при торможении и принудительной – при движении.

Передний и задний ведущие мосты имели одинаковые конструкции. Отличались они только способом крепления: передний мост жестко крепился в полураме, а задний мост и редуктор заднего ВОМ – на листах балансира.

В рулевом приводе применены одинаковые по конструкции трапеции со встроенными гидроцилиндрами для управления одинаковыми передними и задними колесами. Для выполнения работ общего назначения применяли колеса типа 16,9R30, которые устанавливались на различную колею. При возделывании сахарной свеклы с шириной междурядий 45 см устанавливали сдвоенные колеса 11,2-42. Для выполнения ранних весенних полевых работ на тракторе устанавливали широкие или сдвоенные колеса [79].

При повороте трактора задние колеса поворачивались после поворота передних на угол 11° в результате этого задние колеса шли по следу передних. При этом максимальный угол поворота передних и задних колес одинаковый и составлял 33° . Поворот всех колес обеспечивал хорошую маневренность и минимальное повреждение культурных растений на поворотных полосах, а запаздывание включения в поворот задних колес обеспечивало хорошую управляемость трактором в междурядьях.

Рулевую колонку с рулевым колесом устанавливали в кабине, которая регулировалась по высоте и углу наклона с расположенным на ней щитком приборов. Для работы на реверсе, например со свеклокопателями, рулевую колонку, сиденье оператора, педали управления муфтой сцепления, тормозом и подачей топлива поворачивали на 180° .

На тракторах устанавливались трехточечное заднее навесное устройство, оборудованное регулятором глубины обработки почвы с силовым позиционным и смешанным регулированием и переднее навесное устройство – унифицированное по присоединительным местам с задним навесным

устройством. Навесные устройства оборудованы автосцепками и имели фиксацию в транспортном положении.

Заднее навесное устройство (ЗНУ) использовалось для агрегатирования с навесными, полунавесными и прицепными машинами при правильном их положении по отношению к трактору. При навешивании сельскохозяйственных машин с приводом от ВОМ, заднее навесное устройство должно быть установлено в верхнее положение, а для снижения тягового сопротивления почвообрабатывающих машин с пассивными рабочими органами его необходимо устанавливать в нижнее положение.

Для эффективного использования трактора в агрегате с почвообрабатывающими машинами в навесную систему было введено устройство для силового позиционного и смешанного регулирования. Принцип действия регулятора заключался в автоматическом поддержании заданного тягового сопротивления сельскохозяйственной машины при силовом способе регулирования или заданного положения машины относительно остова трактора при позиционном способе регулирования. Глубина обработки поддерживалась автоматически благодаря наличию обратной связи указанного устройства с силоизмерительным элементом датчика силового регулирования, которым являлся торсионный вал, воспринимающий усилие в продольных тягах навесного устройства от действия тягового сопротивления машины.

Конструктивно-компоновочная схема трактора обеспечивала комплектование комбинированных агрегатов, применение которых позволяет за один проход выполнять несколько операций.

При навешивании машин спереди трактора необходимо соблюдать симметричность расположения продольных тяг навесного устройства относительно его продольной оси. Несимметричное расположение этих тяг приводило к уводу агрегата в сторону.

Переднее навесное устройство (ПНУ) предназначено для агрегатирования сельскохозяйственных машин, оборудованных приспособлением НП-5,4 для передней навески с помощью автосцепки СА-2. Оно использовалось при

составлении комбинированных агрегатов на совмещенных операциях, а также для обеспечения минимальных защитных зон при междурядной обработке посевов при передней навески культиваторов.

Для агрегатирования трактора с прицепными машинами применялось тягово-сцепное устройство ТСУ-1.

На тракторе устанавливались задний, передний, задний верхний и боковой валы отбора мощности. Все валы отбора мощности, за исключением бокового, были двухскоростными независимыми и с синхронными приводами. Изменение частоты вращения заднего и переднего валов отбора мощности осуществлялось за счет поворота быстросъемных взаимозаменяемых хвостовиков.

В зависимости от требуемых рабочих скоростей трактор комплектовался ходоуменьшителем с различными передаточными числами позволяющими получать ряд скоростей от 0,07 до 1,87 км/ч.

В приложении Б2 приведены параметры ходовой системы, навесных и сцепных устройств при работе трактора ЛТЗ-155 (РТ-М-160) в составе однооперационных и комбинированных агрегатов при возделывании и уборке сахарной свеклы.

Качество выполнения технологических операций, производительность и топливная экономичность машинно-тракторных агрегатов предопределили применение средств контроля и автоматического управления эксплуатационно-технологическими параметрами агрегатов. Для этого трактор был оснащен бортовым компьютером, который обеспечивал контроль заданных параметров.

Описанные интегральные тракторы имели высокие тягово-сцепные качества, эксплуатационную технологичность, определяемую вписываемостью в междурядья, маневренностью и допустимое давление на почву. Кроме того, эти тракторы обладали широким диапазоном скоростей движения, достаточной навесоспособностью и устойчивостью.

Целесообразность использования интегрального трактора с двигателем многоуровневого отбора мощности с повышенным запасом крутящего момента, изменяемой эксплуатационной массой и реверсивностью движения диктуется

многообразием почв с изменяющимися во времени физико-механическими свойствами и различной энергоемкостью технологических операций.

Интегральная схема компоновки трактора и его агрегатирование с сельскохозяйственными машинами позволяла выполнять качественно отдельные и совмещенные технологические операции при возделывании и уборке сахарной свеклы с меньшими энергетическими затратами в установленные агротехнические сроки.

1.4.2 Блочно-модульное построение машинно-тракторных агрегатов на базе интегрального энергетического средства

Комплектование машинно-тракторных агрегатов с учетом специфических особенностей технологии возделывания и уборки сахарной свеклы определяют необходимость их создания на принципах блочно-модульного построения, предусматривающего наличие энергетического и технологического модулей. Под термином «модуль» применительно к мобильным сельскохозяйственным агрегатам понимается составная часть агрегата, законченная в монтажном и функциональном отношении и оформленная конструктивно как самостоятельное изделие. Блочно-модульное построение предусматривают наличие постоянного энергетического (трактора) и сменяемого технологического модуля (сельскохозяйственной машины) или комбинацию рабочих органов технологических модулей [114, 123].

В последнем варианте при блочно-модульном построении машинно-тракторных агрегатов используется центральная несущая рама, на которую навешиваются различные рабочие органы в зависимости выполняемой технологической операции при возделывании сахарной свеклы, например, для предпосевной обработки почвы, посева, междурядной обработки, внесения жидких удобрений и средств химической защиты растений. При этом используются

модули, выполняемые технологические операции по отдельности или в совмещенном варианте.

Использование однооперационных машинно-тракторных агрегатов вызывает многократный проход агрегатов по полю, который приводит к переуплотнению почвы и потере запасов почвенной влаги, увеличиваются сроки проведения полевых работ, что отрицательно сказывается на урожайности сахарной свеклы.

При блочно-модульном построении машинно-тракторных агрегатов должны быть обеспечены: сбалансированность энергетического и технологического модуля по подводимой и потребляемой энергии; применение сменных модулей; кратность установочного размера модуля в общей ширине захвата машины и агрегата. При этом количество технологических модулей блочно-модульного машинно-тракторного агрегата определяется соотношением тяговой мощности энергетического средства (в кВт) к потребной мощности одного технологического модуля (в кВт) с учетом коэффициента загрузки двигателя энергетического средства при определенной ширине захвата агрегата [123].

Блочно-модульное построение машинно-тракторных агрегатов позволяет реализовать принципы структурной и функциональной гибкости, универсальности и обеспечить эксплуатационную технологичность [123].

Возможность изменения компоновочной схемы машинно-тракторных агрегатов определяется их гибкостью, которая должна обеспечивать агротехнологическую вписываемость при требуемой обзорности навесных устройств, ходовых систем и рабочих органов и маневренность.

Возможность многофункциональность машинно-тракторного агрегата работать на различных режимах и технологические регулировки машин определяют многофункциональность и гибкость.

Технологические требования к производству сахарной свеклы определяют степень гибкости машинно-тракторных агрегатов, которая зависит

от структуры сложения почвы, оптимизации посева с учетом физиологических требований и особенностей почвы, оптимизация внесения минеральных и органических удобрений и экологизация защиты растений от сорняков, болезней и вредителей.

Реализация требований по обеспечению равномерности размещения семян в почве, сохранению почвенной влаги за счет повышения уровня универсализации машин посевного комплекса и возможности их настройки на норму высева, наличия систем контроля технологического процесса, а также использования комбинированных машин; оптимизации внесения минеральных и органических удобрений с использованием рабочих органов или машин для точного локального внесения удобрений; точной защиты растений от сорняков, болезней и вредителей.

При этом процесс защитных мероприятий с учетом фаз развития растений и из-за изменчивости почвенно-климатических условий требует индивидуального подхода к применению химических средств защиты растений, которые требуют высокую точность внесения препаратов. Использование агрегатов для механической борьбы с сорняками стимулируют развитие растений.

Реализация этих требований возможна только при наличии определенного набора машин или рабочих органов, их комбинаций для конкретных условий и зональных особенностей.

Совокупность структурной и функциональной гибкости определяет адаптацию машинно-тракторного агрегата к конкретным природно-производственным условиям: площади поля, длине гона, физико-механическим свойствам почвы, состоянию посевов, урожайности. Адаптацию предполагается осуществлять путем оперативного изменения количества и массы сменных модулей; ширины захвата; числа и типов рабочих органов; рабочей скорости. При этом адаптация по всем указанным параметрам должна обеспечивать высокое качество работы машинно-тракторных агрегатов при наименьшем расходе топливно-энергетических

ресурсов [113, 133, 134].

Эксплуатационная технологичность характеризуется вписываемостью в междурядья, маневренностью, обеспечением допустимого давления на почву и широким диапазоном скоростей движения.

Блочно-модульный принцип построения машинно-тракторных агрегатов предусматривает:

– компоновку машинно-тракторного агрегата из энергетического средства и технологических модулей;

– компоновку машин из готовых составных частей и механизмов (Рисунок 1.28).

При блочно-модульном построении машинно-тракторных агрегатов в качестве энергетического модуля используется энергетическое средство интегральной компоновки, базовой моделью которой является трактор типа ЛТЗ-155 (РТ-М-160), а технологического модуля – сменяемые комбинации машин и рабочих органов.

Применительно к интегральному энергетическому средству, которое состоит из энергетического, технологического и управляющего модулей [56, 129, 171].

Энергетический модуль включает блоки: двигатель, трансмиссия, передний ведущий мост с колесами, навесное устройство и приводы валов отбора мощности (ВОМ), а технологический модуль – задний мост с колесами, навесное устройство, задний ВОМ и грузовую площадку (Рисунок 1.28). Управляющий модуль энергетического средства состоит из кабины и реверсивного поста управления.



Рисунок 1.28 – Схема интегрального энергетического средства

Интегральная компоновка энергетического средства обеспечивает агрегатирование с расположением машин сзади, спереди и непосредственно на самом средстве, а также реализацию максимальной мощности не только на тягу, но и на привод валов отбора мощности и активных рабочих органов сельскохозяйственных машин (Приложение В2).

Быстрая переналадка и работа на реверсе энергетического средства в агрегате с различными сельскохозяйственными машинами способствует выполнению следующих технологических операций: обработку междурядий сахарной свеклы с минимальными защитными зонами; скашивание и погрузку ботвы в рядом идущий транспорт, очистку головок корнеплодов доочистителем и извлечение корнеплодов из почвы.

Задачей построения ресурсосберегающей технологии возделывания и уборки сахарной свеклы является использование блочно-модульных агрегатов, способных обеспечить оптимальную загрузку энергетических средств любых тяговых классов сельскохозяйственными машинами с наименьшей удельной металлоемкостью и потребной мощностью, и высокой производительностью при качественном выполнении технологической операции

При построении блочно-модульных агрегатов должны выполняться следующие требования [123]:

- использование различных сельскохозяйственных машин или рабочих органов в зависимости от требований технологии и условий работы;
- возможность перестроения с одного энергетического средства на другой для работы с учетом производственной ситуации;
- использование унифицированных рабочих органов и составных частей;
- ресурсоемкость агрегата не должна превышать соответствующих затрат на комплекс заменяемых машин;
- энергоемкость технологического процесса должна быть меньше, чем при выполнении заменяемым комплексом машин;

– производительность агрегата должна быть выше, чем заменяемого комплекса машин;

– простота, легкость конструкций и высокая маневренность.

При этом блочно-модульные агрегаты должны обеспечить выполнение агротехнических и конструкторских требований обеспечивающих:

– уменьшение воздействия ходовых систем на почву и сохранение влаги [230];

– увеличение производительности и уменьшение расхода топлива при использовании;

– снижение удельной массы и удешевление производства;

– улучшение технического сервиса.

Блочно-модульные агрегаты позволяют выполнять все технологические операции при возделывании и уборке сахарной свеклы и обеспечивают снижение до 50% металлоемкости по сравнению с однооперационными агрегатами.

Использование блочно-модульных агрегатов позволит выполнять все технологические операции качественно с соблюдением агротехнических сроков, снизить энергоемкость в 1,5-2 раза и металлоемкость до 50% по сравнению с однооперационными агрегатами.

Построенные по блочно-модульному принципу комбинированные агрегаты, включающие интегральное энергетическое средство и необходимый набор агрегатов на его базе составят принципиально новую систему машин, обеспечивающую совмещенное выполнение технологических операций при возделывании и уборке сахарной свеклы.

1.5 Выводы по главе. Цель и задачи исследований

На основании анализа технологий и технических средств для их осуществления при возделывании и уборке сахарной свеклы можно сделать следующие выводы:

1. Показатели посевных площадей и урожайности сахарной свеклы по

Российской Федерации и регионам свеклосеяния выявил сравнительно высокий уровень неустойчивости (коэффициент вариации равен 30,1 %, по Тамбовской области он составил 38,9%), что отрицательно сказывается на развитии производства. Уровень колеблемости валовых сборов сахарной свеклы в стране он составил более 11 млн. т, а в Тамбовской области – более 1,5 млн.т. Посевные площади сахарной свеклы в областях Центрально-Черноземного региона в прогнозном периоде (2022-2030 гг.) должны быть расширены до 445 тыс.га, а валовое производство возрасти при урожайности корнеплодов 41-44 т/га до 18,8 млн.т, а производство сахара почти до 5 млн.т.

Причинами нестабильных результатов производства сахарной свеклы являются применение отечественных и иностранных сортов и гибридов не адаптированных к условиям свеклосеющих регионов страны, недостаточное финансовое и материально-техническое обеспечение, отсутствие складских помещений на сахарных заводах для длительного хранения корнеплодов и недостаточная организация полевого кагатирования.

2. Технологические операции по существующей технологии возделывания и уборки сахарной свеклы выполняются однооперационными машинно-тракторными агрегатами с использованием серийно-выпускаемых специализированных и универсальных машин, многократный проход по полю которых приводит к излишнему уплотнению почвы и повышенному расходу топливо-смазочных материалов. При этом нагрузка на специализированные сельскохозяйственные машины, используемые при производстве сахарной свеклы, по размеру обрабатываемой площади не превышает 140 га, а на свеклоуборочные комплексы и комбайны увеличилась до 450 га.

3. Были определены факторы и выявлены причины потерь корнеплодов и их сахаристости, на которые влияют природно-климатические условия, сортовые особенности применяемых сортов и гибридов, а также технология 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 сократить или устранить потери урожая.

4. Совмещение технологических операций, совпадающих по агротехническим срокам их выполнений и использование существующих и разрабатываемых высокопроизводительных машинно-тракторных агрегатов блочно-модульного построения на базе интегрального энергетического средства с соблюдением условия рационального агрегатирования с сельскохозяйственными машинами, определяемого полнотой использования тягового коэффициента полезного действия и технологического модулей с комбинацией машин и рабочих органов, является перспективным направлением совершенствования технологии производства сахарной свеклы.

5. Построение машинно-тракторных агрегатов по блочно-модульному принципу должно обеспечивать универсальность, гибкость и вписываемость в технологии производства сахарной свеклы, а также повышение производительности труда при меньшей энергоёмкости технологического процесса по сравнению с заменяемым комплексом машин.

Научная гипотеза. Повышение качества выполнения технологических операций и снижение затрат при производстве сахарной свеклы может быть достигнуто за счет разработки и использования технических средств для обработки почвы, точного высева дражированных и капсулированных семян, аппликаторов для обработки посевов химикатами и удобрениями, уборки урожая в составе 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, обеспечивающие эффективное выполнение технологических операций.

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.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

2.1 Условия рационального агрегатирования энергетического средства с сельскохозяйственными машинами

Качество агрегатирования энергетического средства с сельскохозяйственными машинами определяется полнотой использования тягового КПД, которое можно представить следующими выражениями [210]:

$$\varepsilon_T \rightarrow 1; \lambda \cdot N_{кр} = \lambda \cdot N_e = G_T / G_{ТН} , \quad (2.1)$$

где ε_T – степень использования тягового КПД энергосредства;

$\lambda \cdot N_{кр}$ – степень загрузки энергосредства по максимальной тяговой мощности;

$\lambda \cdot N_e$ – степень загрузки двигателя по мощности;

$G_T, G_{ТН}$ – текущий и номинальный часовой расход топлива.

В диапазоне 5 % снижения тягового КПД энергетического средства условие рационального агрегатирования запишется в виде:

$$\varepsilon_T \geq 0,95; \lambda \cdot N_{кр} \geq \lambda \cdot N_e . \quad (2.2)$$

Так, например, для трактора ЛТЗ-155 тяговые показатели в зоне оптимального агрегатирования имели значения, приведенные в Таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Тяговые показатели трактора ЛТЗ-155 в зоне оптимального агрегатирования

Показатель	Стерня	Поле, подготовленное под посев	
	Шины 16,9 R30	Шины 16,9 R30	Сдвоенные шины 11,2-42
При максимуме тягового КПД:			
– значение тягового КПД	0,68	0,51	0,54
– рабочая скорость, км/ч	11,5	9,4	9,8
б) Интервалы скоростей и тяговых усилий при снижении тягового КПД на 5 %:			
– рабочая скорость, км/ч	8,7-14,0	7,5-11,8	7,7-12,1
– тяговое усилие, Н	270-180	230-150	270-175
– удельный расход топлива, г/л.с.ч.	300-275	350-320	340-350
– буксование движителей, %	13-5	24-12	20-10

2.2 Обоснование навесоспособности энергетического средства

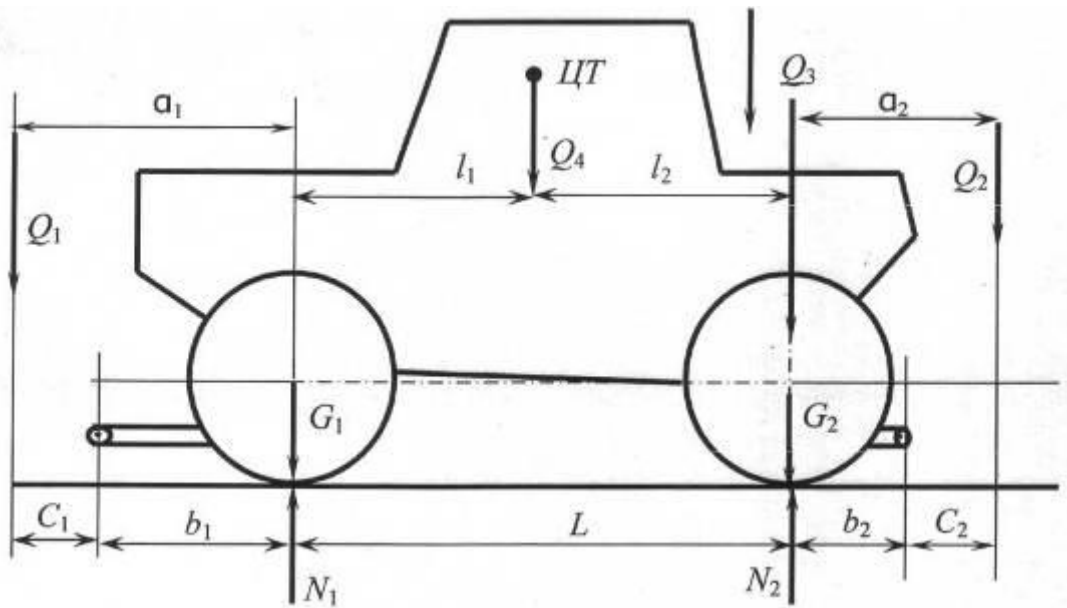
Навесоспособность энергетического средства определяется массой груза, при котором центр масс смещается на 0,2 длины опорной поверхности от середины опорной поверхности назад. Оценку навесоспособности из условия сохранения контакта передних колес с поверхностью или максимальной нагрузки на них, следует считать более рациональной с точки зрения объективной оценки данного свойства. При этом навесоспособность определяется отношением минимальной массы машины, обуславливающей опрокидывание энергетического средства назад к его массе, и допустимой массой машин, навешенных сзади и спереди энергетического средства [82].

Навесоспособность ограничивается допустимыми вертикальными нагрузками по осям, а также грузоподъемностью шин и условиями управляемости энергетического средства.

При определении навесоспособности энергетического средства рассмотрим его схему с навешенными на переднее и заднее навесные устройства сельскохозяйственными машинами и поднятыми в транспортное положение (Рисунок 2.1) [210]. В этом случае необходимо определить реакции почвы на колеса переднего и заднего мостов энергетического средства.

Реакции от почвы N_1 и N_2 определяются значениями масс Q_1 и Q_2 навешенных машин по уравнению моментов относительно полюсов O_1 и O_2 соответственно (Рисунок 2.2), значения которых приведены в Таблице 2.2.

Для устойчивости агрегата на поворотах и при движениях энергетического средства передним ходом или задним ходом (на реверсе) значение реакции почвы N_1 или N_2 должно быть не менее 20 % от массы энергетического средства обеспечивая порог управляемости. При этом максимальные значения реакций почвы N_1 и N_2 не должны быть больше значений нагрузок по осям N_{10} и N_{20} по грузоподъемности шин с принятой 20 % их перегрузкой [66, 79].



ЦТ – центр тяжести энергетического средства; l_1, l_2 – расстояние от осей передних и задних колес до центра тяжести энергетического средства; L – продольная база энергетического средства; b_1, b_2 – расстояния от оси колес до оси шарниров продольных тяг переднего и заднего навесных устройств; C_1, C_2 – расстояние от оси шарниров продольных тяг до центра тяжести передней и задней машины; a_1, a_2 – расстояние от осей колес до центра тяжести передней и задней машины; Q_1 – масса передней машины; Q_2 – масса задней машины; Q_3, Q_4 – масса постоянно навешенных на энергетическое средство машин; G_1, G_2 – составляющие эксплуатационной массы энергетического средства с учетом балластирования массами Q_3 и Q_4 ; N_1, N_2 – нагрузка по осям (реакция почвы)

Рисунок 2.1 – Схема энергетического средства с навешенными на переднее и заднее навесные устройства сельскохозяйственными машинами и поднятыми в транспортное положение

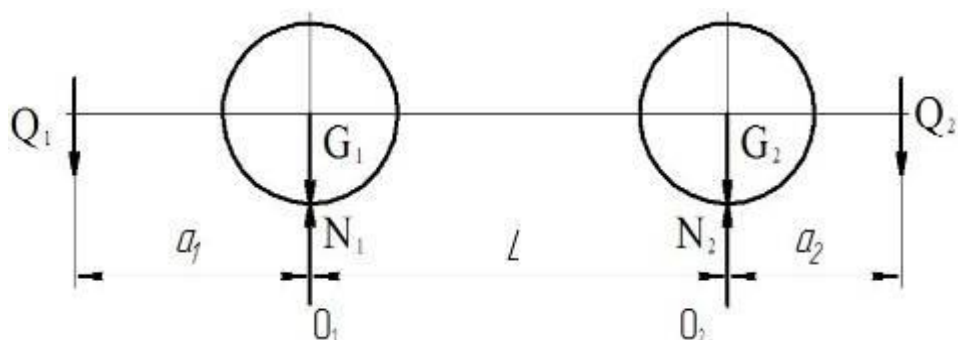


Рисунок 2.2 – Расчётная схема для определения нагрузки по осям энергетического средства

Таблица 2.2 – Значения реакций почвы N_1 и N_2 по заданным значениям масс Q_1 и Q_2 [210]

$Q_1 \neq 0; Q_2 \neq 0$	$Q_1 = 0; Q_2 \neq 0$	$Q_1 \neq 0; Q_2 = 0$
$N_1 = G_1 + Q_1(1 + \frac{\alpha_1}{L}) - Q_2 \frac{\alpha_2}{L};$	$N_1 = G_1 - \frac{Q_2 \alpha_2}{L};$	$N_1 = G_1 + Q_1(1 + \frac{\alpha_1}{L});$
$N_2 = G_2 + Q_2(1 + \frac{\alpha_2}{L}) - Q_1 \frac{\alpha_1}{L}$	$N_2 = G_2 + Q_2(1 + \frac{\alpha_2}{L})$	$N_2 = G_2 - \frac{Q_1 \alpha_1}{L}$

Наибольшие значения масс машин Q_1 и Q_2 определяются по заданной грузоподъемности шин и порогу управляемости агрегата по уравнению моментов относительно θ_3 и θ_4 (Рисунок 2.3).

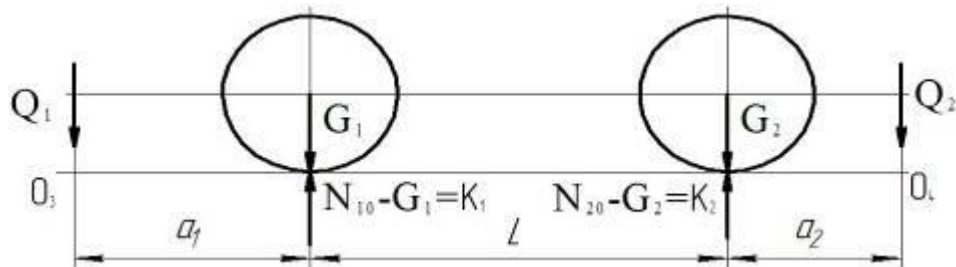


Рисунок 2.3 – Расчётная схема для определения наибольших значений масс навешенных машин

Суммарная свободная грузоподъемность энергетического средства K с учетом грузоподъемностей передней K_1 и задней K_2 осей определяются по выражениям:

$$K_1 = N_{10} - G_1; K_2 = N_{20} - G_2; K = K_1 + K_2, \quad (2.3)$$

При условии, если нагружена задняя ось энергетического средства ($Q_1 = 0; Q_2 \neq 0$), то максимальная масса машины навешиваемой на заднюю навеску определяется по выражениям:

$$Q_{2\max} = \frac{K_2}{1 + \frac{a_2}{L}} \text{ – по грузоподъемности задней оси;} \quad (2.4)$$

$$Q_{2\max} = \frac{(G_1 - 0,2 \cdot G) \cdot L}{a_2} \text{ – по порогу управляемости передней оси.}$$

Из двух значений, полученных при расчетах по выражениям (2.4), принимается меньшее значение.

При условии, если нагружена передняя ось энергетического средства ($Q_1 \neq 0; Q_2 = 0$), то максимальная масса машины навешиваемой на переднюю навеску определяется по выражениям:

$$Q_{1\max} = \frac{K_1}{1 + \frac{a_1}{L}} \text{ – по грузоподъемности передней оси,} \quad (2.5)$$

$$Q_{1\max} = \frac{(G_2 - 0,2 \cdot G) \cdot L}{a_1} \text{ – по порогу управляемости задней оси (движение на реверсе).}$$

Из двух значений, полученных при расчетах по выражениям (2.5), принимается меньшее значение.

При условии нагружения передней и задней осей энергетического средства ($Q_1 \neq 0; Q_2 \neq 0$) масса машин навешиваемых на заднюю и переднюю навеску определяется с учетом грузоподъемности шин по выражениям:

$$Q_1 = \frac{K_2 \cdot \alpha_2 + K_1 \cdot (L + \alpha_2)}{L + \alpha_1 + \alpha_2}, \quad (2.6)$$

$$Q_2 = \frac{K_1 \cdot \alpha_1 + K_2 \cdot (L + \alpha_1)}{L + \alpha_1 + \alpha_2}.$$

При этом должно быть соблюдено равенство суммы масс навешиваемых машин и суммы свободных грузоподъемностей осей, то есть, $Q_1 + Q_2 = K_1 + K_2$.

По вышеприведенным выражениям (2.3-2.6) нами были проведены расчеты по определению навесоспособности интегрального энергосредства аналога трактора ЛТЗ-155 (РТ-160-М) при различных способах навески сельскохозяйственных машин (задняя, передняя и задняя с установленным на технологической площадке) на одинарных и сдвоенных колесах с размером шин основной комплектаций 16,9R30 и дополнительной 11,2-42, в зависимости от давления воздуха в них. Было определено, что при работе агрегата с энергетическим средством на скоростях до 8 км/ч нагрузки

на шины допускается повышать до 40% при увеличении на 25% давления воздуха в них.

Продольная устойчивость энергетического средства при задней навеске машин с большой массой определяется относительной нагрузкой на передние колеса, которая по требованиям безопасности должна быть не менее 20% от его эксплуатационной массы.

Нашими расчетами установлено, что при распределении в статике собственной массы трактора ЛТЗ-155 в соотношении 60:40% между передней и задней осями, продольная устойчивость агрегатов обеспечивается при массе машин на задней навеске до 2920 кг. Увеличение массы машины свыше 3150 кг приводит к потере продольной устойчивости и для её сохранения необходимо агрегатировать такие машин в полунавесном варианте.

Составленный комбинированный агрегат на базе трактора ЛТЗ-155 с широкозахватной сеялкой СТВС-18 на задней навеске и культиватором КРШ-8,1 на передней навеске обеспечивал необходимый по требованиям безопасности запас продольной устойчивости.

2.2.1 Обоснование снижения затрат мощности при использовании блочно-модульного комбинированного агрегата на посеве сахарной свеклы

Рассмотрим особенности определения затрат мощности комбинированного агрегата в сравнении с работой однооперационных агрегатов при предпосевной обработке почвы и посеве с использованием наиболее распространенных машин.

Снижения затрат мощности от совмещения обработки почвы и посева можно добиться при выполнении условия [210]:

$$\begin{aligned} R_k + f \cdot G_k + R_c + f \cdot G_c > R_{км} + f \cdot G_{км}, \\ Ne_k + Ne_c > Ne_{км}, \end{aligned} \quad (2.7)$$

где $R_k, R_c, R_{км}$ – сопротивление рабочих органов культиватора, сеялки, комбинированного агрегата, соответственно;

$G_k, G_c, G_{км}$ – масса культиватора, сеялки, комбинированного агрегата, соответственно, кг;

f – коэффициент сопротивления перекачиванию машин на пневматических шинах;

$Ne_k, Ne_c, Ne_{км}$ – эффективная мощность двигателя энергетического средства в агрегате с культиватором, сеялкой и комбинированным агрегатом, соответственно, кВт.

Затраты мощности агрегатов на культивации и посевах определяются из уравнения мощностного баланса. При этом учитываются затраты мощности на привод рабочих органов от ВОМ энергетического средства. При работе однооперационных агрегатов мощностной баланс выражается в общем виде уравнениями:

$$\begin{aligned} N_k &= R_k \cdot V_{pk} + f \cdot V_{pk} \cdot (G_{эс} + G_k) + R_k \cdot V_{pk} \cdot \delta_k, \\ N_c &= R_c \cdot V_{pc} + f \cdot V_{pc} \cdot (G_{эс} + G_c) + R_c \cdot V_{pc} \cdot \delta_c + N_{вом}, \end{aligned} \quad (2.8)$$

где $G_{эс}, G_k, G_c$ – масса энергетического средства, культиватора и сеялки, соответственно, кг;

δ_k, δ_c – коэффициенты буксования энергетического средства при работе с культиватором и сеялкой, соответственно;

$N_{вом}$ – затраты мощности на привод рабочих органов сеялки от ВОМ энергетического средства, кВт;

Для комбинированного агрегата уравнение мощностного баланса выразится соответственно:

$$Ne_{км} = R_{км} \cdot V_p + f \cdot V_p \cdot G_{км} + R_{км} \cdot V_p \cdot \delta_{км}, \quad (2.9)$$

где $G_{км} = G_{эс} + G_k + G_c$ – масса комбинированного агрегата, кг;

V_p – рабочая скорость движения агрегата (для простоты изложения примем для сравниваемых агрегатов $V_{pk} = V_{pc} = V_{пкм} = \text{const}$), м/с;

$\delta_{км}$ – коэффициент буксования энергетического средства при работе с комбинированным агрегатом.

Исходя из уравнений (2.8, 2.9), условия для комбинированного агрегата запишутся в виде:

$$\begin{aligned} V_p \cdot (R_k + R_c + R_k \cdot \delta_k + R_c \cdot \delta_c) + f \cdot V_p (2 \cdot G_{эс} + G_k + G_c) + N_{вом} > \\ > V_p \cdot (R_{км} + R_{км} \cdot \delta_{км}) + f \cdot V_p \cdot G_{км} + N_{вом}. \end{aligned} \quad (2.10)$$

Предполагая, что при $R_k \approx R_{км}$, а $R_k \delta_k \approx R_{км} \cdot \delta_{км}$ выражение (2.10) примет вид

$$R_c + R_c \cdot \delta_c + f \cdot (2G_{эс} + G_k + G_c) > f \cdot G_{км}. \quad (2.11)$$

Из анализа выражения (2.11) можно заключить, мощность комбинированного агрегата на предпосевной обработке почвы и посева снижается пропорционально снижению массы культиватора и сеялки, и затратам мощности на преодоление сопротивления рабочих органов культиватора и сеялки, буксование энергетического средства. Поэтому при конструктивной доработке комбинированного агрегата необходимо снижать его массу по отношению к суммарной массе однооперационных машин за счёт совершенствования рабочих органов, что подтверждается исследованиями других авторов [64, 66, 123].

2.2.2 Обоснование агротехнологической вписываемости и маневренности энергетического средства

Для обеспечения агротехнологической вписываемости и маневренности энергетического средства, а также высоких тягово-сцепных качеств при движении в междурядьях, и на малосвязных и влажных почвах при выполнении технологических операций возделывания и уборки сахарной свеклы устанавливают колеса различной комплектации: одинарные типа 16,9R30 и сдвоенные. При этом в шинах передних колес поддерживают давление воздуха в пределах 0,08-0,21 МПа, а в шинах задних колес – 0,10-0,21 МПа. При возделывании сахарной свеклы с шириной междурядий 45 см на

энергосредство с помощью разрезных фланцев устанавливаются сдвоенные колеса типов 9,5-42 или 11,2-42 на колею 1800 мм (внутренние) и 2700 мм (наружные). В шинах сдвоенных наружных колес устанавливается давление воздуха меньше на 0,01-0,02 МПа, чем в шинах внутренних колес. Тем самым предотвращается перегрузка балок ведущих мостов изгибающими моментами и устраняется вероятность их поломок.

Установкой необходимых колес и колеи обеспечивается вписываемость и проходимость энергетического средства в технологии возделывания сахарной свеклы с принятыми междурядьем в 45 см шириной защитных зон, которая при комплектовании сдвоенных колес на шинах типа 9,5-42 составляет 105 мм, а типа 11,2-42 соответственно 85 мм. На обработке сахарной свеклы агротехническими требованиями допускаются минимальные защитные зоны шириной 70-80 мм. При этом агротехнический просвет должен составлять не менее 400 мм. При этом должна обеспечиваться высокая маневренность и устойчивость прямолинейного движения агрегата при междурядной обработке сахарной свеклы.

Маневренность энергетического средства определяется радиусами и углами поворота колёс и обеспечивается применением принципиально новой схемы рулевого управления предусматривающая поворот только передних колес при движении энергетического средства по кривой большого радиуса и поворот всех колёс при движении трактора по кривой малого радиуса.

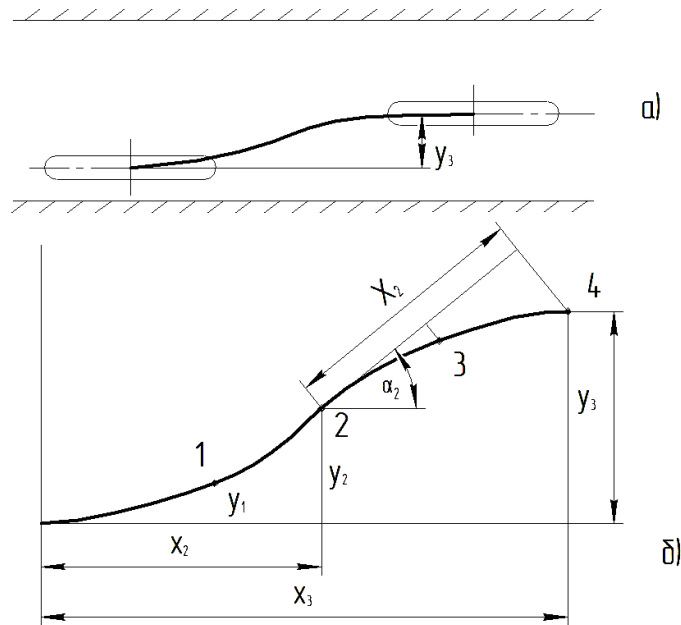
2.2.2.1 Движение энергетического средства в прямолинейных междурядьях сахарной свеклы

С целью упрощения рассматриваются траектории середины передней и задней осей энергетического средства, т.е. движение условных «средних» колес при повороте только переднего колеса, и только его фазы: равномерный поворот колеса от нейтрального положения и немедленное равномерное возвращение его в нейтральное положение.

Если переднее и заднее колеса приблизились к одному из рядов растений, и есть необходимость отъехать от этого ряда (Рисунок 2.4а), то повторение маневра 1 и 2 в обратную сторону (положения 3 и 4) возвращают ось энергетического

средства в положение, параллельное начальному с поперечным смещением Y_3 , что является наиболее типичным видом управления энергетического средства в прямолинейных междурядьях (Рисунок 2.4б) [210].

$$Y_3 = X_2 \cdot \sin \alpha_2 + Y_2 \quad (2.12)$$



X – продольное перемещение заднего колеса энергетического средства;
 Y – поперечное смещение заднего колеса энергетического средства; α_2 – курсовой угол;

Рисунок 2.4– Траектория отклонений колес энергетического средства

Угол α_2 мал, т.е. полагаем $\alpha_2 \approx 0$, тогда $\sin \alpha_2 \approx 0$ и формула 2.12 принимает вид: $Y_3 = Y_2$.

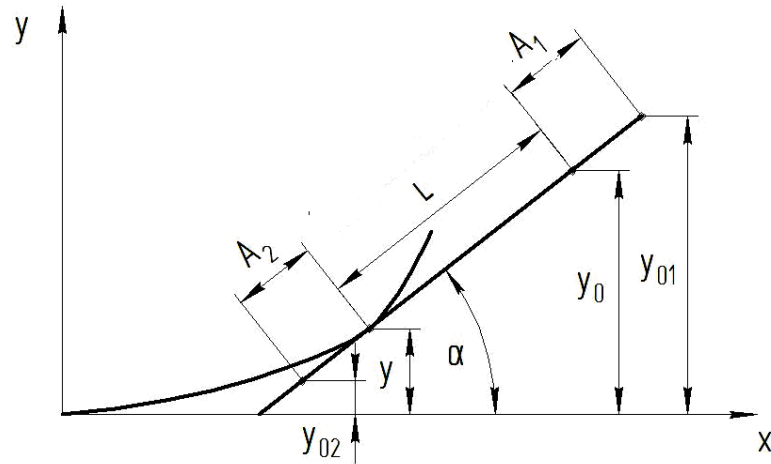
При этом заднее колесо энергетического средства должно сместиться в поперечном направлении на величину:

$$Y_3 = 2Y_2 \quad (2.13)$$

2.2.2.2 Определение поперечных смещений передних колёс энергетического средства и секций рабочих органов машин

Переднее колесо и рабочие органы машины, расположенные по оси

энергетического средства отклонятся на величины (Рисунок 2.5), соответственно:



L – продольная база энергетического средства;

A_1, A_2 – расстояние от осей колес до центра тяжести передней и задней машины

Рисунок 2.5 – Схема для определения отклонений рабочих органов машин

$$\text{переднее колесо } Y_0 = Y + L \cdot \sin \alpha, \quad (2.14)$$

$$\text{передняя секция машины } Y_{01} = Y + (L + A_1) \cdot \sin \alpha, \quad (2.15)$$

$$\text{задняя секция машины } Y_{02} = Y - A_2 \cdot \sin \alpha \quad (2.16)$$

При малых значениях курсового угла рабочие органы машины, не совпадающие с осью энергетического средства, будут смещаться в поперечном направлении на ту же величину, что и соосно, расположенные с продольной осью.

2.2.2.3 Динамика перераспределения тяговых нагрузок при работе энергетического средства в составе блочно-модульных комбинированных агрегатов

Блочно-модульный комбинированный агрегат для предпосевной обработки почвы и посева сахарной свеклы был создан на базе интегрального энергетического средства, технологическая схема которого представлена на Рисунке 2.6.

При воздействии сельскохозяйственных машин с опорными колесами навешенных на заднюю и переднюю навески энергетического средства и

нормальных реакций почвы, действующих на его задние и передние колеса, при движении блочно-модульного комбинированного агрегата по горизонтальному участку пути необходимо определить следующие действующие силы [1, 210]:

G – вес энергетического средства, приложенный на расстоянии b_3 от оси задних колес и на высоте $h_{цт}$ от поверхности почвы;

$P_i \cdot \delta_{ep}$ – суммарная сила инерции поступательно движущихся и вращающихся масс энергетического средства, возникающая при неравномерной скорости движения, приведенная к его центру тяжести;

$P_w = k_w \cdot \rho_g \cdot F \cdot V^2$ – сила сопротивления воздуха, точку приложения которой условно располагается на одной высоте с центром тяжести;

P_{fn}, P_{fz} – силы сопротивления качению передних и задних колес, условно приложенные в плоскости поверхности пути;

T_{nm} и T_{zm} – касательные силы тяги передних и задних колес, действующие в плоскости поверхности пути;

R_{xn} и R_{xz} – горизонтальные составляющие тягового сопротивления передне- и задненавесных машин;

R_{yn} и R_{yz} – вертикальные составляющие тягового сопротивления машин;

F_n и F_z – силы сопротивления качению опорных колес передне- и задненавесных машин;

N_n и N_z – нормальные реакции почвы на опорные колеса машин (условно считаем, что точки приложения этих сил совпадают с точками пересечения нормалей осей колес с поверхностью почвы);

N_{nm} и N_{zm} – нормальные реакции почвы на передние и задние колеса энергетического средства;

G_1 и G_2 – вес передне- и задненавесных машин, соответственно.



Рисунок 2.6 – Схема блочно-модульного агрегата для предпосевной обработки почвы и посева сахарной свеклы на базе интегрального энергетического средства.

Для анализа системы действующих на комбинированный агрегат сил разделим их на составляющие:

- машину, размещенную на энергетического средства заднем навесном устройстве без продольных звеньев, которые заменены действующими на машину силами;
- машину, размещенную на переднем навесном устройстве без продольных звеньев энергетического средства, замененных действующими силами;
- энергетическое средство, продольные звенья навесных устройств которого заменены действующими силами со стороны машин.

Расчетная схема силового воздействия на машину, размещенную на заднем навесном устройстве, представлена на Рисунке 2.7.

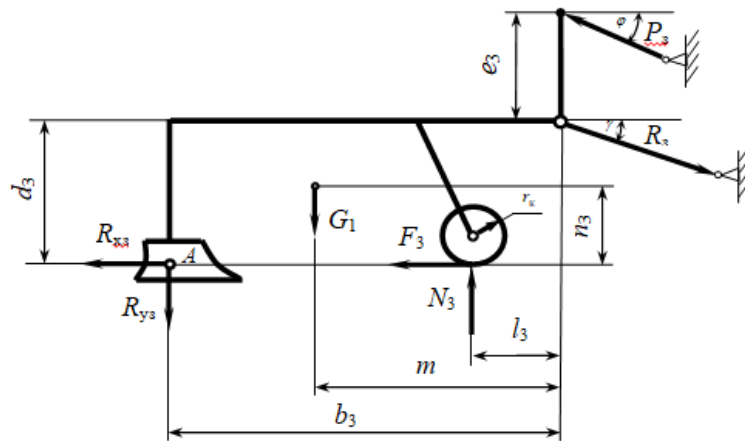


Рисунок 2.7 – Расчетная схема силового воздействия на машину, размещенную на заднем навесном устройстве

Условия статического равновесия в этом случае формулируются следующим образом [210]:

$$\sum M_A = 0; \quad \sum X = 0; \quad \sum Y = 0. \quad (2.17)$$

или

$$\left. \begin{aligned} N_3 \cdot (b_3 - l_3) - G_1 \cdot (b_3 - m_3) + P_3 \cdot b_3 \cdot \sin \varphi - R_3 \cdot b_3 \cdot \sin \gamma - R_3 \cdot d_3 \cdot \cos \gamma &= 0 \\ R_3 \cdot \cos \gamma - F_3 - R_{xs} &= 0 \\ N_3 + P_{3y} - R_{3y} - G_1 - R_3 \cdot \sin \gamma &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (2.18)$$

где $F_3 = N \cdot f / r_{кз}$;

f – коэффициент трения качения опорного колеса машины;

$r_{кз}$ – радиус опорного колеса машины, м.

После решения системы уравнений (2.18), получим:

$$\left. \begin{aligned} N_3 &= \frac{R_3 \cdot (b_3 \cdot \sin \gamma + d_3 \cdot \cos \gamma) + G_1 \cdot (b_3 - m_3) - P_3 \cdot b_3 \cdot \sin \varphi}{b_3 - l_3} \\ R_{xz} &= R_3 \cdot \cos \gamma - \frac{f \cdot [R_3 (b_3 \cdot \sin \gamma + d_3 \cdot \cos \gamma) + G_1 \cdot (b_3 - m_3) - P_3 \cdot b_3 \cdot \sin \varphi]}{r_{кз} \cdot (b_3 - l_3)} \\ R_{yz} &= \frac{R_3 \cdot (d_3 \cdot \cos \gamma + l_3 \cdot \sin \gamma) - P_3 \cdot l_3 \cdot \sin \varphi + G_1 \cdot (l_3 - m_3)}{b_3 - l_3} \end{aligned} \right\} (2.19)$$

Расчетная схема силового воздействия на машину, размещенную на переднем навесном устройстве, представлена на Рисунке 2.8.

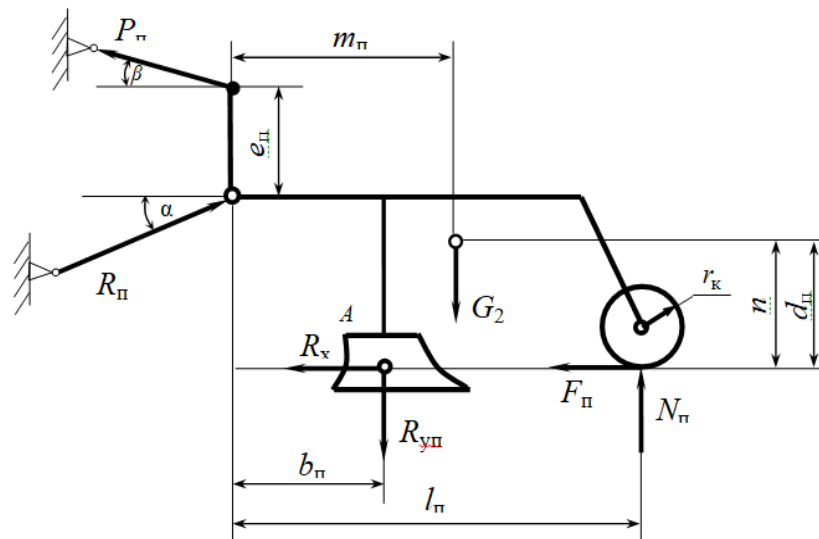


Рисунок 2.8 – Расчетная схема силового воздействия на машину, размещенную на переднем навесном устройстве

Условия статического равновесия в этом случае формулируются следующим образом [210]:

$$\sum M_A = 0; \quad \sum X = 0; \quad \sum Y = 0 \quad (2.20)$$

или

$$\left. \begin{aligned} G_2 \cdot (m_n - b_n) - N_n \cdot (l_n - b_n) + P_n \cdot b_n \cdot \sin \beta + R_n \cdot d_n \cdot \cos \alpha + R_n \cdot b_n \cdot \sin \alpha &= 0 \\ R_n \cdot \cos \alpha - R_{xn} - F_n &= 0 \\ P_n \cdot \sin \beta + R_n \cdot \sin \alpha - R_{yn} - G_2 + N_n &= 0 \end{aligned} \right\}, (2.21)$$

где $F_n = N_n \cdot f / r_{kn}$ – сила сопротивления качению опорного колеса машины, Н;

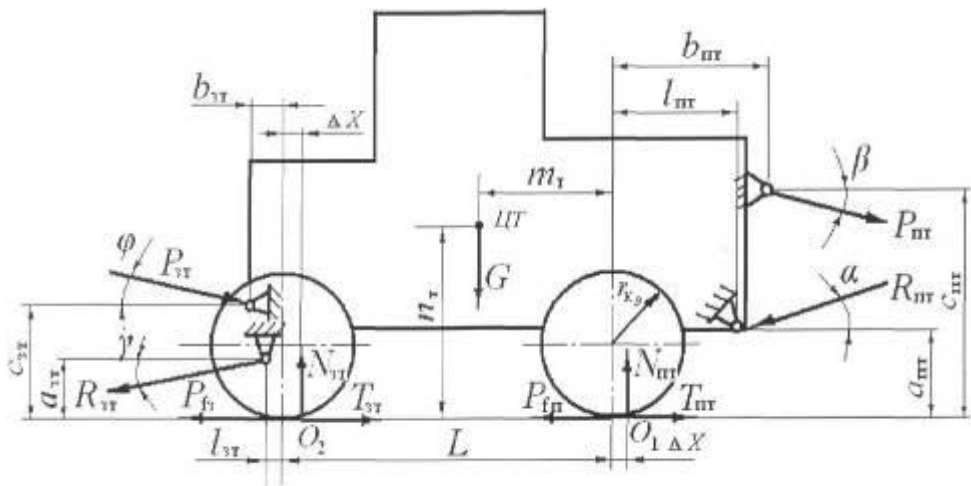
N_n – сила реакции почвы на опорное колесо машины, Н;

r_{kn} – радиус опорного колеса машины, м.

После решения системы уравнений (2.21), получим:

$$\left. \begin{aligned} N_n &= \frac{G_2 \cdot (m_n - b_n) + P_n \cdot b_n \cdot \sin \beta + R_n \cdot (d_n \cdot \cos \alpha + b_n \cdot \sin \alpha)}{l_n - b_n} \\ R_{xn} &= R_n \cdot \cos \alpha - \frac{f \cdot [G_2(m_n - b_n) + P_n \cdot \sin \beta + R_n \cdot (d_n \cdot \cos \alpha + b_n \cdot \sin \alpha)]}{r_{kn}(l_n - b_n)} \\ R_{yn} &= \frac{G_2(m_n - l_n) + P_n \cdot l_n \cdot \sin \beta + R_n \cdot (d_n \cos \alpha + l_n \cdot \sin \alpha)}{l_n - b_n} \end{aligned} \right\}. (2.22)$$

Расчетная схема силового воздействия на энергетическое средство машин, размещенных на заднем и переднем навесных устройствах, представлена на Рисунке 2.9.



$ЦТ$ – центр тяжести энергетического средства

Рисунок 2.9 – Расчетная схема силового воздействия на энергетическое средство машин, размещенных на заднем и переднем навесных устройствах

Для этого случая составим уравнения предельного равновесия для энергетического средства по суммарным моментам относительно точек O_1 и O_2 :

$$\left. \begin{aligned} \sum M_{O_1} &= R_{3T} \cdot [(L + l_{3T}) \cdot \sin \gamma + a_{3T} \cdot \cos \gamma] + P_{3T} \cdot [(L + b_{3T}) \cdot \sin \varphi - c_{3T} \cdot \cos \varphi] - \\ &- N_{3T} \cdot L + G \cdot m_T + R_{ПТ} \cdot (a_{ПТ} \cdot \cos \alpha - l_{ПТ} \cdot \sin \alpha) - P_{ПТ} \cdot (b_{ПТ} \cdot \sin \beta + c_{ПТ} \cdot \cos \beta) = 0 \\ \sum M_{O_2} &= R_{3T} \cdot (l_{3T} \cdot \sin \gamma + a_{3T} \cdot \cos \gamma) + P_{3T} \cdot (b_{3T} \cdot \sin \varphi - c_{3T} \cdot \cos \varphi) - G \cdot (L - m_T) + \\ &+ N_{ПТ} \cdot L - R_{ПТ} \cdot [(L + l_{ПТ}) \cdot \sin \alpha - a_{ПТ} \cdot \cos \alpha] - P_{ПТ} \cdot [(L + b_{ПТ}) \cdot \sin \beta + c_{ПТ} \cdot \cos \beta] = 0 \end{aligned} \right\} \cdot (2.23)$$

В результате математических преобразований уравнений (2.23) получим в окончательном виде выражения по определению нормальных реакций почвы на задние и передние колеса энергетического средства:

$$\left. \begin{aligned} N_{3T} &= \frac{R_{3T} \cdot [(L + l_{3T}) \cdot \sin \gamma + a_{3T} \cdot \cos \gamma] + P_{3T} \cdot [(L + b_{3T}) \cdot \sin \varphi - c_{3T} \cdot \cos \varphi]}{L} + \\ &+ \frac{G \cdot m_T + R_{ПТ} \cdot (a_{ПТ} \cdot \cos \alpha - l_{ПТ} \cdot \sin \alpha) - P_{ПТ} \cdot (b_{ПТ} \cdot \sin \beta + c_{ПТ} \cdot \cos \beta)}{L} \\ N_{ПТ} &= \frac{G \cdot (L - m_T) - R_{3T} \cdot (l_{3T} \cdot \sin \gamma + a_{3T} \cdot \cos \gamma) - P_{3T} \cdot (b_{3T} \cdot \sin \varphi - c_{3T} \cdot \cos \varphi)}{L} + \\ &+ \frac{R_{ПТ} \cdot [(L + l_{ПТ}) \cdot \sin \alpha - a_{ПТ} \cdot \cos \alpha] + P_{ПТ} \cdot [(L + b_{ПТ}) \cdot \sin \beta + c_{ПТ} \cdot \cos \beta]}{L} \end{aligned} \right\} \cdot (2.24)$$

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

$$T_3 = N_{3T} \cdot \frac{f}{r_{кз}}, \quad (2.25); \quad T_{П} = N_{ПТ} \cdot \frac{f}{r_{кз}}, \quad (2.26)$$

где f – коэффициент сопротивления качения;

$r_{кз}$ – радиус колеса энергетического средства, м.

Тяговое усилие энергетического средства $T_{эс}$ с межосевым дифференциалом определится двумя минимальными значениями тягового усилия одного из мостов энергетического средства, т.е.

$$T_{эс} = 2 \cdot T_{3(n)}^{\min} \quad (2.27)$$

2.3 Обоснование способов основной обработки почвы под сахарную свеклу

2.3.1 Аналитическое обоснование силы тяги, обеспечивающая устойчивость поворотного плуга в горизонтальной плоскости

В результате проведенных исследований с использованием графоаналитического метода были определены пределы изменения параметров поворотного плуга при различных его настройках с учетом кинематики движения пахотного агрегата в горизонтальной плоскости (Рисунок 2.10) [105,106,216].

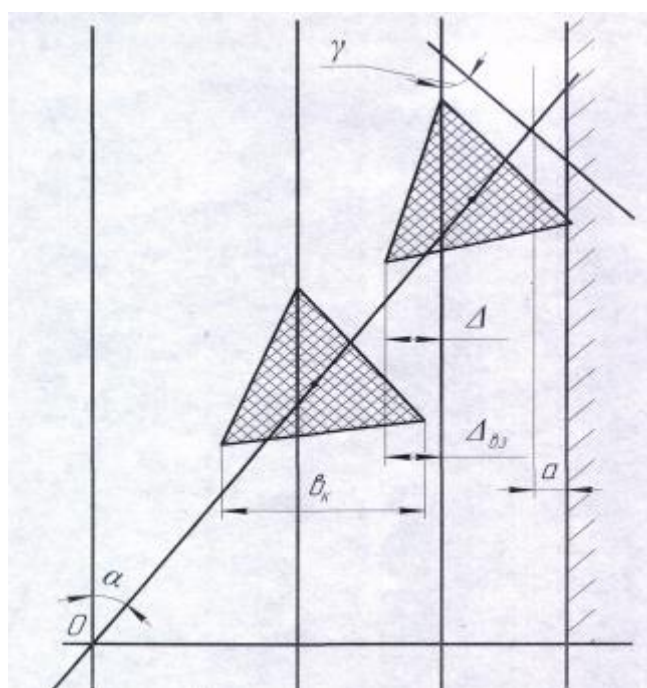


Рисунок 2.10 – Графоаналитическое определение параметров поворотного плуга

В Таблице 2.3 приведены результаты исследований параметров поворотного плуга при различных его настройках.

Особенностью разработанного поворотного плуга с изменяемой шириной захвата является наличие тягового бруса и бруса жесткости, с симметрично расположенными плужными корпусами относительно центра крепления тягового бруса [16].

Таблица 2.3 – Пределы изменения параметров поворотного плуга, определенные графоаналитическим методом [216]

№ п/п	Наименование и обозначение параметра	Значения параметра	
		min	max
1	Расстояние от края борозды до края колеса трактора, α , м	0,15	0,20
2	Угол поворота рамы, α , град	35	45
3	Угол постановки лемеха к стенке борозды, γ , град	42	50
4	Ширина захвата лемеха, $b_{л}$, м	0,46	0,50
5	Глубина подрезания пласта в смежном проходе, Δ , м	0,08-0,10	0,12 0,14
6	Глубина зоны взаимного перекрытия лемехов, $\Delta_{вз}$, м	0,05-0,06	0,08-0,1

На Рисунке 2.11 представлена схема действия сил на пахотный агрегат с поворотным плугом при работе с левым и правым оборотом пласта.

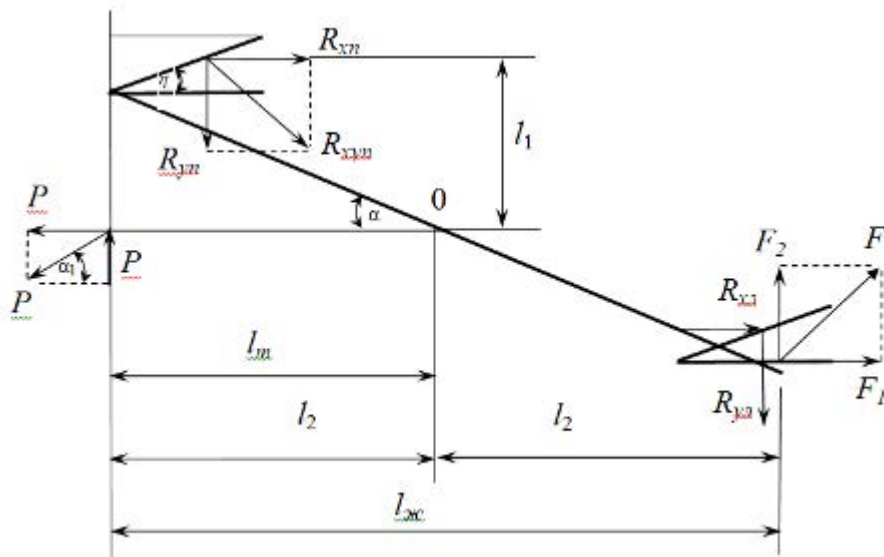


Рисунок 2.11 – Схема действующих сил на конструктивные элементы поворотного плуга

Положение линии тяги поворотного плуга определяется по критериям равновесия сил и моментов, действующих на него в горизонтальной плоскости. Для этого запишем уравнение равновесия действующих сил на плуг по осям X и y :

$$\sum P(x) = 0, P_x - (R_{xл} + R_{xп}) - F_1 = 0; \tag{2.28}$$

$$\sum P(y) = 0, P_y - R_{yп} + F_2 = 0, \tag{2.29}$$

где P_x, P_y – продольная и поперечная составляющие силы тяги плуга по осям x и y , кН;

$F_1 = f \cdot G_{nl}$ – сила трения поверхности лемеха и отвала корпуса о почву, приведенная к заднему корпусу, кН;

G_{nl} – масса поворотного плуга, кг;

f – коэффициент трения стальных корпусов о почву;

F_2 – реакция стенки борозды на лемешно-отвальную поверхность заднего корпуса, которая приравнивается к силе смятия почвы [62], кН:

$$F_2 = 0,5 \cdot q \cdot S \cdot \lambda ;$$

q – коэффициент объёмного смятия почвы, кН/см³;

S – площадь лемешно-отвальной поверхности корпусов, взаимодействующих со стенкой борозды, м²;

λ – линейная деформация почвы лемешно-отвальной поверхностью корпуса, м.

Запишем уравнение моментов относительно центра вращения «О» с учетом составляющих силы тяги и сопротивлений частей плуга:

$$P_y l_2 - [(R_{xyl} \cdot \cos \eta + R_{xyn} \cdot \cos \eta) \cdot l_2] - F_1 \cdot l_2 + F_2 \cdot l_2 = 0. \quad (2.30)$$

Поперечную составляющую силы тяги P_y выразим через горизонтальную составляющую:

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

где P_x – горизонтальная составляющая силы тяги, кН;

R_{xyl}, R_{xyn} – результирующие сопротивления левой и правой части плуга соответственно, кН;

α_1 – возможный допустимый угол отклонения силы тяги P , град.;

η – угол постановки лемеха к стенке борозды, град.

При небольшой разности поворачивающих моментов относительно центра вращения «О» левой и правой частей плуга их воздействие на энергетическое средство минимальное.

После преобразования получим уравнение для определения силы тяги поворотного плуга P_m :

$$P_m = n \cdot k \cdot h \cdot b + 0,5 \cdot G_{nl} \cdot f - 0,25 \cdot q \cdot S \cdot \lambda, \quad (2.31)$$

или

$$P_m = K_{nl} \cdot B + 0,5 \cdot G_{nl} \cdot f - 0,25 \cdot q \cdot S \cdot \lambda, \quad (2.32)$$

где n – количество плужных корпусов;

k – удельное сопротивление почвы, Н/см²;

h – глубина пахоты, м;

b – ширина захвата одного плужного корпуса, м;

K_{nl} – удельное сопротивление поворотного плуга на 1 м ширины захвата, кН/м;

B – ширина захвата плуга, м.

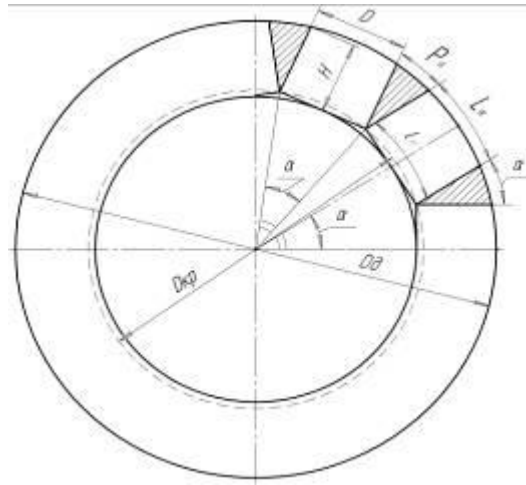
Необходимую силу тяги поворотного плуга в зависимости от углов постановки корпуса и поворота бруса в горизонтальной плоскости и длину тягового бруса для уравновешивания результирующих сил левой и правой части плуга. определяют по уравнению (2.31). Анализируя это выражение можно сделать вывод, что при устранении смятия почвы лемешно-отвальной поверхностью корпуса снижаются силы тяги и удельное сопротивление плуга.

2.4 Теоретические исследования высевающего аппарата для высева капсулированных семян

2.4.1 Обоснование конструктивных параметров высевающего диска

Количество и конструктивные параметры ячеек на высевающем диске определяются исходя из выполнения условий четкого западания капсул в ячейки и целостности высевающего диска, которая обеспечивается суммой диаметров ячеек и шириной перегородок между ними соразмерные с длиной наружной окружности высевающего диска (Рисунок 2.12) [7, 212]:

$$n_{я} = \frac{\pi \cdot D_{д}}{L_{я} + P_{я}}, \quad (2.33)$$



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

Рисунок 2.12 – Схема высевающего диска для капсулированных семян для определения его параметров

Если перемычки между ячейками не разрушатся, то будет обеспечена конструкционная целостность высевающего диска при выполнении условия [22, 212]:

$$n_{я} < \frac{\pi D_{кр}}{l_{я}}, \quad (2.34)$$

где $n_{я}$ – количество ячеек, шт.

Разрушение конструкционной целостности диска возможно при максимальном диаметре ячейки $D_{я}$, определяемым длиной хорды l_x центрального угла α , образованного радиусами, построенными через точки соприкосновения стенок соседних ячеек на критическом диаметре $D_{кр}$, которую можно представить выражением:

$$l_x = 2 \cdot R_{кр} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (2.35)$$

После некоторых преобразований критического радиуса $R_{кр}$ через конструктивные параметры диска центральный угол α определяется из выражения:

$$\alpha = 2\arcsin\frac{l_я}{D_о - 2H_я} \quad \text{или} \quad \alpha = 2 \cdot \arcsin\frac{l_я}{D_{кр}}. \quad (2.36)$$

С учетом выражений (2.34 и 2.36) при соблюдении целостности высевающего диска и заданного центрального угла предельное количество ячеек не должно превышать значения определяемое уравнением:

$$n_я < \pi / \arcsin\frac{l_я}{D_{кр}}. \quad (2.37)$$

Предельное количество ячеек, размещаемых на боковой поверхности высевающего диска с учетом диаметра капсулы шарообразной формы, было обосновано авторами [7, 22]. По результатам численного эксперимента по уравнению (2.37) было определено предельное количество ячеек на диске, исходя заданного его диаметра и критического диаметра расположения дна ячеек, которое в виде номограммы представлено на Рисунке 2.13.

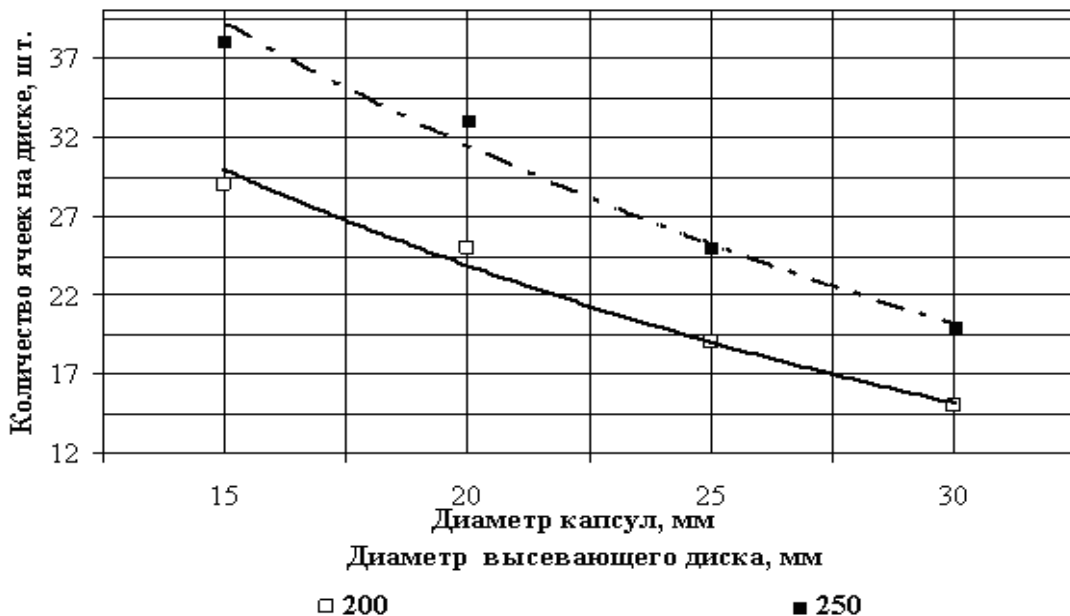


Рисунок 2.13 – Номограмма для определения предельного количества ячеек на высевающем диске для капсул различных диаметров

Линейные размеры ячейки определяют из условия размещения в ней только

одной капсулы максимального диаметра, но не более двух минимального диаметра, которое запишется неравенством [7, 22]:

$$2D_{\min_k} + C_1 > D_{\text{я}} = D_{\max_k} + C_1, \quad (2.38)$$

где D_{\min_k} , D_{\max_k} – минимальный и максимальный диаметр капсулы, соответственно мм;

C_1 – зазор между капсулой и стенкой ячейки, мм;

$D_{\text{я}}$ – диаметр ячейки, мм.

Глубину ячейки $H_{\text{я}}$ определяют из условия:

$$2D_{\min_k} + C_2 > H_{\text{я}} = D_{\max_k} + C_2 = D_{\min_k} + C_2, \quad (2.39)$$

где C_2 – зазор между капсулой и боковой поверхностью диска, мм;

$H_{\text{я}}$ – глубина ячейки, мм.

Западание капсулы определенного диаметра в ячейку с заданными размерами осуществляется при выполнении условий (2.38, 2.39) следующим образом. При вращении высевающего диска с абсолютной скоростью V_a , меньшей окружной скорости центра ячеек диска $V_{ок}$ капсулы за счет сил трения перемещаются по его боковой поверхности. При определенном соотношении скоростей центра ячеек диска и перемещения капсулы относительно боковой поверхности диска после совпадения её центра тяжести O_1 , находящего у стенки ячейки, с осью ячейки начинается западание капсулы в ячейку. При небольшом слое капсул в приемной камере высевающего аппарата, после смещения центра тяжести капсулы относительно стенки ячейки на некоторое расстояние C_1 и его прохождения ниже или на уровне боковой поверхности диска капсула западает в ячейку (Рисунок 2.14, а).

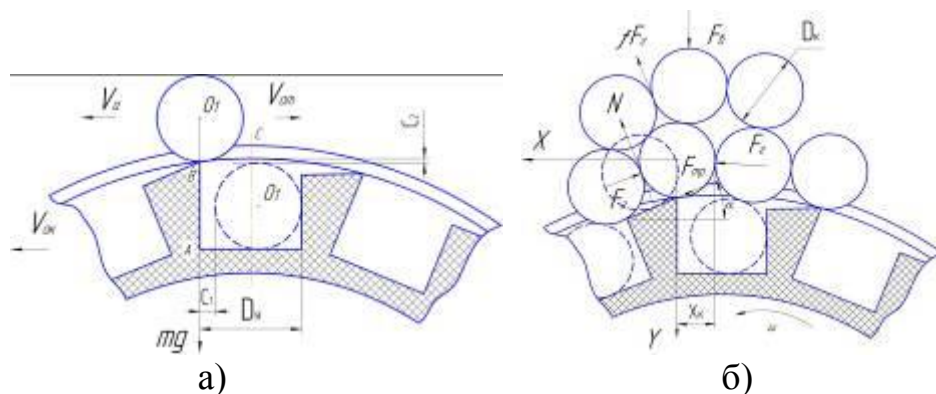


Рисунок 2.14 – Схемы процесса западания капсул в ячейки высевающего диска

В начальный момент западания капсулы в ячейку она находится на высоте равной её диаметру. В этом случае если пренебречь сопротивлением воздуха, то процесс западания капсулы в ячейку можно представить как свободное падение тела с начальной относительной 0 скоростью V_{om} .

При многослойном размещении капсул в приемной камере на них кроме силы тяжести действуют силы: вертикального F_g и горизонтального F_2 давлений и внутреннего трения между капсулами в слое $f \cdot F_2$ (Рисунок 2.14, б).

Западание капсулы в ячейку при свободном падении происходит за время определяемое выражением:

$$t = \sqrt{2 \cdot D_k / g}, \quad (2.40)$$

где D_k – диаметр капсулы, мм;

t – продолжительность западания капсулы в ячейку, с;

g – ускорение свободного падения капсулы в ячейку, м/с².

Относительную скорость перемещения капсулы по боковой поверхности высевающего диска определяют по выражению [57]:

$$V_{om} = (D_y - D_k) \cdot \sqrt{g / 2 \cdot D_k}. \quad (2.41)$$

С учетом соотношения скоростей $V_{om} = V_{ок} - V_a$, и выражения (2.41) окружную скорость центра ячейки высевающего диска можно представить в виде:

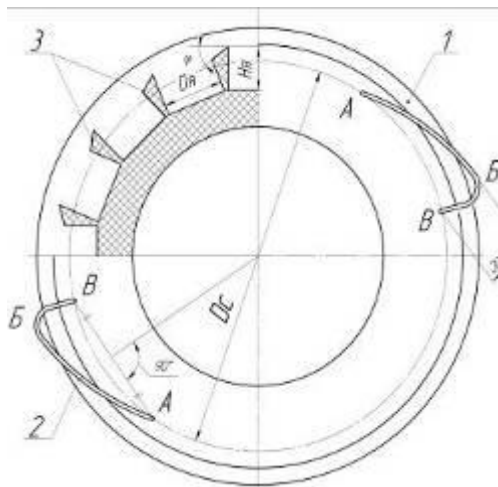
$$V_{ок} = V_a + (D_y - D_k) \cdot \sqrt{g / 2 \cdot D_k}. \quad (2.42)$$

Из выражения (2.42) можно сделать вывод о соотношении скоростей, при котором осуществляется четкое западание капсулы в ячейку при условии, когда окружная скорость центра ячейки высевающего диска должна быть равна сумме абсолютной и относительной скоростями капсулы.

2.4.1.1 Определение конфигурации и размеров сводоразрушителя высевающего диска

При многослойном размещении капсул в бункере высевающего аппарата из-за равенства сил, действующих в горизонтальной плоскости между соприкасающимися друг с другом и опирающимися на стенки бункера капсулами образуется устойчивый свод, приводящий к их зависанию. Это было выявлено в ходе проведения поисковых опытов [135].

Для лучшей ориентации и четкого западания капсул в ячейки нами предлагается на боковой поверхности высевающего диска выполнить галтель радиусом равным половине максимального диаметра капсулы. Для исключения защемления капсул и возможного их разрушения в пространстве между боковой поверхностью высевающего диска и роликом, у верхней кромки ячейки по ходу вращения высевающего диска под углом естественного откоса капсул φ выполнить фаску 3 (Рисунок 2.15) [22].



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

Рисунок 2.15 – Высевающий диск со сводоразрушителями для высева
капсулированных семян

По результатам проведенных поисковых лабораторных исследований различных конструкций сводоразрушителей применяемых в различных высевающих аппаратах для дальнейших исследований нами предлагается на внешнем основании высевающего диска устанавливать сводоразрушитель,

предложенной криволинейной конфигурации, который закрепляется на диске в точках A и B на окружности диаметром D_c (Рисунок 2.15).

В процессе компьютерного моделирования были определены количество, на высевающем диске, конфигурация и размеры сводоразрушителей. При этом восходящая ветвь сводоразрушителя (кривая AB) описывается уравнением вида $y = a(1 - \exp(-bx))$ с параметрами $a = 31,307$ и $b = 0,0238$. Точка B на нисходящей ветви сводоразрушителя (кривая BB) расположена на расстоянии $2D_{k_{max}}$ от окружности D_c (Рисунок 2.16).

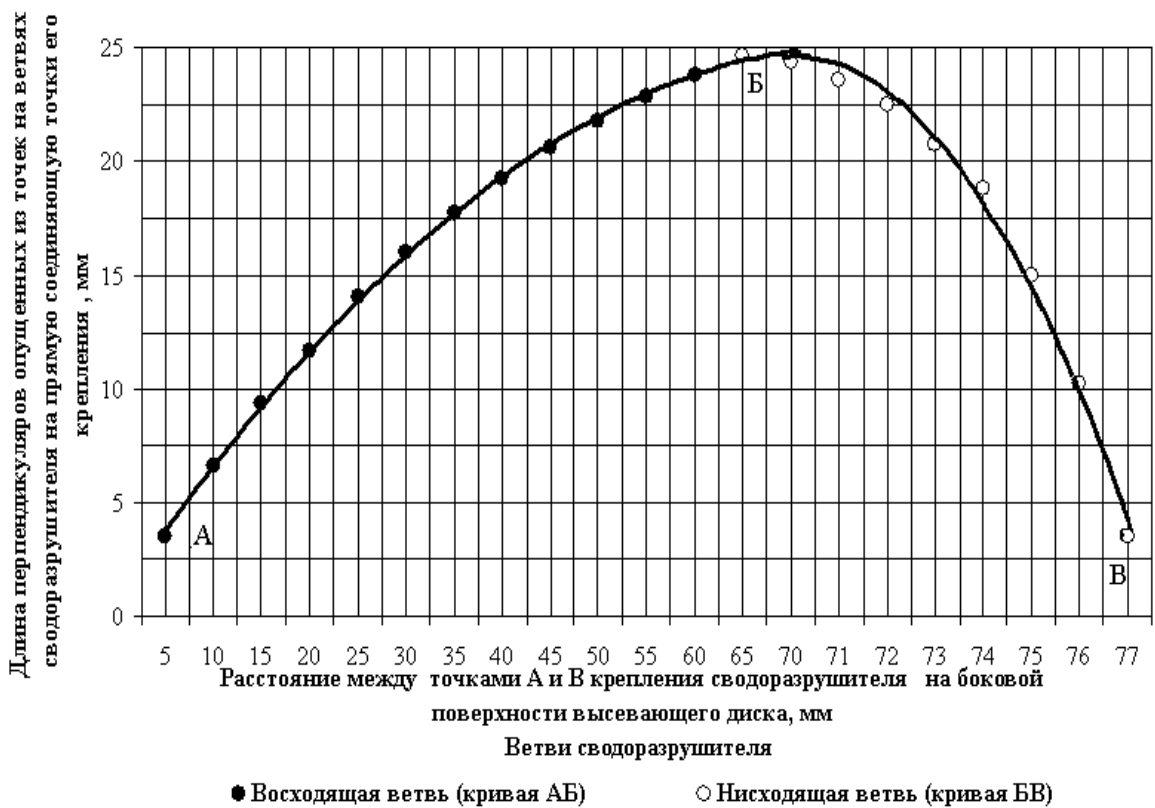
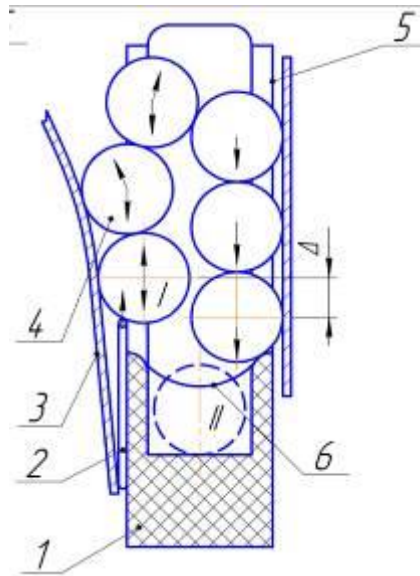


Рисунок 2.16 – Конфигурация и размеры сводоразрушителя

Для надежного разрушения свода капсул в бункере и приемной камере высевающего аппарата необходимо за счет постоянного воздействия на него предлагаемого сводоразрушителя капсулы должны постоянно находиться в состоянии «кипящего» слоя. Конструктивно высевающий диск должен быть выполнен с оптимальными размерами и количеством сводоразрушителей. Эти параметры должны быть согласованы с конструктивным исполнением приемной

камеры, которые определяются длиной дуги центрального угла образованного радиусами, проведенными из центра высевающего диска на концы нижней кромки стенок приемной камеры. При этом будет обеспечено постоянное разрушение свода над вращающимся высевающим диском поочередным воздействием сводоразрушителей установленным на его внешнем основании.

Рассмотрим работу высевающего аппарата со сводоразрушителем. Вращающийся высевающий диск сводоразрушителем 2 смещает капсулы 4 в вертикальном направлении до положения *I* на расстояние Δ (Рисунок 2.17) [215].



I – высевающий диск; 2 – сводоразрушитель; 3 – приемная камера;
4 – капсула; 5 – ролик-отражатель, 6 – галтель

Рисунок 2.17 – Схема действия сил при разрушении свода капсул образованного в бункере и приемной камере

Из-за отсутствия между капсулами контактных напряжений капсула 4 сводоразрушителем поднимется над галтелью, а соседняя капсула под действием силы тяжести и вышележащих слоев переместится в положение *II* на галтель 6 на диске *I*, откуда она упадет в свободную ячейку.

Количество сводоразрушителей, установленных на внешней стороне высевающего диска определяется выражением:

$$n = \frac{L_{\text{д}}}{L_{\text{к}}}, \quad (2.43)$$

где n – количество сводоразрушителей, шт.;

L_d – длина наружной окружности высевающего диска, мм;

L_k – длина дуги наружной окружности высевающего диска проходящей между передней и задней стенками приемной камерой, мм.

2.4.2 Определение скорости движения посевного агрегата в зависимости от частоты вращения высевающего диска

Предотвращением раскатывания капсул по дну бороздки после выпадения из ячеек достигается равномерное распределение капсул по длине рядка, которое можно добиться согласованием частоты вращения высевающего диска и рабочей скорости посевного агрегата по следующей зависимости [220]:

$$\omega_d = C \cdot V_{na}, \quad (2.44)$$

где ω_d – частота вращения высевающего диска, с⁻¹;

C – постоянная величина, м⁻¹;

V_{na} – рабочая скорость посевного агрегата, м/с.

Постоянная величина C определяется формулой:

$$C = 2\pi / n_y \cdot l_k, \quad (2.45)$$

где l_k – интервал между капсулами в рядке, м;

n_y – количество ячеек на высевающем диске, шт.

С учетом формулы (2.45) выражение (2.44) можно представить в виде:

$$\omega_d = \frac{2\pi \cdot V_{na}}{l_k \cdot n_y}. \quad (2.46)$$

Норма высева капсулированных семян определяется по известной зависимости, учитывающая размеры высевающего диска и приводного колеса сеялки [220]:

$$q = \frac{n_{\text{я}} \cdot i}{2\pi \cdot R_{\text{нк}}}, \quad (2.47)$$

где q – норма высева капсулированных семян, шт./ м;

$n_{\text{я}}$ – количество ячеек на диске, шт.;

i – передаточное число от приводного колеса сеялки к высевающему диску;

$R_{\text{нк}}$ – наружный радиус приводного колеса сеялки, м.

Отношением частоты вращения высевающего диска к окружной скорости приводного колеса сеялки определяется передаточное число:

$$i = \frac{\omega_{\text{д}}}{\omega_{\text{нк}}}. \quad (2.47\text{а})$$

Передаточное число определенное по выражению (2.47а) необходимо уточнить в зависимости от условий работы посевного агрегата и скольжения опорно-приводных колёс, которое может изменяться от 5 до 15 % [88,109].

Преобразуя выражения (2.46 и 2.47) определим частоту вращения высевающего диска:

$$\omega_{\text{д}} = \frac{V_{\text{на}} \cdot i}{l_{\text{к}} \cdot q \cdot R_{\text{нк}}}. \quad (2.48)$$

При этом учитывают скоростные режимы движения посевного агрегата, количество ячеек на диске при наибольшем коэффициенте их заполнения и влияние динамических нагрузок на конструктивные элементы высевающего аппарата.

Анализ выражения (2.48) показывает, для улучшения процесса дозирования капсул, обеспечивающего равномерность их интервального размещения в рядке необходимо повышать скорость посевного агрегата и частоту вращения высевающего диска при условии качественной предпосевной обработки почвы и стабилизации сошниковой системы сеялки.

Глубина хода сошника изменяется после предпосевной обработки агрегатом АКШ-6Г в зависимости от напряжения первичного уплотнения почвы (Рисунок 2.18).

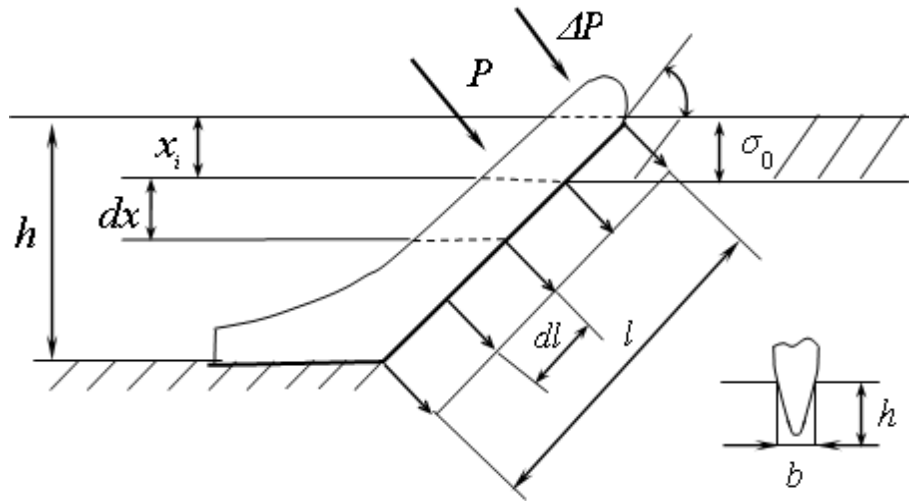


Рисунок 2.18 – К анализу изменения хода сошника свекловичной сеялки

Условие равновесия сошника выражается уравнением:

$$2 \cdot P \cdot \sin \varphi = b \cdot h \cdot (\rho \cdot g \cdot h + 2 \cdot \sigma_0), \quad (2.49)$$

где P – действующая сила, Н;

φ – угол направления действия силы, град;

b – ширина сошника, м;

h – глубина хода сошника, м;

ρ – плотность почвы, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

σ_0 – напряжение первичного уплотнения почвы, МПа.

После преобразования и решения уравнения (2.49), получим выражение для определения глубины хода сошника:

$$h = \frac{-\sigma_0 + \sqrt{\frac{b \cdot \sigma_0^2 + 2 \cdot \rho \cdot g \cdot P \cdot \sin \varphi}{b}}}{\rho \cdot g}. \quad (2.50)$$

(перед корнем квадратным принимаем знак «+», т.к. h не отрицательная величина).

Таким образом, при заданных параметрах сошника изменение глубины его хода определяется величиной и углом φ направления действия силы, напряжением первичного уплотнения и плотностью почвы. При этом изменение действующей

силы определяется перераспределением тяговых нагрузок по осям энергетического средства и реакциями на опорные колеса навесной сеялки.

2.5 Разработка и использование культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов сахарной свеклы

2.5.1 Обоснование способов обработки посевов сахарной свеклы

В зависимости от засорённости посевов сахарной свеклы определяют способы их обработки. Так, при небольшой засорённости проводят механическую междурядную обработку посевов растений. При этом уничтожить сорняки в защитной зоне рядков механической обработкой практически невозможно [132, 147, 148, 188]. Поэтому при значительной засорённости проводят химическую обработку посевов с использованием эффективных средств защиты растений.

Исследованиями [132, 146] установлено, что максимального эффекта обработки посевов можно получить при совместном использовании химических способов и междурядных механических обработок. Это может быть реализовано при обработке посевов сахарной свеклы предлагаемым комбинированным агрегатом, осуществляющего одновременное ленточное внесение гербицидов в защитную зону рядка и механическую обработку междурядий [147, 148].

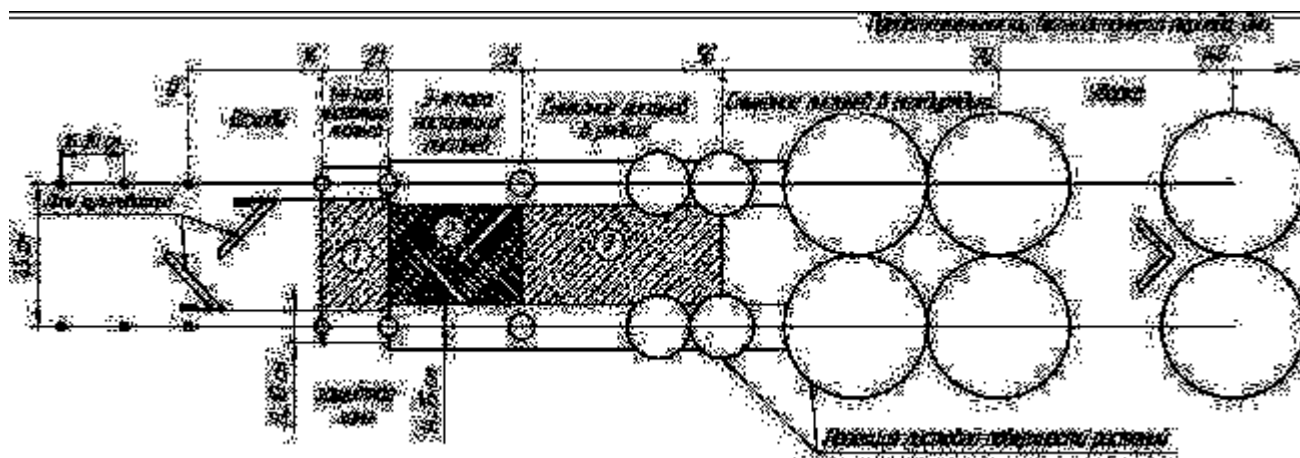
На основании анализа современных технологий возделывания сахарной свеклы нами предлагается запатентованный способ обработки посевов, схема которого представлена на Рисунке 2.19 (патент РФ №2542124 (Приложение А6) [159].

Критическим в минеральном питании сахарной свеклы является начальный период её роста. В качестве стартового удобрения применяют комплексные удобрения, которые позволяют обеспечить сбалансированное питание растений в начальный период вегетации и их интенсивный рост. Одним из действенных способов применения этих удобрений в жидком виде является внекорневая подкормка растений по листовой поверхности, которую целесообразно совместить с механической и гербицидной обработками почвы и растений [132, 188].

В фазе первой-второй пары настоящих листьев, которая наступает через 10-15 дней после посева, проводят первую междурядную обработку почвы на глубину 5 см,

при этом оставляют защитную зону рядков шириной 5-6 см, и вносят комплексные удобрения на листовую поверхность растений сахарной свёклы.

После первой обработки (не позже 10-15 дней) или по мере необходимости проводят междурядную обработку с увеличенной до 10-12 см защитной зоны на глубину 6-8 см. При этом одновременно подкармливают растения и вносят гербициды, исключая их попадание на листовую поверхность растений (Рисунок 2.19) [188, 200]. Количество и сроки обработок необходимо дифференцировать по степени засоренности и состояния посевов сахарной свёклы [98, 159, 188, 206, 215, 217].



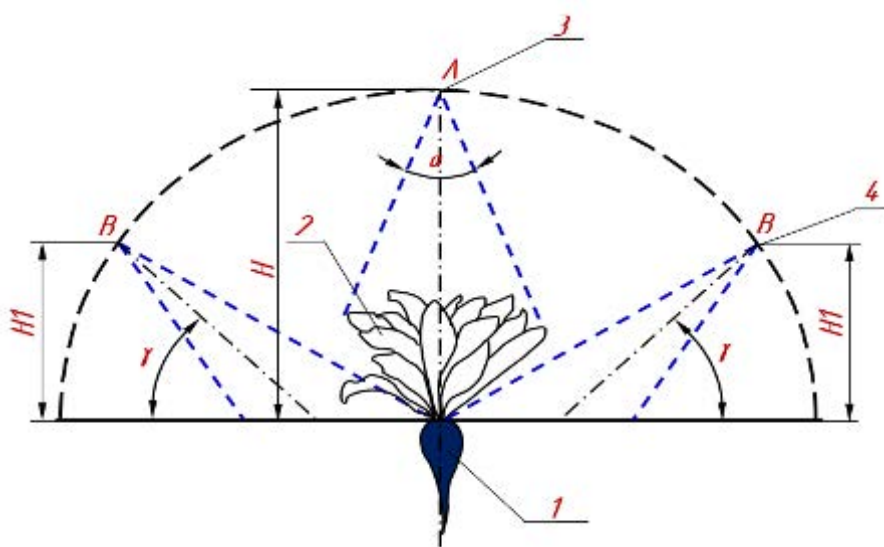
1, 2, 3 – междурядные обработки с ленточным внесением гербицидов и
внекорневой подкормкой

Рисунок 2.19 – Схема обработки посевов сахарной свёклы на разных
фазах развития растений

Для точной обработки посевов сахарной свёклы следует совмещать проведение междурядных обработок с ленточным внесением гербицидов в защитную зону рядков и внекорневую подкормку по листовой поверхности жидкими удобрениями и регуляторами роста, что значительно уменьшит расход дорогостоящих гербицидов и жидких удобрений. Для выполнения совмещенной обработки посевов предлагается использовать культиватор с аппликаторами.

2.5.2 Теоретическое обоснование применения распылителей с щелевой насадкой на аппликаторах

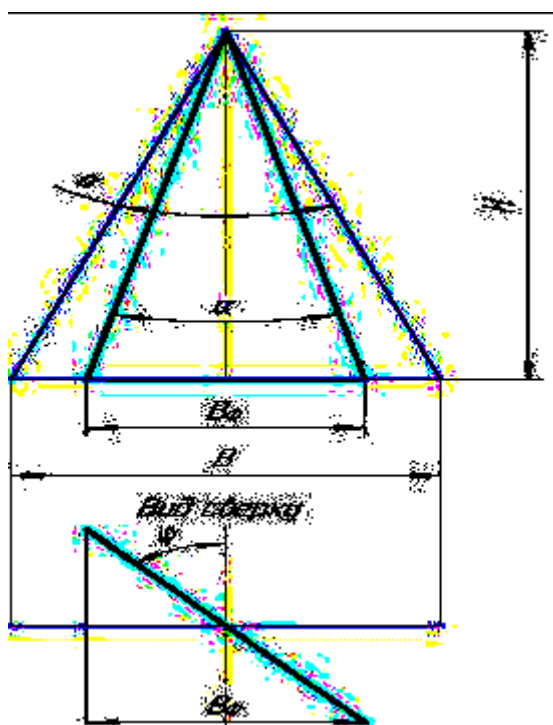
С учетом фазы развития растений и состояния почвы на качество обработки посевов наряду с междурядной обработкой наибольшее влияние оказывает применение эффективных средств защиты растений и жидких удобрений. Для их внесения применяют аппликаторы с распылителями, которые установлены на культиваторе. На Рисунке 2.20 представлена схема расположения распылителей на аппликаторах при обработке почвы и растений сахарной свеклы.



1 – растение свеклы; *2* – листья растения; *A3* – место установки верхнего распылителя для внекорневой подкормки; *B4* – место установки бокового распылителя для гербицидов; *H* – высота установки верхнего распылителя; *H1* – высота установки боковых распылителей; α – угол факела распыла; γ – угол наклона оси факела распыла относительно горизонтали

Рисунок 2.20 – Схема расположения распылителей на аппликаторах при обработке почвы и растений сахарной свеклы

Высоту установки на аппликаторах выбранных распылителей с щелевой насадкой для обработки почвы в защитных зонах рядков и для внекорневой подкормки растений сахарной свеклы по листовой поверхности необходимо определять с учетом ориентации факелов распыла относительно обрабатываемых поверхностей (по углам факела и фронта распыла, наклона оси факела распыла) (Рисунок 2.21). Для этого распылители устанавливают вертикально на определенной высоте над листовой поверхностью, а факел распыла ориентируют под некоторым углом относительно оси рядка растений.



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

Рисунок 2.21 – Схема размещения распылителей на аппликаторе при определении ширины обрабатываемой полосы

При ориентации факела распыла относительно оси рядка под прямым углом ширина полосы распыления B определяется по формуле:

$$B = 2 \cdot H \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right). \quad (2.51)$$

По результатам проведенного численного эксперимента с использованием формулы (2.51) были определены ширина обрабатываемой полосы распылителями с различными углами факела распыла и высота их установки над листовой поверхностью, результаты которого представлены на Рисунке 2.22.

Была определена ширина обрабатываемой полосы распылителями с щелевой насадкой и углами распыла 60 и 90°, которые были установлены вертикально относительно обрабатываемой поверхности на высотах от 50 до 500 мм.

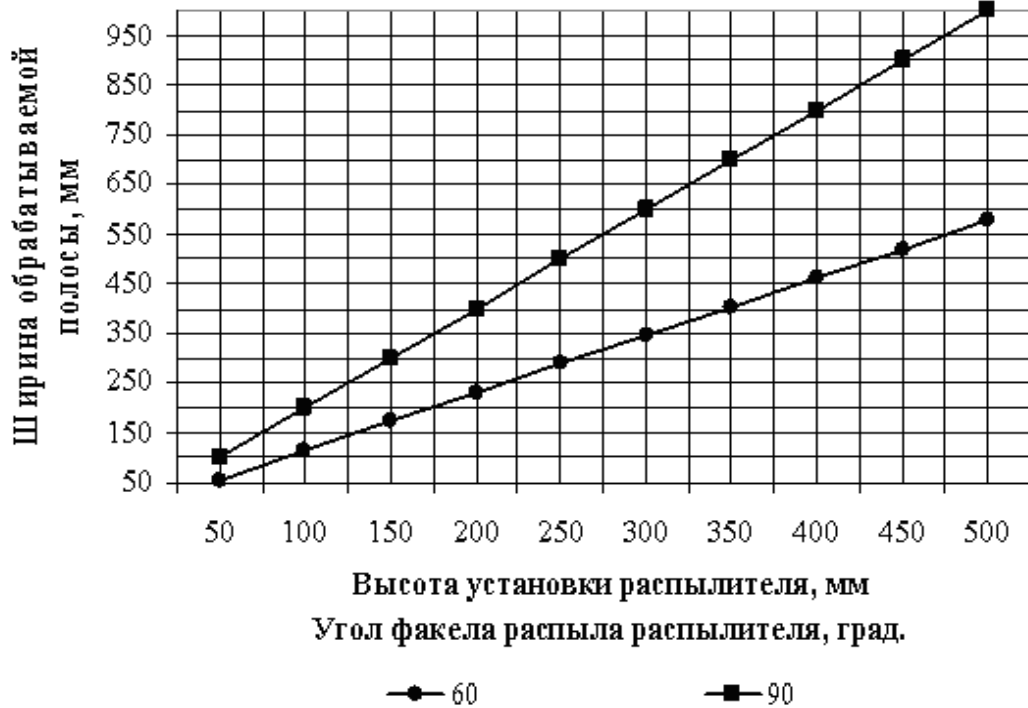


Рисунок 2.22 – Зависимость ширины обрабатываемой полосы от высоты установки распылителя с различными углами распыла

При повороте факела распыла распылителя вокруг своей оси на определенный угол ширина обрабатываемой полосы B_ϕ определяется по выражению:

$$B_\phi = 2 \cdot R \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot \sin \varphi. \quad (2.52)$$

Ширину обрабатываемой полосы, полученную в результате численного эксперимента по выражению (2.52) с учетом заданных параметров распыливания, при угле факела распыла в 110° и фиксированных углах фронта факела распыла и расстояния от листовой поверхности, представлены на Рисунке 2.23. Так, для обработки листовой поверхности в фазе смыкания листьев в рядке диаметром 220 мм данный распылитель должен быть установлен на высоте от 110 до 190 мм от обрабатываемой поверхности, при соответствующих этим высотам углах фронта факела распыла от 45 до 22° .

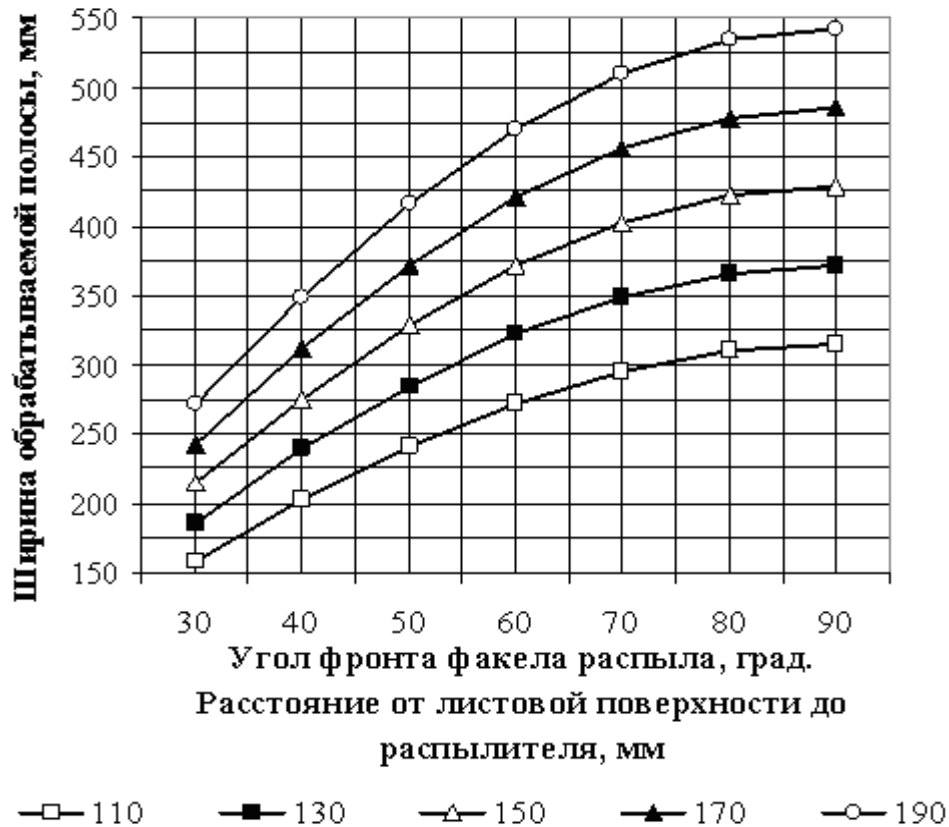


Рисунок 2.23 – Определение ширины обрабатываемой полосы распылителем с углом факела распыла 110° при фиксированных углах фронта факела распыла и расстоянии от листовой поверхности

Защитная зона сахарной свеклы обрабатывается гербицидами с двух сторон рядков по схеме, представленной на Рисунке 2.24.

При обработке гербицидами ширина полосы (B_φ) равная половине ширины защитной зоны, определяемая фазами развития растений сахарной свеклы используются распылители с различными углами факела распыла, фронта распыла и их наклона относительно вертикали в зависимости от высоты их установки от обрабатываемой полосы определяется выражением:

$$B_\varphi = H \cdot \cos\varphi \cdot \left[\frac{\sin(\beta + \alpha) - \sin(\beta - \alpha)}{\cos 2\beta + \cos \alpha} \right]. \quad (2.53)$$

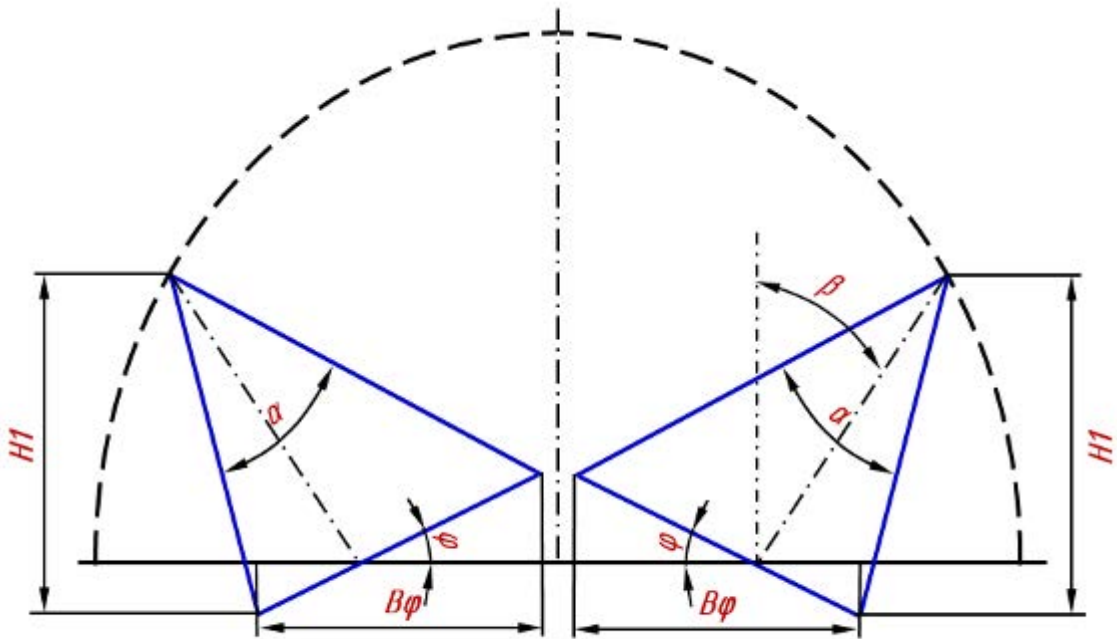


Рисунок 2.24 – Схема обработки гербицидами защитной зоны рядков сахарной свеклы

где H – высота установки распылителя от поверхности почвы, мм;

α – угол факела распыла распылителя, град.;

β – угол наклона факела распыла относительно вертикали, град.;

φ – угол фронта факела распыла распылителя, град.

После преобразования выражения (2.53) угол фронта факела распыла распылителя установленный с ориентацией оси факела распыла на середину защитной полосы на фиксированной высоте при обработке защитной зоны с определенной шириной можно определить по формуле:

$$\varphi = \arccos \left\{ \frac{B_n}{H \cdot \left[\frac{\sin(\beta + \alpha) - \sin(\beta - \alpha)}{\cos 2\beta + \cos \alpha} \right]} \right\}. \quad (2.54)$$

На Рисунке 2.25 в графическом виде представлены результаты численного эксперимента по формуле (2.54) для определения углов фронта распыла распылителей с факелом распыла 40, 80 и 110 градусов наклоненных под заданным

углом и установленных на высоте 50 и 140 мм относительно обрабатываемой полосы шириной 50 мм.

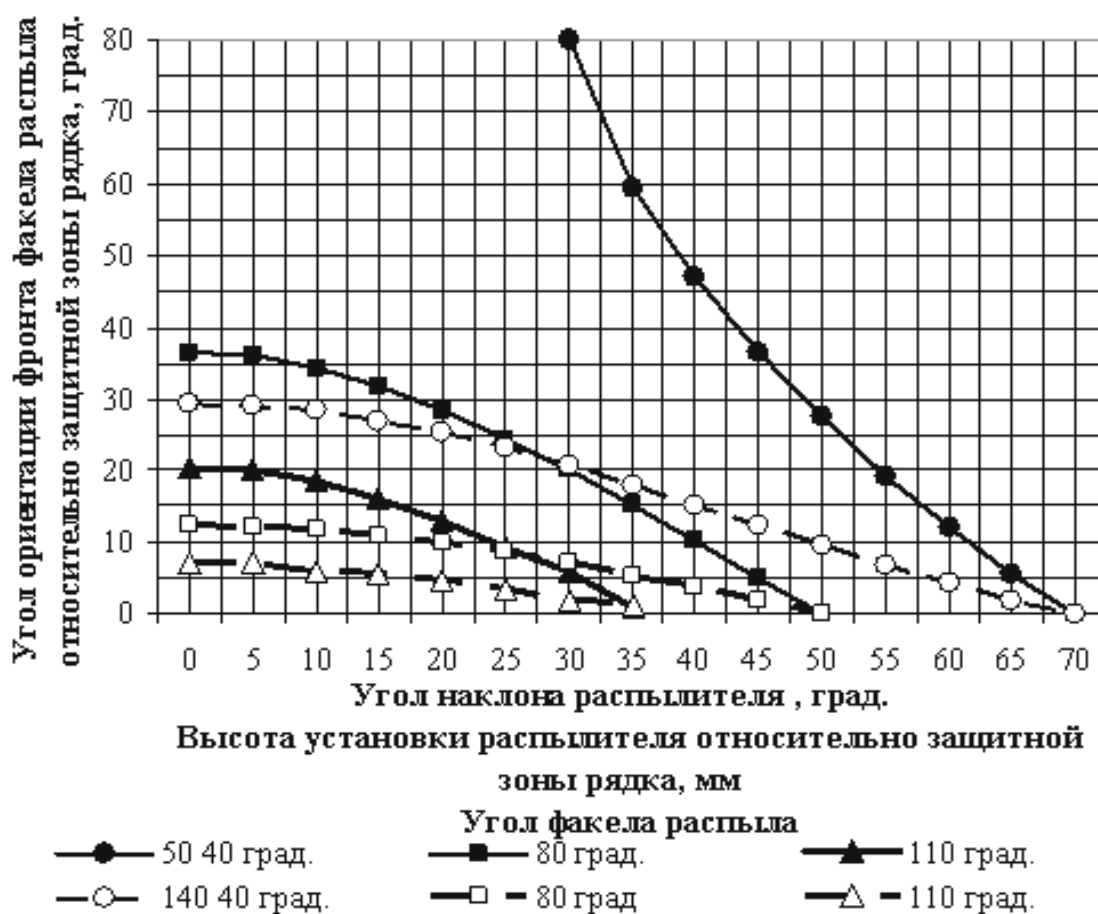


Рисунок 2.25 – Определение угла фронта распыла распылителей с факелом распыла 40, 80 и 110 градусов наклоненных под определенным углом и установленных на высоте 50 и 140 мм относительно обрабатываемой полосы шириной 50 мм

2.6 Теоретические предпосылки повышения эффективности процесса извлечения корнеплодов вибрационным рабочим органом

2.6.1 Описание процесса вибрационного извлечения корнеплодов

По результатам исследований [10, 13, 28, 47, 55, 144, 172] выявлено, что эффективное протекание процесса извлечения из почвы корнеплодов можно

достигнуть, если сообщить корнеплодам колебания вибрационным копачом с возрастающей амплитудой и постоянной для данного режима частотой. Этот выкапывающий рабочий орган представляет собой два симметрично расположенных лемеха, установленных под углом к направлению движения машины таким образом, что задние кромки смежных лемехов образуют зазор в 25-45 мм. Каждый лемех крепится к стойке, которой придают колебательные движения. Колебания лемехов могут осуществляться в продольно-вертикальной плоскости, в поперечном направлении по отношению к ряду.

В процессе работы за счет конусообразной формы русла, образованного лемехами, корнеплод вместе с деформированным слоем почвы сдвигается в случае его отклонения от оси копача, подкапывается лезвиями лемехов, заклинивает между рабочими плоскостями копача, приподнимается и извлекается из почвы. В процессе вертикального перемещения, корнеплод за счет сообщения ему значительных ускорений интенсивно очищается от почвы.

При вибрационном извлечении загрязнение корнеплодов почвой не превышает 10-12 %, а на корнеплодах, извлеченных дисковыми копачами, в нормальных почвенных условиях остается 35-40 % прилипшей почвы. Повышенная влажность почвы приводит к загрязнению до 50-60 % корнеплодов. При оптимальном режиме работы вибрационных копача повреждается не более 6-8% корнеплодов, но с увеличением частоты колебаний количество повреждений возрастает до 14% [172].

В результате перемещения вибрационных копачей на небольшой глубине и колебаний его режущей кромки в продольном, по отношению к ряду, направлении снижается тяговое сопротивление при извлечении корнеплодов в 2,5-3,5 раза по сравнению с сопротивлением пассивного дискового копача и на 50-60 % по сравнению с дисковым копачом корнеуборочной машины типа КС-6Б [144].

2.6.2 Анализ затрат мощности при колебательном движении вибрационного копача

Сравнительный анализ работы свеклоуборочных машин с пассивными и вибрирующими копачами со сложным колебательным движением показал, что потребляемая мощность при использовании вибрирующих копачей меньше, чем у пассивных, которую можно представить выражением [10, 14, 210]:

$$N_{n_{вк}} + N_{вк_{ВОМ}} < N_{n_{пк}} + N_{пк_{ВОМ}}, \quad (2.55)$$

где $N_{n_{вк}}, N_{n_{пк}}$ – мощность, расходуемая на передвижение комбайна с вибрирующими и пассивными копачами, соответственно;

$N_{вк_{ВОМ}}, N_{пк_{ВОМ}}$ – мощность, на привод рабочих органов комбайна с вибрирующими и пассивными копачами передаваемая от вала отбора мощности энергетического средства, соответственно.

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

$$N_e = N_f + N_{кр} + N_б + N_{вОМ}, \quad (2.56)$$

где N_f – мощность, затрачиваемая на передвижение уборочного агрегата, кВт;

$N_{кр}$ – тяговая мощность энергетического средства, кВт;

$N_б$ – 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:

$$N_f = v_p \cdot (f \cdot G + k \cdot S + \varepsilon \cdot S \cdot v_p^2) + M_{\delta} \cdot \omega_{\delta} \cdot i_{\delta} + M_m \cdot \omega_m \cdot i_m + M_o \cdot \omega_o \cdot i_o, \quad (2.57)$$

где v_p – скорость движения уборочного агрегата, м/с;

f – коэффициент сопротивления перекачиванию;

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_{δ} , M_m , M_o – крутящие моменты на привод ботвореза, транспортирующих и очищающих устройств свеклокопателя, соответственно, кг·м;

ω_{δ} , ω_m , ω_o – частота вращения валов ботвореза, транспортирующих и очищающих устройств свеклокопателя, соответственно, с⁻¹;

i_{δ} , 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:

$$N_{вом} = N_{ви} + N_{yd} + N_{лс} + N_{yb} + N_{mo}, \quad (2.58)$$

где $N_{ви}$, N_{yd} , $N_{лс}$, N_{yb} , N_{mo} – 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 (2.57), (2.58), баланс мощности свеклоуборочного агрегата можно представить в следующем виде [10]:

$$N_e = v_p \cdot [G \cdot f + R_m + G \cdot \varphi \cdot \delta + (m_k + v_1 \cdot S_k) \cdot \sin \omega t + \sigma_p \cdot S_{уд} \cdot \sin \omega t + \tau \cdot S_{лоб} \cdot \sin \omega t + \tau \cdot S_{лем} \cdot \sin \omega t] + M_{\delta} \cdot \omega_{\delta} \cdot i_{\delta} + M_m \cdot \omega_m \cdot i_m + M_o \cdot \omega_o \cdot i_o, \quad (2.59)$$

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.

2.7 Теоретические положения по повышению производительности и качества работы уборочных агрегатов

Одним из главных направлений повышения эффективности производства сахарной свеклы наряду с внедрением прогрессивных технологий на основе применения высокоурожайных сортов и гибридов, удобрений и гербицидов, по нашему мнению, являются научно-обоснованное комплектование техническими средствами и их эффективное использование.

Производительность (W) машинно-тракторных агрегатов и самоходных машин зависят от многих факторов и критериев, которую в обобщенном виде можно представить функциональной зависимостью:

$$W = f(Y, AT, \mathcal{E}, OT, K, \mathcal{U}) \rightarrow \max, \quad (2.60)$$

где $У$ – естественно-производственные условия;

$АТ$ – агротехнический критерий;

$Э$ – энергетический критерий;

$ОТ$ – организационно-технологический критерий;

$К$ – конструктивно-эксплуатационный критерий;

$Ч$ – человеческий фактор.

Рассмотрим подробнее названные критерии и факторы на примере уборки как наиболее энергоёмкого и затратного технологического процесса производства сахарной свеклы, влияющего на качество получаемой продукции (Рисунок 2.26).

Естественно-производственные условия определяются климатическими факторами, характеристиками поля, состояниями почвы и свекловичной плантации.

Знание и учет изменчивых факторов естественно-производственных условий позволяют правильно выбирать эффективные методы и способы уборки, технические средства для ее осуществления, организацию производственных процессов, устанавливать рациональные технологические режимы работы машин и регулировки рабочих органов.

Климатическими факторами, характеризующими условия уборки сахарной свеклы, являются температура воздуха, наличие или отсутствие осадков в предуборочный и уборочный периоды [119]. Влажность и твердость почвы определяют несущую способность поверхности для прохождения уборочных агрегатов по полю, которая влияет на выбор типов и режимов работы машин.

При повышенной влажности почвы лимитирующими факторами, наряду с ухудшением агротехнических показателей, становятся показатели очистительной и пропускной способности рабочих органов, тягово-мощностные и сцепные свойства уборочных агрегатов, оснащенных различными типами движителей.



Рисунок 2.26 – Схема структуры критериев и факторов, влияющих на производительность и качество уборки сахарной свеклы

На переувлажненных полях значительно снижается технологическая надежность уборочных агрегатов и их производительность, увеличиваются потери урожая и загрязненность почвой корнеплодов и ботвы, чаще возникают отказы машин из-за забивания рабочих органов и перегрузок.

В засушливых условиях, при влажности почвы менее 12%, технологическими ограничениями являются: засоренность вороха корнеплодов комьями земли, достигающая 40-50%, и недопустимые потери урожая за счет обрыва хвостовой части корнеплодов (до 5-15%). Поэтому перед уборкой сахарной свеклы рекомендуется проводить послойное рыхление междурядий, что позволит уменьшить потери и повреждения корнеплодов, засоренность комьями земли, а также исключить поломки выкапывающих рабочих органов машин.

Неблагоприятные климатические факторы в период уборки сахарной свеклы в хозяйствах ЦФО оказывают негативное влияние не только на физиологическое состояние операторов, но и на их работоспособность. Положение усугубляется отсутствием комфортных условий труда на используемых тракторах и комбайнах, не оборудованных системами, обеспечивающими требуемые параметры микроклимата в кабинах.

Обрабатываемое поле, на котором предстоит уборка сахарной свеклы, характеризуется его размером и конфигурацией (правильной формы – квадрат, прямоугольник и неправильной – трапеция, треугольник, многоугольник и т.п.). Так, нашими исследованиями по результатам замеров 967 полей различной конфигурации типичных районов Тамбовской области выявлено соотношение количества полей правильной и неправильной формы как 47:53%, при этом средний размер поля правильной формы составляет 171 га, а неправильной формы – 184 га (Рисунок 2.27).

На производительность уборочного агрегата существенное влияние оказывает длина гона. Так, нашими исследованиями по результатам замеров 1364 полей различной длины гона типичных районов Тамбовской области выявлено, что средняя длина гона составляет 1343 м, более 78% полей имеют длину гона от 800 до 2000 м. На Рисунке 2.28 представлено распределение длины гона полей в хозяйствах типичных районов Тамбовской области.

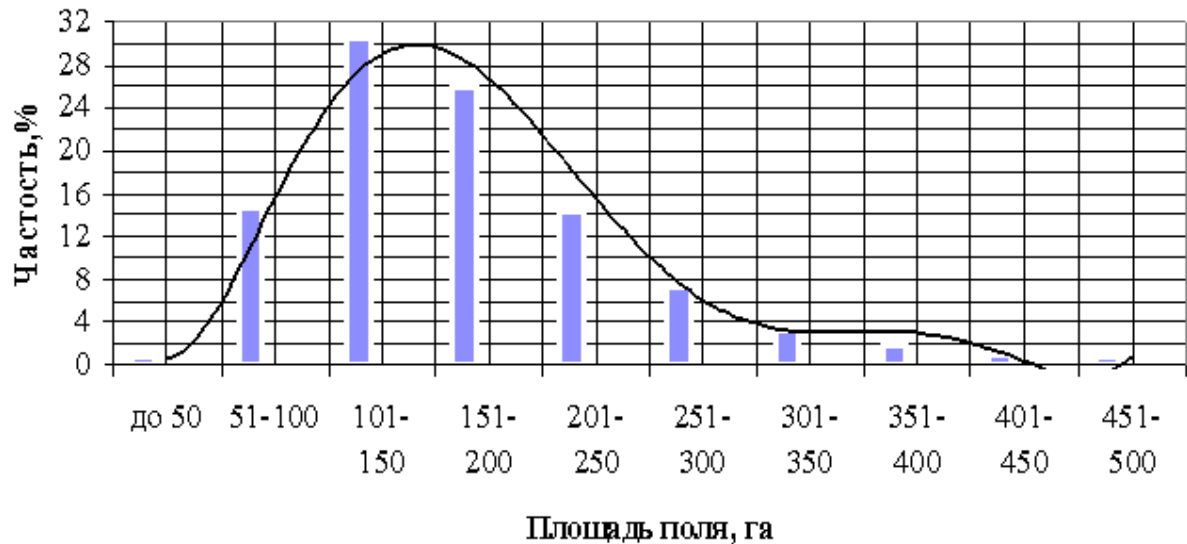


Рисунок 2.27 – Распределение по площадям полей хозяйств типичных районов Тамбовской области

Зависимость производительности агрегата от длины гона поля подтверждена многочисленными исследованиями и производственным опытом [5, 6, 12, 24, 34, 35, 37, 62]. Рельеф и микрорельеф поля существенно влияют на скорость движения агрегатов, расход топлива.

Необходимым условием качественной работы машин свеклоуборочного комплекса является выравненность поверхности поля и её взрыхлённость до требуемой плотности почвы.

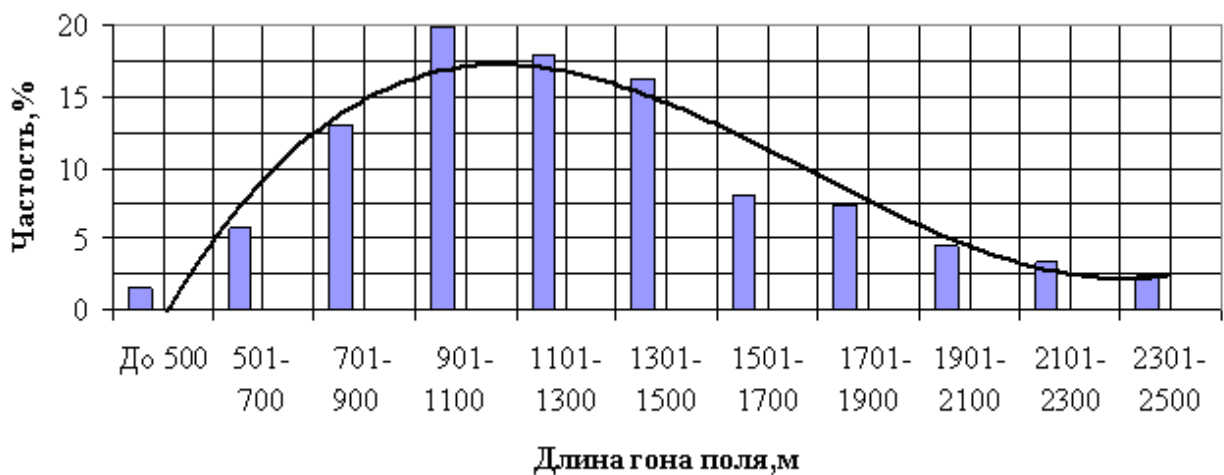


Рисунок 2.28 – Распределение длины гона полей хозяйств типичных районов Тамбовской области

Состояние свекловичных плантаций характеризуется густотой насаждений растений, равномерностью распределения корнеплодов вдоль прямолинейного ряда и отклонением от его осевой линии, ряда, варьированием размеров и массы корнеплодов, расположением головок корнеплодов относительно уровня поверхности почвы, развитием и состоянием ботвы, отклонением ширины основных междурядий, биологической урожайностью корнеплодов и ботвы, засоренностью сорняками, сортовыми особенностями сахарной свеклы.

На изреженных посевах сахарной свеклы высота головок корнеплодов относительно уровня поверхности почвы и их размеры и масса оказываются различными, что приводит к неравномерному и косому срезу ботвы по высоте. При малом расстоянии между корнеплодами в рядке и наличии двойников не успевают срабатывать копиры ботвосрезающих устройств, что исключает срезание ботвы с отдельных корнеплодов.

При равномерном распределении растений в рядке корнеплоды формируются одинаковых размеров и массы с одной и той же высотой расположения головок над почвой.

Отклонение корнеплодов от осевой линии ряда и несоблюдение заданной ширины междурядий приводят к потерям и повреждениям корнеплодов. Чем больше число отклонений ширины междурядий и корнеплодов от осевой линии ряда на величину, превышающую допускаемую агротехническими требованиями, тем больше потери и повреждения корнеплодов.

Развитие и состояние ботвы (конус, розетка) определяют способ её дальнейшего использования (на корм скоту, органические удобрения), а также технологию уборки, и режимы работы ботвоуборочных машин.

Технологическая надежность уборочных машин и качество их работы снижаются при повышенной засоренности свекловичных плантаций высокостебельными сорняками, превышающей агротехнические требования, отмершей и подвяленной ботвой. В первом случае проводят так называемое «осветление» посевов, скашивая высокостебельные сорняки на высоту стояния ботвы. Этот агротехнический прием

позволяет снизить засоренность вороха зеленой массой, исключает наматывание сорняков на вращающиеся рабочие органы уборочных машин.

Поэтому качественные показатели работы свеклоуборочных машин должны отвечать агротехническим требованиям.

Как известно, урожайность сахарной свеклы зависит не только от места и условий произрастания, сортовых особенностей, но и от качественного и своевременного выполнения технологических операций по возделыванию, начиная с лущения стерни после уборки предшествующей культуры до выполнения необходимых предуборочных работ, исходя из климатических факторов и состояния свекловичных плантаций. Это можно отнести к агротехническому фактору (АТ) повышения производительности и качества работы свеклоуборочного агрегата.

Значимость отдельных факторов и технологических процессов при возделывании и уборки сахарной свеклы на основании обобщения автором ранее проведенных исследований можно представить в виде гистограммы (Рисунок 2.29).

Как видно, из приведенной гистограммы (Рисунок 2.29), наибольшее влияние на формирование урожая оказывают агротехнические факторы (место возделывания, влагообеспеченность, сорт или гибрид, предшественник), составляющие около 60%. От состава и качества технологических операций возделывания и уборки сахарной свеклы зависит густота стояния растений.

Результаты многолетних исследований показали, что при оптимальной агротехнике влияние природно-климатических и почвенных условий на уровень урожайности не превышает 10%. Такое же влияние на урожайность оказывают технологические мероприятия и применяемые сорта [146].

Агротехнические факторы по значимости влияния на урожайность сахарной свеклы распределяются следующим образом: удобрения – 30%, агроклиматические условия года – 22%, севообороты – 14%, вредные организмы – 15%, сорт – 10%, другие факторы – 9% [68, 70, 105, 106, 146, 221, 223].

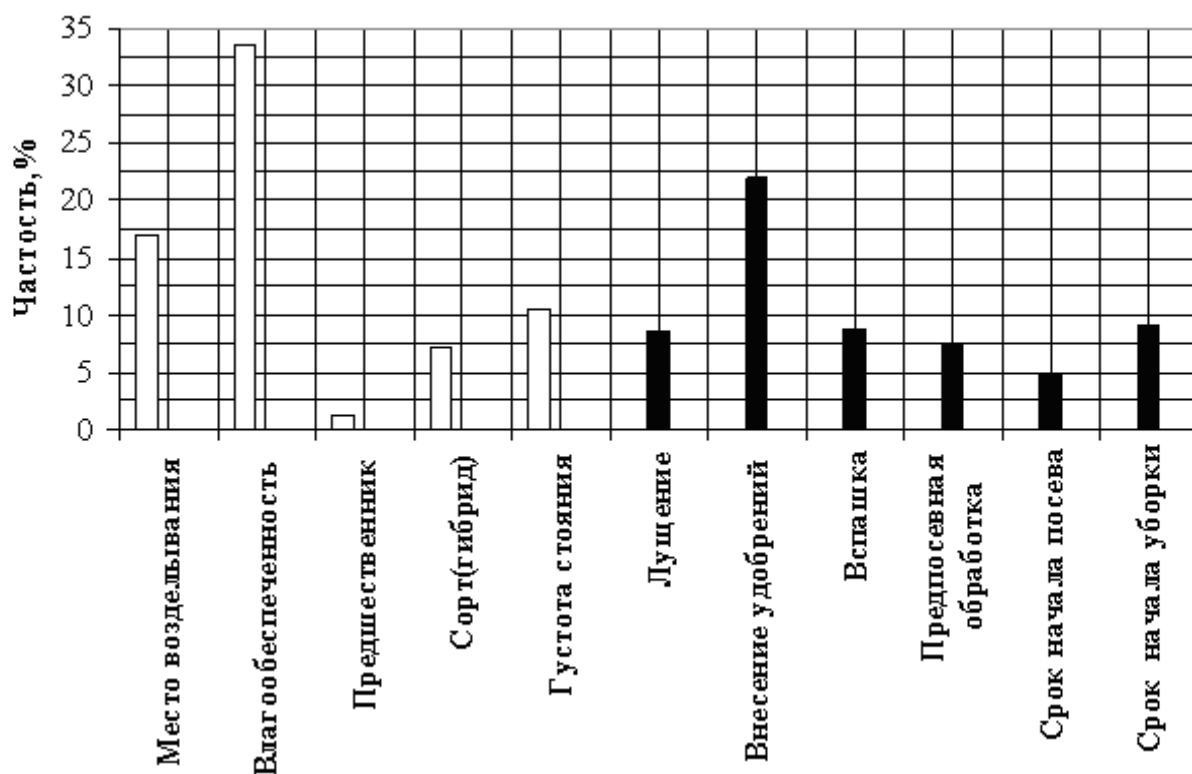


Рисунок 2.29 – Значимость отдельных факторов и агротехнических приёмов при возделывании и уборке сахарной свеклы

Качественный посев сахарной свеклы достигается при хорошей предпосевной обработке почвы осуществляемой пропашными культиваторами или комбинированными агрегатами типа Европак.

Качество предстоящей работы уборочных агрегатов закладывается при посеве сахарной свеклы. От настройки и регулировки посевных агрегатов зависит стабильность ширины междурядий и глубины заделки семян, густота насаждений растений. От правильной разметки поля при посеве, мастерства вождения агрегата механизатором зависит прямолинейность рядков. Этому способствует использование широкозахватных комбинированных агрегатов на базе колесных тракторов со сдвоенными колёсами или гусеничных тракторов.

При посеве сахарной свеклы необходимо сформировать оптимальную и равномерную по всему полю густоту насаждения растений. В противном случае будет наблюдаться большая неравномерность размещения корнеплодов по длине рядка, которая приведёт к неравномерному росту корнеплодов, как по размерам,

так и их массе.

Для борьбы с сорняками применяют химические способы (обработка посевов гербицидами) и междурядные обработки. Кроме того, рыхления междурядий способствуют правильному формированию корнеплодов и равномерному размещению головок корнеплодов относительно поверхности почвы.

При уборке сахарной свеклы в засушливых условиях целесообразно проводить послойное рыхление почвы в междурядьях. Эту операцию в зависимости от способа уборки и применяемых машин проводят или перед проходом или после прохода ботвоуборочной машины.

Организационно-технологический критерий (ОТ), рассматриваемого уборочного процесса, оценивается следующими факторами: подготовкой поля к уборочным работам, подготовкой агрегатов к работе и организацией их движения по полю, выбором способа и метода уборки, суточными режимами работы агрегата, методом и формами использования агрегатов, контролем и управлением качества уборочных работ, и их инженерно-техническим, и бытовым обеспечением, и обслуживанием.

Подготовку поля к работе агрегатов проводят задолго до начала уборки урожая. Особое значение придаётся выравненности поля. Этот технологический приём осуществляют как культиваторами для сплошной обработки, так и комбинированными агрегатами на вспаханном с осени поле, на котором проводят несколько культиваций с целью выравнивания поверхности поля и уничтожения появившихся сорняков.

На качество урожая сахарной свеклы влияют подготовка свекловичных плантаций к уборке, сроки и методы её проведения.

Рабочие органы машин свеклоуборочного комплекса и самоходные комбайны в зависимости от сложившихся условий уборки настраивают и регулируют с учётом состояния поля и насаждений сахарной свеклы.

Повышению производительности уборочных агрегатов способствует рациональная организация их движения по полю с выбором способа движения агрегатов в загоне, при поворотах и заездах, а также определение длины выезда.

Существенное влияние на производительность уборочных агрегатов при

сложившихся погодных условиях и обеспеченности техническими средствами хозяйства оказывает выбор способа (однофазный, двухфазный и трёхфазный) и метода (поточный, перевалочный и поточно-перевалочный) уборки сахарной свеклы.

На производительность уборочных агрегатов, кроме названных факторов, существенное влияние оказывают формы и методы их использования, а также суточные режимы работы.

Свеклоуборочные агрегаты в большинстве свеклосеющих хозяйств используют в составе производственных подразделений. Это в первую очередь относится к технологическим комплексам для двухфазной уборки: БМ-6Б+Т-70С(МТЗ-82)+КС-6Б(РКС-6,МКК-6-02), а также ЛТЗ-155 (РТ-М-160, ВТ-100ДС)+КР-6И(КВС-6,КСН-6)+Т-70С(МТЗ-82)+ППК-6 (L-6) или ЛТЗ-155(РТ-М-160,Т-150К)+ЛВ-13(ЛВ-20) [4, 30, 31, 32, 45, 50, 203, 206, 207, 219].

Технологическими комплексами на базе полунавесных свеклоуборочных комбайнов и прицепных подборщиков-погрузчиков, принадлежащим обслуживающим предприятиям, убирают свеклу в хозяйствах.

Самоходные свеклоуборочные комбайны зарубежного производства используют в основном групповым методом в составе специализированных формирований, организованных при сахарных заводах, в частных фирмах и состоятельных в финансовом отношении свеклосеющих хозяйствах. Положительный опыт группового использования этих комбайнов накоплен в названных формированиях Липецкой и Тамбовской областях.

Для обеспечения высокопроизводительной работы уборочных агрегатов и устранения простоев по техническим причинам необходимо организовать оперативное и квалифицированное техническое обслуживание, включая заправку тракторов и комбайнов топливом, и устранение последствий отказов машин. Выполнение обслуживающих работ поручают звеньям технического обслуживания и непланового ремонта с обеспечением их необходимыми техническими средствами (специализированными автомобилями – мастерскими, топливозаправщиками).

Организационно-технологическими мероприятиями при уборке сахарной свеклы предусматривается организация контроля качества выполнения отдельных технологических операций уборочного процесса, и осуществляется их оценка. Рассмотренные факторы организационно-технологического критерия (ОТ), определяющего производительность свеклоуборочных агрегатов, можно отнести к внешним факторам, несвязанным непосредственно с работой агрегата.

Факторы конструктивно-эксплуатационного (К) и энергетического критерия (Э) активно влияют на производительность свеклоуборочного агрегата, что обуславливает их детальное рассмотрение и анализ при дальнейших исследованиях.

Производительность свеклоуборочного агрегата за 1 час суточного времени его работы (W_c) можно выразить на основе известной формулы [62] следующей зависимостью:

$$W_c = 0,36 \cdot n \cdot b_c \cdot V_p \cdot K_c, \quad (2.61)$$

где b_c – ширина междурядий посевов сахарной свеклы, м;

n – количество одновременно убираемых рядков сахарной свеклы;

V_p – рабочая скорость движения агрегата, м/с;

K_c – коэффициент использования суточного времени работы агрегата, учитывающий все его простои по технологическим, техническим, организационным причинам и метеоусловиям.

Согласно исследованиям автора [24] коэффициент использования суточной продолжительности работы уборочного агрегата можно представить в следующем виде:

$$K_c = \frac{1}{1 + K_{вс} + K_{нз} + K_{обс} + K_{лтл} + K_m + K_o + K_{сп} + K_{ко}}, \quad (2.62)$$

где $K_{вс}, K_{нз}, K_{обс}$ – коэффициент затрат времени на вспомогательные,

подготовительно-заключительные операции, организационно-техническое обслуживание, соответственно;

$K_{отл}, K_m, K_o$ – коэффициент затрат времени на регламентированные перерывы, простоев по метеорологическим условиям и организационным

причинам, соответственно;

$K_{cn}, K_{ко}$ – коэффициент снижения производительности из-за увеличения времени использования агрегата в течение суток и учитывающий квалификацию и стаж работы оператора, соответственно.

На уборке сахарной свеклы в хозяйствах России при использовании традиционного комплекса машин режим работы агрегатов устанавливается в зависимости от продолжительного светового дня (9-14 часов). Работу свеклоуборочных комбайнов, обслуживаемых высококвалифицированными операторами, организуют, как правило, круглосуточно.

Производительность агрегата согласно (2.62) можно повысить за счёт увеличения рядности уборочной машины (ширины захвата) и рабочей скорости движения, а также рационального использования суточного времени работы агрегата.

Первое направление повышения производительности (W_c) свеклоуборочных агрегатов реализуется использованием комбайнов различной рядности. Зарубежные фирмы производят от двухрядных прицепных комбайнов (KR-2, Juko XJ 200) до двенадцати рядных самоходных комбайнов (Agrifac ZA 215 EH, Неха 12).

Наиболее распространенными за рубежом и в России являются шестирядные самоходные или прицепные свеклоуборочные комбайны и полунавесные копатели, которые используются при всех способах уборки на посевах с преобладающей шириной междурядий равной 0,45м.

Определяющим направлением повышения производительности комбайнов является увеличение рабочей скорости движения агрегатов (V_p). В этом случае производительность свеклоуборочной машины за 1 час суточного времени можно представить в следующем виде:

$$W_c = 0,972 \cdot V_p \cdot K_c. \quad (2.63)$$

Из формулы (2.63) видно, что производительность свеклоуборочной машины определяется скоростью движения агрегата и полнотой использования времени его

работы в течение суток. Поэтому в ходе дальнейших теоретических исследований необходимо выявить и проанализировать факторы, влияющие на скорость движения агрегата время его использования в течение суток.

С учётом качественных показателей работы свеклоуборочного агрегата его производительность за 1 час суточного времени (W_c) можно определить, исходя из пропускной способности рабочих органов, на основе известной формулы [62]:

$$W_c = 0,36 \cdot q_c \cdot \beta \cdot K_c / U, \quad (2.64)$$

где q_c – секундная пропускная способность рабочих органов машины, кг/с;

U – масса пласта почвы с корнеплодами, т/га;

β – коэффициент использования ширины захвата машины (для свеклоуборочных агрегатов $\beta = 1$).

Подставляя формулу (2.64) в выражение (2.61) после некоторых преобразований получим выражение для определения пропускной способности очищающих рабочих органов свеклоуборочного агрегата:

$$q = n \cdot b \cdot V_p \cdot U. \quad (2.65)$$

По выражению (2.65) можно определить максимально возможную пропускную способность рабочих органов исходя из рядности агрегата, скорости движения и урожайности корнеплодов.

На Рисунке 2.30 представлены в графическом виде результаты численного эксперимента по определению требуемой пропускной способности рабочих органов самоходных комбайнов различной шириной захвата и рабочей скорости движения, их часовой суточной производительности, в зависимости от урожайности корнеплодов.

Пропускную способность рабочих органов свеклоуборочной машины предлагается определять, исходя из условия полного подъёма и подачи пласта почвы с корнеплодами на очистители, очистки вороха от почвы и различных примесей.

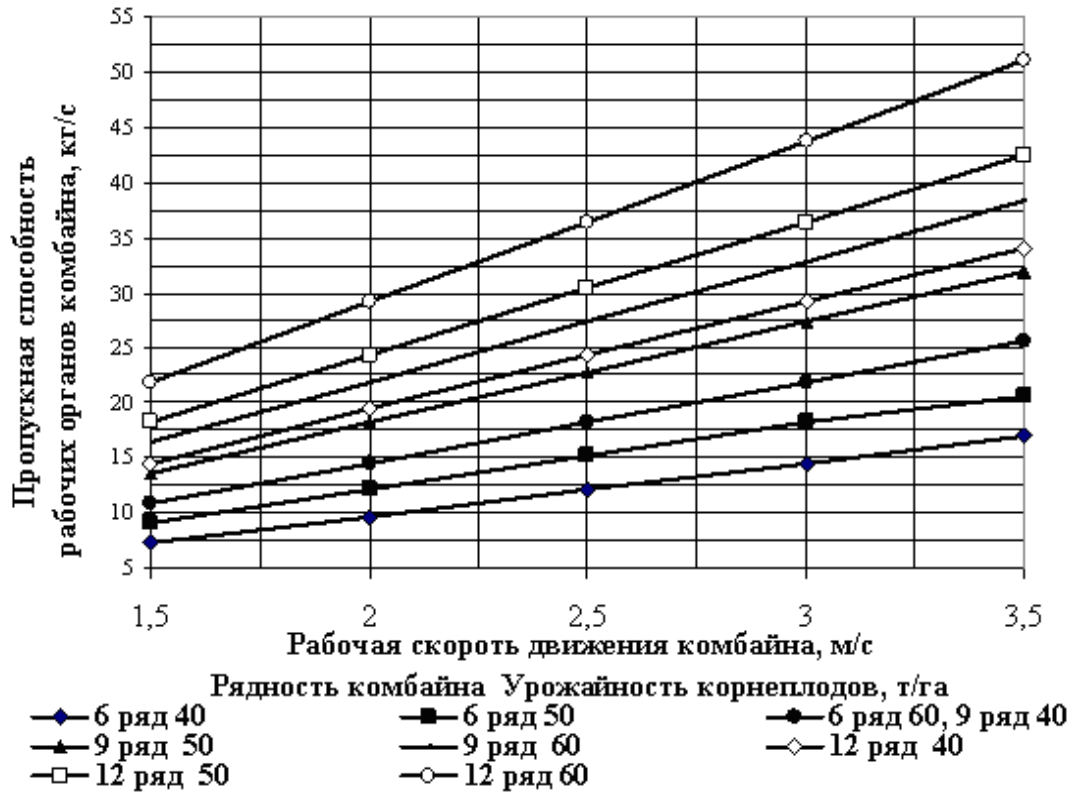


Рисунок 2.30 – Требуемая пропускная способность рабочих органов комбайна в зависимости от рабочей скорости с учётом его рядности и урожайности корнеплодов

Качественная очистка корнеплодов от примесей растительного происхождения, свободной и налипшей на них почвы достигается при условии, что каждый корнеплод должен вступить в контакт с очистительной поверхностью рабочего органа, что выполняется при их однорядном расположении на ней.

Исходя из этого условия, пропускную способность очищающих рабочих органов роторного типа можно выразить уравнением:

$$q_p = \sum_{i=1}^z m_{кн_i} \cdot \frac{\gamma_i \pi}{180} \cdot \rho_i \cdot \delta_i \cdot \omega_i \cdot \xi_i, \quad (2.66)$$

где $m_{кн_i}$ – масса корнеплодов, расположенных на прутковом кольце в один слой, кг/м²;

γ_i – центральный угол рабочей поверхности пруткового кольца, градус;

ρ_i – средний радиус пруткового кольца, м;

δ_i – толщина пруткового кольца, м;

ω_i – скорость вращения пруткового кольца, рад/с;

ξ_i – коэффициент, учитывающий использование рабочей поверхности пруткового кольца, м;

Z – количество прутковых колец.

Выбор очистителя роторного типа обусловлен наибольшим очистительным эффектом по сравнению со шнековым типом. Он менее энергоёмкий и меньше повреждает корнеплоды. Роторные очистители установлены практически на всех зарубежных свеклоуборочных комбайнах и подборщиках-погрузчиках.

В полунавесных копателях-валкоукладчиках (KR-6, KBC-6, KCH-6) предварительная очистка корнеплодов осуществляется на шнековых очистителях, которые выполняют одновременно функцию подбора корнеплодов после копачей и формирования из них валка.

Пропускную способность (q) шнековых очистителей можно определить выражением:

$$q_{ш} = m_{кп} \cdot B_{оч} \cdot Z \cdot \xi \cdot V_{нк}, \quad (2.67)$$

где $B_{оч}$ – ширина рабочего русла очистителя, м;

Z – количество очистителей, шт.;

ξ_1 – коэффициент использования площади очистительной поверхности;

$V_{нк}$ – скорость перемещения корнеплодов по очистительной поверхности, м/с.

На комбайнах с комбинированными очистительными рабочими органами (шнековыми и роторными) должно соблюдаться условие:

$$m_{кп} \cdot B_{оч} \cdot Z \cdot \xi \cdot V_{нк} < \sum_{i=1}^Z m_{кп_i} \cdot \frac{\gamma_i \pi}{180} \cdot \rho_i \cdot \delta_i \cdot \omega_i \cdot \xi_i. \quad (2.68)$$

Подставляя выражения (2.65), (2.66) в формулу (2.63) и после некоторых преобразований, с учётом выражения (2.67) получим формулу для определения рабочей скорости движения свеклоуборочного агрегата:

$$V_p = \frac{\sum_{i=1}^z m_{kn_i} \frac{\gamma_i \cdot \pi}{180} \cdot \rho_i \cdot \delta_i \cdot \omega_i \cdot \xi_i}{n \cdot b \cdot U} \quad (2.69)$$

или

$$V_p = m_{kn} \cdot B_{оч} \cdot Z \cdot \xi \cdot V_{нк} / n \cdot b \cdot U. \quad (2.70)$$

Производительность за 1 час сменного времени свеклоуборочного агрегата оборудованного:

– роторными очистительными рабочими органами

$$W_c = 0,36 \cdot K_c \cdot \sum_{i=1}^z m_{kn_i} \cdot \frac{\gamma_i}{180} \cdot \rho_i \cdot \delta_i \cdot \omega_i \cdot \xi_i / U; \quad (2.71)$$

– шнековыми очистительными рабочими органами

$$W_c = 0,36 \cdot m_{kn} \cdot B_{оч} \cdot Z \cdot \xi \cdot V \cdot K_c / U. \quad (2.72)$$

На Рисунке 2.31 представлены, в графическом виде, результаты численного эксперимента по определению часовой суточной производительности в зависимости от пропускной способности рабочих органов самоходных шестирядных комбайнов, урожайности корнеплодов при различных коэффициентах использования суточного времени.

Исходя из выражений (2.68) и (2.69) в общем виде пропускную способность рабочих органов комбайнов с учетом единиц измерения показателей входящих в формулы можно представить следующим образом:

$$q_p = 0,278 \cdot W_c \cdot U / K_c, \quad (2.73)$$

где 0,278 – переводной коэффициент.

Пропускную способность рабочих органов свеклоуборочной машины предлагается определять, исходя из условия полного подъёма и подачи пласта почвы с корнеплодами на очистители, очистки вороха от почвы и различных примесей.

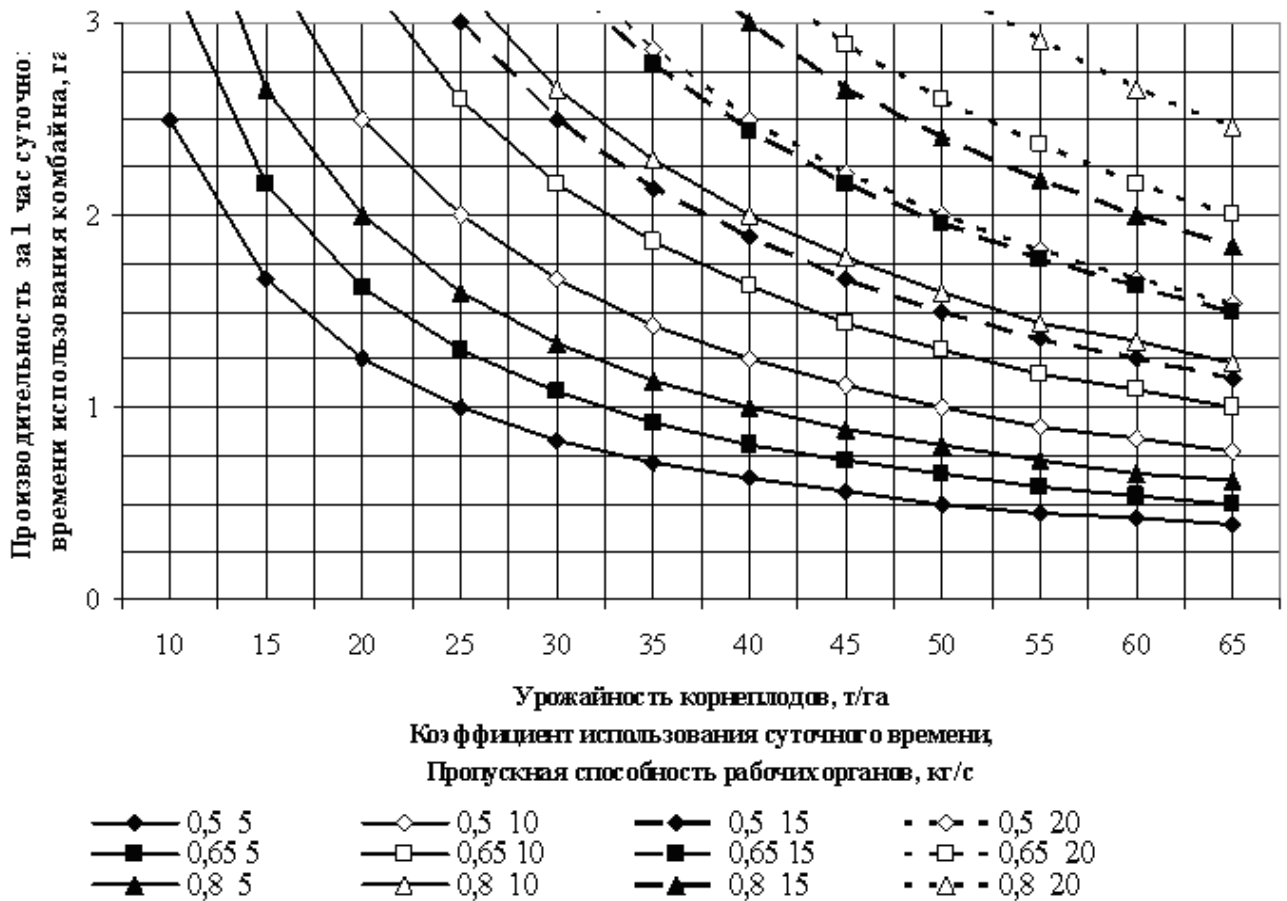


Рисунок 2.31 – Расчетная часовая суточная производительность шестирядного комбайна при различных урожайности корнеплодов, коэффициентах использования суточного времени и пропускной способности рабочих органов

Для свеклоуборочного агрегата секундная пропускная способность рабочих органов машины складывается из пропускной способности по корнеплодам, ботве и примесям (почва, растительные остатки), т.е.

$$q_c = q_{кп} + q_{бт} + q_{пр}, \quad (2.74)$$

где $q_{кп}, q_{бт}, q_{пр}$ – секундная пропускная способность рабочих органов машины соответственно по корнеплодам, ботве и примесям, кг/с.

Пропускную способность рабочих органов машины по корнеплодам ($q_{кп}$), зависящую от геометрических размеров, плотности и количества корнеплодов предлагается определять, исходя из принятой формы корнеплода в виде конуса по следующему выражению:

$$q_{кп} = 2,6 \cdot d_{кп}^2 \cdot l_{кп} \cdot \rho \cdot n, \quad (2.75)$$

где $q_{кп}$ – секундная пропускная способность рабочих органов машины по корнеплодам, кг/с;

$d_{кп}$ – диаметр корнеплода, м;

$l_{кп}$ – длина корнеплода, м;

ρ – плотность корнеплода, кг/м³;

n – количество корнеплодов поступивших на очистительные рабочие органы в единицу времени, шт./с.

Спецификой работы свеклоуборочной машины является поступление на рабочие органы вместе с убираемой массой (корнеплодов и ботвы) почвы и примесей, которые являются источниками засоренности вороха корнеплодов и ботвы. Эту засоренность предлагается характеризовать коэффициентом засоренности вороха корнеплодов (ботвы) почвой или примесями, которым можно представить выражением:

$$P = \frac{m_{нк}}{m_n - m_{н(o)}}, \quad (2.76)$$

где P – коэффициент засоренности вороха корнеплодов ботвы почвой;

$m_{нк}$ – масса налипшей на корнеплоды почвы, кг;

m_n – масса подкапываемой почвы, поступившей в машину, кг;

$m_{н(o)}$ – масса налипшей (или осевшей) почвы на рабочие органы и конструкционные элементы машины, кг.

$$U = U_{\delta} \cdot (1 + b) - \Pi, \quad (2.77)$$

где U_{δ} – биологическая урожайность корнеплодов, т/га;

b – отношение массы ботвы к массе корнеплодов, доля;

$\Pi = (\Pi_{кп} + \Pi_{\delta})$ – потери корнеплодов и ботвы, т/га.

Производительность свеклоуборочного агрегата за 1 час суточного времени с учётом выражений (2.63), (2.64), (2.66) можно представить следующим образом:

$$W_c = 0,36 \cdot \frac{[q_{kn} + q_{\bar{o}} + q_{np}(1-P)]}{[U_{kn} \cdot (1+b) - \Pi]} \cdot \beta \cdot K_c. \quad (2.78)$$

Факторами, ограничивающими скорость свеклоуборочного агрегата, являются качественные показатели работы, определяемые агротехническими требованиями, пропускной способностью рабочих органов машины и тягово-сцепными свойствами комбайна или энергетического средства.

Для выявления этих факторов сопоставим производительность свеклоуборочного агрегата за 1 час суточного времени, определённую по пропускной способности его рабочих органов с производительностью агрегата, учитывающую тягово-сцепные свойства комбайна или энергетического средства.

Последние определяются удельным тяговым сопротивлением комбайна (копателя), затратами мощности на привод его рабочих органов (в том числе от ВОМ трактора), затратами мощности на передвижение и буксование движителей свеклоуборочного агрегата. Этими факторами оценивается энергетический критерий (\mathcal{E}) производительности свеклоуборочного агрегата.

На величину тягового сопротивления свеклоуборочных агрегатов влияют не только естественно-производственные условия, но и факторы конструктивно-эксплуатационного критерия (K).

Удельное сопротивление выкапывающих рабочих органов комбайна и затраты мощности на их привод можно снизить за счёт применения вибрирующих копачей. Согласно [144] тяговое сопротивление вибрационного копача по сравнению с активным дисковым копачом меньше на 50-60 %, а пассивным диском – в 2,5-3,5 раза, что подтверждено нашими исследованиями. При вибрационном извлечении корнеплоды интенсивнее очищаются от налипшей почвы и меньше травмируются. Учитывая эти преимущества, большинство зарубежных фирм и изготовители свеклоуборочных машин оснащают вибрационными копачами выпускаемые ими самоходные и прицепные комбайны и полунавесные копатели-валкоукладчики.

Затраты мощности на передвижение агрегата зависят от сцепных свойств

двигателей комбайна или энергосредства, которые определяются состоянием поверхности, по которой перемещается агрегат (твёрдость, влажность, физико-механический состав почвы; рельеф и микрорельеф поля) и характеристиками комбайна или энергосредства и их двигателей. К последним следует отнести: массу агрегата (массу энергосредства+навесная машин; массу самоходного комбайна); тип и конструкцию двигателя энергосредства (колесный – одинарные или сдвоенные колёса, гусеничный); перераспределение нагрузки (давления) по двигателям (колесная формула – 4К2, 4К4, 6К6; длину опорной поверхности гусеницы); регулировку узлов ходовой части комбайна или энергосредства (натяжение) гусеницы; давление в шинах; регулировку подшипников колёс, натяжного колеса и поддерживающих роликов гусеницы). Режим загрузки комбайна или энергосредства оказывает влияние на затраты мощности на передвижение свеклоуборочного агрегата.

Обеспечить необходимую скорость движения свеклоуборочного агрегата при повышенной влажности почвы можно на основе повышения сцепных свойств его двигателей. Для этого целесообразно устанавливать на передних и задних осях самоходных комбайнов широкие шины (до 0,8-1,09 м), на колесные энергетические средства (ЛТЗ-155, МТЗ-1221) сдвоенные шины, и использовать гусеничные двигатели (ВТ-100ДС). Улучшению сцепных свойств двигателей способствует равномерное распределение нагрузки по осям комбайна или энергосредства. Это достигается установкой бункеров на самоходных комбайнах между осями, использованием смещаемой регулируемой колеи передних колёс до 1,8-2,0 м и задних – 2,0-2,25 м (SF-10, Terra Dos Т2, Т3) и установкой третьей оси с широкими шинами на комбайнах с большой вместимостью бункера (Euro Tiger, Big Six, Terra Dos Т4).

Исследованиями [144] установлено, что каждому данному сопротивлению рабочих органов и ходовой части машины, определяемому удельным тяговым сопротивлением (K) соответствует определенное значение тяговой мощности комбайна или энергетического средства $N_{кр} = (P_{кр} \cdot V_p)$, которая в свою очередь

является мерой производительности агрегата (W_c). Исходя из этого утверждения, производительность свеклоуборочного агрегата за 1 час суточного времени (W_c) можно представить в следующем виде:

$$W_c = \frac{0,36 \cdot P_{кр} \cdot V_p \cdot \eta_{кр} \cdot \beta \cdot K_c}{K}, \quad (2.79)$$

где $P_{кр}$ – тяговая сила на крюке энергетического средства, кН;

$\eta_{кр}$ – коэффициент использования тяговой мощности уборочной машины;

K – удельное тяговое сопротивление уборочной машины, кН/м.

С учетом тяговой силы на крюке энергетического средства и выражения (2.78) производительность свеклоуборочного агрегата за 1 час сменного времени можно представить в виде:

$$W_c = \frac{0,36 \cdot m_{эс} \cdot g \cdot (\lambda \cdot \varphi - f \cdot \cos \alpha) \cdot V_p \cdot \eta_{кр} \cdot \beta}{K_c}. \quad (2.80)$$

Приравняв выражения (2.68) и (2.70), по которым можно определить производительность свеклоуборочного агрегата и после некоторых преобразований, получим выражение для определения рабочей скорости движения агрегата (V_p):

$$V_p = \frac{[q_{кн} + q_{бт} + q_{нр}(1 - P)] \cdot K}{[U_{кн} \cdot (1 + b) - \Pi] \cdot m_{эс} \cdot (\lambda \cdot \varphi - f \cdot \cos \alpha) \cdot \eta_{кр}}. \quad (2.81)$$

Естественно-производственные условия (климатические факторы, характеристика поля, состояние почвы и свекловичных плантаций) и факторы организационно-технологического критерия влияют на использование суточной продолжительности работы свеклоуборочных агрегатов, и характеризуется соответствующим коэффициентом.

Рабочая скорость движения агрегата (V_p), для обеспечения качественной очистки вороха от связанных с корнеплодами остатков ботвы и налипшей почвы и

различных примесей, должна быть согласована с пропускной способностью очищающих рабочих органов, определяемой скоростью перемещения корнеплодов по очистительной поверхности ($V_{нк}$). При этом каждый корнеплод должен вступить в контакт с очистительной поверхностью рабочего органа, для чего корнеплоды на этой поверхности должны располагаться в один слой.

Современные самоходные, прицепные и навесные комбайны и корнеуборочные машины оборудованы, как шнековыми очистителями, которые сочетают очистительные и транспортирующие функции (комбайны, копатели и погрузчики германских, итальянских фирм и производителей свеклоуборочной техники Беларуси и России), так и роторными очистителями (комбайны и копатели французских, голландских и бельгийских фирм, а также ОАО «Азовский оптико-механический завод») сочетание шнековых и роторных очистительных рабочих органов встречается у комбайнов германских и итальянских фирм, в прицепных комбайнах, выпускаемых ОАО «Рязанский комбайновый завод».

Выбор шнековых очистителей изготовителями свеклоуборочной техники диктуется относительной простотой конструкции, возможностью совмещения в одном рабочем органе двух функций (очистительной и транспортирующей), качественной очисткой вороха от свободной и налипшей почвы и растительных остатков. Небольшое распространение шнековые очистители получили из-за сильных повреждений очищаемых корнеплодов и залипания шнеков влажной почвой (выше 24 %) и полной потерей работоспособности и влажности почвы до 28 % [172].

Скорость перемещения корнеплодов по очистительной поверхности при условии, когда шнеки транспортируют корнеплоды вдоль оси вращения с помощью винтовой навивки, можно определить по выражению [144, 172]:

$$V_{нк} = \frac{q_{оч}}{m_{кп} \cdot Z \cdot [(\pi \cdot R_{ш} + 1) - l] \cdot \zeta}, \quad (2.82)$$

где $q_{оч}$ – пропускная способность очистителя, кг/с;

$m_{кп}$ – распределенная масса корнеплодов, расположенных в один слой, кг/м²;

Z – количество встречно-вращающиеся шнеков, шт.;

$R_{ш}$ – радиус шнека, м;

l – зазор между шнеками, м;

ζ – коэффициент использования очистительной поверхности.

В полунавесных копателях-валкоукладчиках (KR-6; KBC-6, KCH-6) предварительная очистка корнеплодов осуществляется на шнековых очистителях, которые выполняют одновременно функцию подбора корнеплодов после копачей и формирования из них валка.

Рабочей поверхностью роторного очистителя служат установленные горизонтально или под некоторым углом к горизонтали диски (роторы) с закрепленными по радиусу прутками, изогнутыми в направлении, противоположном вращению.

Выбор очистителя роторного типа обусловлен наибольшим очистительным эффектом по сравнению со шнековым. Он менее энергоемкий и меньше повреждает корнеплоды [144, 172]. Роторные очистители установлены практически на всех зарубежных свеклоуборочных комбайнах и подборщиках-погрузчиках.

Скорость перемещения корнеплодов по очистительной поверхности свеклоуборочной машины, оборудованной роторными очистителями в виде прутковых колес разного диаметра, можно определить по выражению:

$$V_{нк} = \frac{180 \cdot q_{оч}}{m_{кп} \cdot \pi \cdot \left[\sum_{Z=1}^n (\delta_1 \gamma_1 \xi_1 + \delta_2 \gamma_2 \xi_2 + \dots + \delta_n \gamma_n \xi_n) \right]}, \quad (2.83)$$

где $\delta = R_k - r_k$ – толщина пруткового кольца, м;

R_k, r_k – внешний и внутренний радиус пруткового кольца, м, соответственно;

γ – центральный угол рабочей поверхности пруткового кольца, в градусах.

Как частный случай, при использовании на свеклоуборочной машине роторных очистителей с равновеликими прутковыми кольцами с одинаковой частотой вращения скорость перемещения корнеплодов по очистительной

поверхности определяется по выражению:

$$V_{нк} = \frac{180 \cdot q_{оч}}{Z \cdot m_{кн} \cdot \pi \cdot \delta \cdot \gamma \cdot \xi}. \quad (2.84)$$

На основании вышеприведенных выражений (2.64, 2.65, 2.66, 2.68) можно заключить, что производительность свеклоуборочного агрегата определяется пропускной способностью рабочих органов и качественной очисткой корнеплодов, а также тягово-сцепными свойствами энергетического средства и аналитически представить в следующем виде:

– при использовании шнековых очистителей

$$\frac{[q_{кн} + q_{бт} + q_{пр} \cdot (1 - P)] \cdot K}{[U_{кн} \cdot (1 + b) - \Pi] \cdot m_{эс} \cdot (\lambda \cdot \varphi - f \cdot \cos \alpha) \cdot \eta_{кр}} \leq \frac{q_{оч}}{m_{кн} \cdot [Z(\pi R_{ш} + l) - l] \cdot \xi}, \quad (2.85)$$

– при использовании роторных очистителей с равновеликими кольцами

$$\frac{[q_{кн} + q_{бт} + q_{пр} \cdot (1 - P)] \cdot K}{[U_{\delta} \cdot (1 + b) - \Pi] \cdot m_{эс} \cdot (\lambda \cdot \varphi - f \cdot \cos \alpha) \cdot \eta_{кр}} \leq \frac{180 \cdot q_{оч}}{Z \cdot m_{кн} \cdot \pi \cdot \delta \cdot \gamma \cdot \xi}. \quad (2.86)$$

Анализируя составляющие выражения (2.85), (2.86) можно заключить следующее. Пропускная способность рабочих органов свеклоуборочной машины являются характеристикой конструктивно-эксплуатационного критерия (K), определяющего конструктивно-технологические параметры агрегата и его производительность, которая зависит от биологической урожайности корнеплодов и ботвы, засоренности посевов сахарной свеклы сорняками и состояния вырезанного выкапывающими рабочими органами пласта почвы вместе с корнеплодами.

Биологическая урожайность корнеплодов и ботвы определяется массой корнеплодов (ботвы) и густотой насаждения растений. Масса корнеплодов определяется диаметром, длиной и плотностью.

Засоренность посевов характеризуется массой растительных примесей, которая определяется видовым составом и количеством на 1 м² поля.

В зависимости от влажности почвы вырезанный выкапывающими органами

пласт почвы вместе с корнеплодами будет находиться в разных состояниях. При повышенной влажности почвы (более 26 %) будет наблюдаться сильное её налипание на корнеплоды, рабочие органы, конструкционные элементы машины и движители энергосредства и самоходного комбайна. В этом случае снизится качество очистки корнеплодов, повысятся затраты мощности на передвижение агрегата из-за образования глубокой колеи и буксования движителей энергосредства и самоходного комбайна. При пониженной влажности почвы (менее 12 %) образуются твёрдые комья земли равновеликих размеров с корнеплодами, что повышает загрязнённость вороха корнеплодов почвой из-за невозможности разрушения комьев очищающими рабочими органами. Повышенная твёрдость почвы в этом случае практически исключает применение дисковых и вильчатых выкапывающих органов, так как они не заглубляются в почву.

Пропускная способность рабочих органов свеклоуборочного комбайна определяется конструктивно-технологическими параметрами. В частности, в корнеуборочной части комбайна эти параметры определяются типом выкапывающего органа (активные и пассивные дисковые копачи, вильчатые и вибрационные копачи) и его кинематическими режимами работы, а также глубиной подкапывания и стабильностью регулировок. На пропускную способность ботвоуборочной части комбайна или отдельной ботвоуборочной машины оказывают влияние: способ обрезки ботвы (одно-, двух стадийный); тип ботвосрезающего органа (однорядный активный дисковый нож с пассивным гребенчатым копиром; горизонтальный ротор с качающимися ножами на всю ширину машины с пассивными дообрезчиком и копиром на каждый ряд); тип доочистителя головок корнеплодов; способ транспортирования ботвы (погрузка в транспортное средство, укладка в валок, разбрасывание по полю); стабильность регулировок.

Пропускная способность очищающих рабочих органов свеклоуборочного агрегата определяется как состоянием очищаемого вороха корнеплодов, так и площадью очищающей поверхности, а также сепарирующей способностью

очищающих и транспортирующих рабочих органов. Площадь очищающей поверхности характеризуется типом и количеством очистителей, их геометрической формой и размерами. На пропускную способность существенное влияние оказывает степень использования площади очищающей поверхности.

Сепарирующая способность очищающих и транспортирующих рабочих органов определяется взаимным расположением очистителей и скоростью их вращения, типом транспортирующего органа и скоростью транспортирования корнеплодов.

Определяющим направлением повышения производительности этих комбайнов является увеличение рабочей скорости движения агрегатов (V_p).

Факторами, ограничивающими скорость свеклоуборочного агрегата, являются качественные показатели работы, определяемые агротехническими требованиями, пропускная способность рабочих органов комбайна и тягово-сцепные свойства энергетического средства при работе в сложных условиях.

На производительность и качественные показатели работы свеклоуборочных агрегатов существенное влияние оказывает человеческий фактор ($Ч$). Указанный фактор следует рассматривать с двух позиций. Во-первых, принятие управленческих решений руководителями и специалистами различных уровней по стратегии уборки (выбору методов и способов уборки, выбору метода и формы использования агрегатов, сроком и продолжительности уборки, инженерно-техническому и бытовому обслуживанию) и тактике проведения уборочных работ (разработки маршрутов движения агрегатов и суточным режимам их работы, организации выполнения предуборочных операций).

Во-вторых, квалификация и профессиональные навыки операторов, эксплуатирующих свеклоуборочные агрегаты, способствуют правильности выбора скоростного режима движения агрегата и регулировочных параметров рабочих органов машин, точному вождению агрегата по рядкам свеклы.

Квалификация и профессиональные навыки помогают оператору своевременно обнаружить и устранить технологический и (или) технический отказ уборочной машины.

На работоспособность операторов влияют условия работы (комфортабельная кабина, наличие освещения рабочих органов машин и зон их обслуживания, возможность автоматического вождения агрегата по рядкам и изменения регулировочных параметров рабочих органов, автоматическая смазка узлов машин) и соблюдение режима труда и отдыха во время работы.

К человеческому фактору следует отнести принятие правильных управленческих решений при организации и проведении работы машинно-тракторных агрегатов и комбайнов при выполнении технологических операций, материально-технического и социально-бытового обеспечения, постоянного контроля качества выполнения служебных обязанностей со стороны руководящего звена и самих операторов.

2.8 Выводы по главе

1. Определены условия рационального агрегатирования энергетического средства с сельскохозяйственными машинами, определяемого полнотой использования тягового коэффициента полезного действия.

2. Обоснована навесоспособность энергетического средства, которая обеспечивается распределением его собственной массы в статике между передней и задней осями в соотношении 60:40% и продольной устойчивостью агрегатов при задней навеске машин массой до 2920 кг. Регулированием колеи и установкой колес определенного типа и размера обеспечивается вписываемость энергетического средства в технологии возделывания и уборки сахарной свеклы.

3. Маневренность энергетического средства обеспечивается рулевым управлением путем изменения радиуса и угла поворота колёс. Определены условия статического равновесия комбинированного агрегата при силовом воздействии задне- и передненавесных машин на энергетическое средство. Снижение массы машин блочно-модульного комбинированного агрегата на посевах сахарной свеклы приводит к снижению затрат мощности на преодоление сопротивлений рабочих органов и буксования энергетического средства.

4. Обоснованы конструктивно-технологические схемы поворотного плуга и плужного корпуса с лево- и правооборачивающими лемешно-отвальными поверхностями осуществляющего гладкую вспашку. Определены параметры и условия равновесия плужного корпуса, сила тяги в зависимости от угла постановки лемеха и поворота бруса в горизонтальной плоскости. Снижение тягового сопротивления и повышение устойчивости плуга в горизонтальной плоскости достигается исключением полевой доски и компенсаций результирующей нагрузки на плужный корпус за счет боковой составляющей, действующей со стороны подрезаемого снизу пласта.

85. Теоретически определены количество и размеры ячеек на боковой поверхности высевающего диска диаметром 0,2 м, обеспечивающие поштучное заполнение ячеек капсулами и размещение на внешней окружности 16-22 ячеек диаметром 0,02-0,03 м и глубиной 0,015-0,025 м. На внешнем основании высевающего диска должно быть установлено необходимое количество сводоразрушителей определенных размеров и конфигурации.

С учетом конструктивно-режимных параметров высевающего диска: и для надежного западания капсулы в ячейку была обоснована рабочая скорость посевного агрегата. Так, при норме нормы высева капсулированных семян 5,5 шт./м и скорости агрегата 1,5 м/с высевающий диск с 16 и 22 ячейками частота его вращения не должна превышать 3,25 и 2,75 с⁻¹ соответственно.

6. Обоснована технология комбинированной обработки посевов сахарной свеклы предусматривающая совмещенное выполнение ленточного внесения гербицидов в защитную зону рядка, внекорневую подкормку по листовой поверхности и механическую междурядную обработку почвы. Теоретическая ширина обрабатываемой полосы распылителями с углами распыла от 60 до 120°, установленными на аппликаторе над листовой поверхностью на высотах от 50 до 500 мм варьирует от 50 до 1700 мм. Определены углы фронта распыла распылителей с различным факелом распыла и наклоненных под заданным углом относительно обрабатываемой полосы защитной зоны шириной 50 мм по обе стороны рядка растений и установленных на аппликаторе на различных высотах.

7. Исследованиями установлено влияние на затраты мощности при работе свеклокопателя скорости движения уборочного агрегата, твердости и влажности почвы, частоты и амплитуды колебаний вибрирующих копачей.

8. Исследованиями установлено, что на производительность уборочных агрегатов влияют естественно-производственные условия, агротехнический, энергетический, организационно-технологический, конструктивно-эксплуатационный критерии и человеческий фактор. Определяющим направлением повышения производительности агрегатов является увеличение рабочей скорости движения агрегатов с учётом качественных показателей работы, определяемые пропускной способностью очищающих и транспортирующих рабочих органов.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа исследований

Экспериментальные исследования проводили с целью выявления соответствия полученных теоретических результатов фактическим данным и уточнения показателей предлагаемых технологических операций, конструктивным параметрам, кинематических режимов макетных образцов машин и их рабочих органов.

В связи с большим разнообразием исследуемых технологических процессов (вспашка почвы, предпосевная обработка почвы, посев капсулированных семян сахарной свеклы, обработка посевов, уборка урожая), предлагаемых машин и рабочих органов (плуг, высевающие аппараты, аппликаторы для обработки посевов сахарной свеклы, вибрационные рабочие органы для выкопки корнеплодов), в работе программа и методики излагаются для каждого процесса, машины и рабочего органа отдельно.

В программу входило:

- обоснование схемы агрегатирования машин с учетом ограничений действующих вертикальных нагрузок по осям интегрального трактора, грузоподъемности шин и условий управляемости;
- исследование тяговых нагрузок при работе интегрального трактора в составе блочно-модульных комбинированных агрегатов;
- исследование устойчивости поворотного плуга в горизонтальной и вертикальной плоскостях;
- исследование качественных показателей предпосевной обработки почвы блочно-модульным комбинированным агрегатом;
- определение оптимальных конструктивно-режимных параметров высевающего аппарата для качественного посева капсулированных семян;
- определение оптимальных конструктивно-режимных параметров

аппликатора для комбинированной обработки посевов сахарной свеклы;

– исследование влияния режимных параметров вибрационных рабочих органов и условий уборки на тяговое сопротивление свеклокопателя, повреждения корнеплодов сахарной свеклы;

– проведение эксплуатационно-технологической и агротехнической оценки блочно-модульных агрегатов при производственной проверке технологии возделывания и уборки сахарной свеклы.

Методикой предусматривалось проведение лабораторных, полевых опытов и производственных испытаний.

3.2 Методика проведения экспериментальных исследований

В основу методики экспериментальных исследований были положены работы известных ученых Адлера Ю.П., Веденяпина Г.В., Доспехова Б.А., Мельникова С.В., и др. [2, 61, 93, 145] и отраслевые стандарты [СТО АИСТ]. Общая методика испытаний машин и рабочих органов дополнена частными методиками в соответствии с программой исследований.

3.2.1 Методика экспериментальных исследований блочно-модульного машинно-тракторного агрегата на базе интегрального трактора ЛТЗ-155

Экспериментальные исследования блочно-модульных машинно-тракторных агрегатов с интегральным трактором ЛТЗ-155 проводились в соответствии с ГОСТ 7057-2001 [85].

При проведении исследований определялись физико-механические свойства почвы согласно ОСТ 70.2.15 – 73 [158] с применением трехкамерного цилиндра – бура, электрического сушильного шкафа с термометром ШСС-80 и аналитических весов ВЛТК-500. Твердость почвы определялась твердомером конструкции Ю. Ревякина [180].

Агротехнические исследования проводились на черноземных почвах среднесуглинистого механического состава, на полях СПК «Голицинский» Никифоровского района Тамбовской области по общепринятым методикам.

Глубину обработки почвы определяли методом профилирования по методике, изложенной в ОСТ 10.4.1-2001 [156], а по высоте гребней между смежными следами рабочих органов определяли гребнистость дна обработанного междурядья.

Глубину заделки семян определялась согласно ОСТ 10.5.1-2000 [157] по этиолированной части растений после появления у них трех листков. Динамику всходов определяли на учетных площадках размером $0,5 \times 0,5$ м с момента их появления.

Учет урожая сахарной свеклы проводился по методу пробных площадок и сплошной уборки, согласно методике полевого опыта [93].

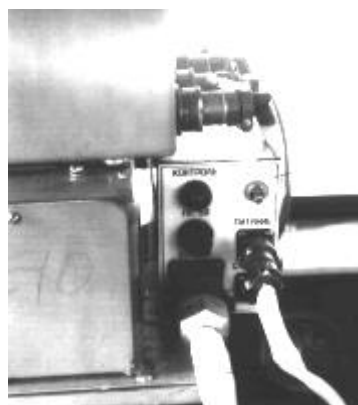
Эксплуатационно-технологические показатели работы машинно-тракторных агрегатов при хозяйственных и лабораторно-полевых испытаниях определялись в соответствии с основными положениями ГОСТ 24055-88, ГОСТ 24059-88 [81, 82].

Скорость движения машинно-тракторного агрегата фиксировалась по методике, изложенной в РД 10.2.2-89 [176].

Измерение расхода топлива во время экспериментальных исследований производилось с помощью импульсно-объемного расходомера топлива ИП-179 (Рисунок 3.1).



а) расходомер топлива,
установленный на двигателе



б) блока регистрации
расхода топлива

Рисунок 3.1 – Расходомер топлива ИП-179

3.2.1.1 Определение тяговых нагрузок интегрального трактора при работе в составе блочно-модульных машинно-тракторных агрегатов

При проведении экспериментальных исследований измерялись тягово - мощностные параметры трактора [179]:

1. Крутящие моменты на полуосях – $M_{з}^п; M_{з}^п; M_{п}^п; M_{п}^п$.
2. Частота вращения колес трактора и путеизмерительного «пятого» колеса: $n_{з}^п; n_{з}^п; n_{п}^п; n_{п}^п; n_5$.
3. Горизонтальная и вертикальная составляющие крюковой силы – $P_{кр}$ и $R_{кр}$.
4. Расход дизельного топлива за опыт.
5. Продолжительность опыта t .

Кроме перечисленных параметров, регистрировались: характеристики почвы и дороги; скорость движения агрегата, давление воздуха в шинах, температура воды и масла двигателя.

Буксование интегрального трактора определялось расчетным методом по выражению:

$$\delta = \frac{v_m - v_p}{v_m} \cdot 100 \%, \quad (3.1)$$

где v_m – теоретическая скорость трактора при движении с дифференциальным приводом на холостом ходу;

v_p – рабочая скорость трактора при движении с заблокированным приводом под нагрузкой.

3.2.1.2 Методика определения силы тяги на крюке интегрального трактора

Сила тяги на крюке трактора определялась за мерами усилий в горизонтальных тягах и вертикальных раскосах задней навески [179].

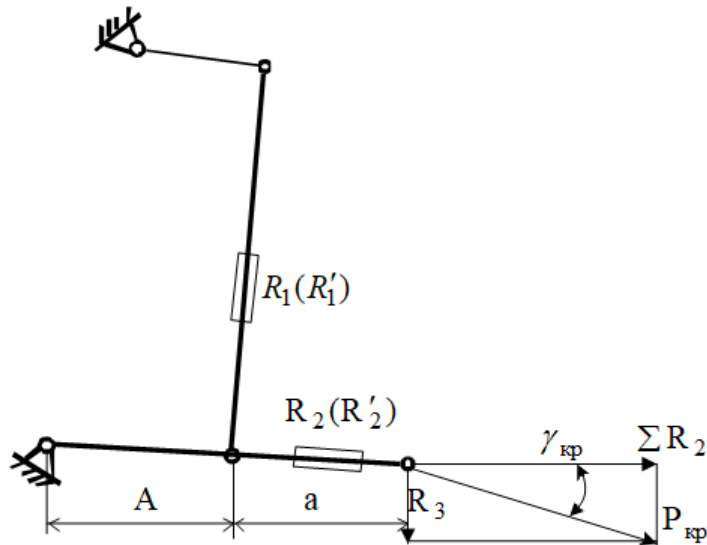
Величина силы тяги на крюке определялась по следующему выражению исходя из схемы механизма задней навески интегрального трактора, представленной на Рисунке 3.2:

$$P_{кр} = \sqrt{R_3^2 + (\sum R_2)^2}, \quad (3.2)$$

$$R_3 = \frac{\sum R_1 a}{A + a}, \quad (3.3)$$

где $\sum R_1$ – сумма сил в вертикальных раскосах;

$\sum R_2$ – сумма сил в горизонтальных тягах.



$R_1(R'_1)$ – усилие в правом и левом раскосах; $R_2(R'_2)$ – усилие в правой и левой горизонтальных тягах; A и a – геометрические размеры горизонтальной тяги; R_3 – вертикальная реакция в шарнире; $\gamma_{кр}$ – угол действия силы тяги на крюке

Рисунок 3.2 – Схема механизма задней навески интегрального трактора для измерения тяги на крюке

Угол действия силы тяги на крюке $\gamma_{кр}$ определялся по выражению:

$$\operatorname{tg} \gamma_{кр} = \frac{R_3}{\sum R_2}. \quad (3.4)$$

На Рисунках 3.3 и 3.4 представлены тензометрические тяги и раскос механизма задней навески интегрального трактора для замера горизонтальных и вертикальных усилий.



а) горизонтальная



б) верхняя центральная

в) установка
тензометрического
датчика на тягу

Рисунок 3.3 – Тензометрические тяги

Рисунок 3.4 – Тензометрический раскос для замера
вертикальных усилий

Крутящий момент коленчатого вала двигателя $M_{\text{ов}}$ определялся по ведущему моменту на полуосях трактора по следующей формуле:

$$M_{\text{ов}} = \frac{\sum_{i=1}^4 M_{\text{кино}}}{i_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{м}}}, \quad (3.5)$$

где $M_{\text{кино}}$ – крутящий момент на полуоси;

i – номер полуоси;

i_{mp} – передаточное отношение трансмиссии;

η_m – КПД трансмиссии.

Принимаем, что η_m в процессе эксперимента является величиной постоянной и не зависит от передаваемого момента.

Крутящие моменты на полуосях измерялись с помощью тензометрических полуосей (Рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Общий вид тензометрической полуоси с токосъёмниками для регистрации крутящего момента

Угловая частота вращения коленчатого вала двигателя определялась по угловой скорости вращения ведущих полуосей, которая регистрировалась на ленте осциллографа индукционными отметчиками оборотов, выполненными совместно с ртутно-амальгамными токосъёмниками ТРАК-6 по выражению:

$$\omega_{ов} = \omega_{но} \cdot i_{mp}, \quad (3.6)$$

где $\omega_{но}$ – угловая скорость вращения полуосей.

Тяговый коэффициент полезного действия интегрального трактора при установившемся движении блочно-модульного агрегата на горизонтальном участке определялся по выражению [52, 87,176]:

$$\eta_T = N_{кр} / N_e, \quad (3.7)$$

где N_e – эффективная мощность двигателя интегрального трактора, кВт.

$N_{кр}$ – крюковая мощность интегрального трактора, кВт;

При этом крюковая мощность интегрального трактора определялась по известной формуле [66] с учетом рабочей скорости машинно-тракторного агрегата:

$$N_{кр} = P_{кр} \cdot V_p, \quad (3.8)$$

где $P_{кр}$ – сила тяги на крюке интегрального трактора, кН;

V_p – рабочая скорость блочно-модульного агрегата, м/с.

Рабочая скорость блочно-модульного агрегата измерялась с помощью путеизмерительного колеса (Рисунок 3.6).



Рисунок 3.6 – Путеизмерительное колесо

Эффективная мощность двигателя интегрального трактора определялась по крутящему моменту и угловой скорости коленчатого вала по выражению:

$$N_e = M_{дв} \cdot \omega_{дв}, \quad (3.9)$$

где $M_{дв}$ – крутящий момент на коленчатом валу двигателя интегрального трактора, Н·м;

$\omega_{дв}$ – угловая скорость коленчатого вала двигателя интегрального трактора, 1/с.

Измерение крутящего момента на валу отбора мощности (ВОМ) интегрального трактора осуществлялось с помощью тензометрического вала (Рисунок 3.7).

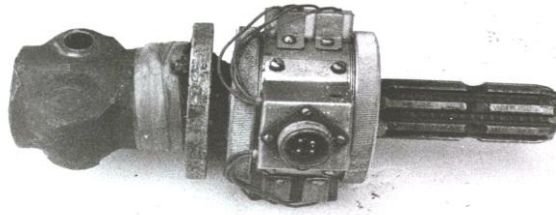


Рисунок 3.7 – Общий вид тензометрического вала

Показатели эксплуатационно-технологической оценки блочно-модульных машинно-тракторных агрегатов определялись с помощью комплекса контрольно-измерительной аппаратуры, который состоял из светолучевого многоканального осциллографа, тензометрического усилителя, блока электронных счетчиков импульсов, расходомера топлива, путеизмерительного колеса, первичных датчиков тензометрических звеньев (Рисунок 3.8) [54, 131, 199, 224].



Рисунок 3.8 – Тензометрический усилителя «Топаз» и осциллограф К20-22

Комплекс контрольно-измерительной аппаратуры позволял измерять регистрируемые показатели. Так, усилия в механизме навески: центральной тяге, вертикальных раскосах и горизонтальных тягах регистрировались на ленте осциллографа затем полученные данные обрабатывались с помощью прибора ПОБД-12 (Рисунок 3.9). При этом исключались нестандартные участки и явные выбросы на осциллограммах. Затем осциллограммы оцифровывались и записывались на гибкий магнитный диск. С применением методов математической статистики обрабатывались полученные цифровые ряды.

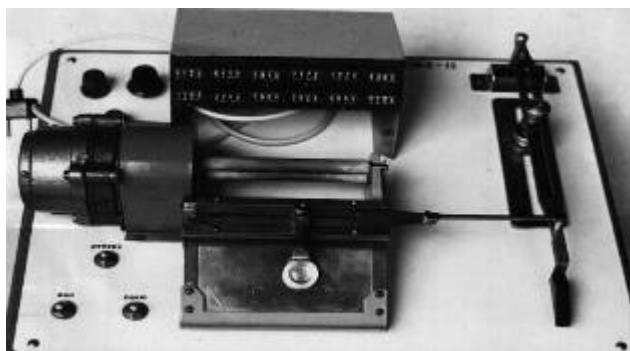


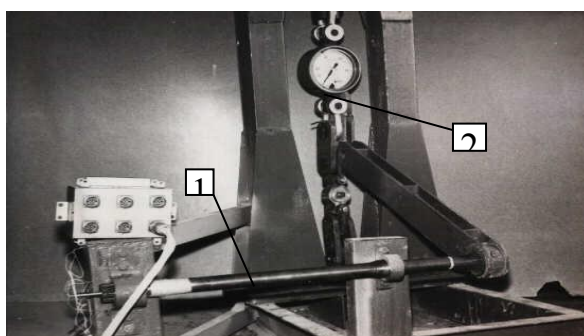
Рисунок 3.9 – Прибор ПОБД-12

3.2.1.3 Тарировка измерительной аппаратуры

Тарировка и определение погрешности средств измерения проводились перед началом экспериментальных исследований и после их завершения, согласно РТМ 70.13/29.007-88. «Научно-техническая документация по метрологическому обеспечению испытаний сельскохозяйственной техники».

При подготовке экспериментальных исследований и тарировке тензометрических звеньев учитывались возможные источники погрешностей [52, 65, 179] и принимались необходимые меры для их уменьшения.

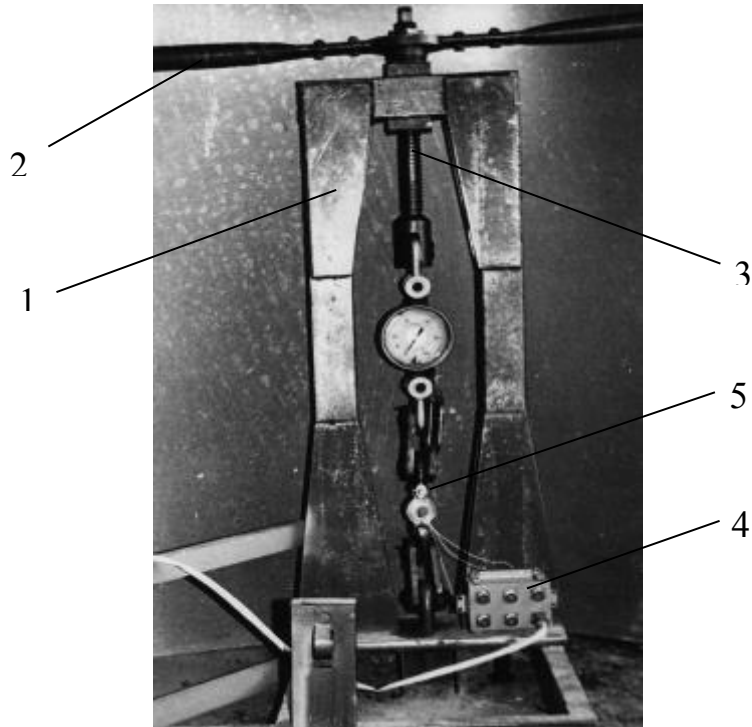
Тарировка измерительной аппаратуры осуществлялась на специальных стендах. Тарировка тензометрических валов проводилась на стенде кручения (Рисунок 3.10).



1 – полуось; 2 – динамометр

Рисунок 3.10 – Стенд для тарировки тензометрических валов

Тарировка тензоизмерительного звена проводилась на стенде (Рисунок 3.11).



1 – станина; 2 – рычаг; 3 – нагрузочное устройство;
4 – переходная панель; 5 – тензометрическое звено

Рисунок 3.11 – Общий вид стенда для тарировки тензометрического звена

Точность измерений при тарировке оценивалась по предельным ошибкам измерений. Например, погрешность величины тягового усилия складывалась из погрешности тарировки приборов, ошибки осциллографа и ошибки обработки осциллограмм. Средняя квадратическая ошибка средней арифметической величины измерения масштабных коэффициентов равна:

$$\sigma_{\mu p} = \pm \frac{\sigma_h}{\sqrt{n-1}} = \pm 0,51, \quad (3.10)$$

где $\delta_{\mu p}$ – средняя квадратическая ошибка средней арифметической измерения масштабных коэффициентов;

σ_h – среднее квадратическое отклонение ординаты.

При этом максимальная погрешность масштабных коэффициентов равна:

$$\Delta_{\mu p} = 3\sigma_{\mu p} = \pm 1,53.$$

Принимали ошибку осциллографа 1,5% и ошибку при обработке осциллограмм 1%, находили предельную относительную ошибку.

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{1,5306}{80} \cdot 100\% + 1,5 + 1 = 4,41\%.$$

Вероятную относительную погрешность определяли по формуле:

$$\rho = \frac{1}{3} \frac{\Delta P}{P} = \frac{4,4133}{3} = 1,47\%.$$

Аналогично находились погрешности для масштабных коэффициентов при тарировке тензометрических валов.

Результаты расчетов сведены в Таблицу 3.1, которые показывают достаточную достоверность величин, полученных в результате экспериментальных исследований.

Таблица 3.1 – Ошибки измерений

№ п/п	Наименование и обозначение параметра	Значения параметра	
		min	max
1	Расстояние от края борозды до края колеса трактора, α , м	0,15	0,20
2	Угол поворота рамы, α , град	35	45
3	Угол постановки лемеха к стенке борозды, γ , град	42	50
4	Ширина захвата лемеха, $b_{л}$, м	0,46	0,50
5	Глубина подрезания пласта в смежном проходе, Δ , м	0,08-0,10	0,12 0,14
6	Глубина зоны взаимного перекрытия лемехов, $\Delta_{вз}$, м	0,05-0,06	0,08-0,1

3.2.2 Методика экспериментальных исследований поворотного плуга

Экспериментальные исследования пахотных агрегатов выполнены согласно общей методике Веденяпина Г.В. [61], методик полевого опыта Доспехова Б.А. [93], Саакяна Д.Н. [182]. Используются нормативные документы: ОСТ 10.4.1-2001 [156], СТО АИСТ 4.1-2010 [194].

Условия проведения экспериментальных исследований определялись в соответствии с ГОСТ 20915-75 [80].

Изменение ширины захвата плуга осуществлялось установкой различного числа корпусов, поворотом рамы и плужных корпусов в горизонтальной плоскости. Фактическое значение ширины захвата плуга измерялось рулеткой. Глубина вспашки определялась согласно СТО АИСТ 4.1-2010 [194].

Показатели эксплуатационно-технологической оценки пахотных агрегатов определены в соответствии с ГОСТ Р 52778-2007 [88].

Энергетическая оценка проведена согласно ГОСТ Р 52777-2007 [87]. В процессе проведения экспериментальных исследований применялось тензометрическое оборудование, с помощью которого синхронно на ленте осциллографа регистрировались исследуемые параметры. Для регистрации тяговых усилий при работе пахотного агрегата использовались тензометрические датчики (Рисунки 3.3, 3.4).

Крутящие моменты на валу муфты сцепления и полуосях измерялись с помощью тензометрического вала и тензометрической полуоси с токосъёмниками (Рисунки 3.5, 3.7).

Для изучения устойчивости поворотного плуга в горизонтальной и вертикальной плоскостях, на стойках опорных колёс устанавливались тензометрические элементы для измерения горизонтальных и вертикальных реакций, воспринимаемых колёсами плуга.

Исследования проводились на макетном образце предлагаемого поворотного плуга (патент РФ №2506732) [166, 216], (Приложение А4), в котором использован принцип одновременного поворота рамы и корпусов в горизонтальной плоскости. При этом плужный корпус (патент РФ №2490844) [165] (Приложение А4) включает заблокированную конструкцию лево- и правооборачивающих поверхностей с возможностью изменения угла установкой лемеха к стенке борозды и поворота корпуса относительно вертикальной оси, что обеспечивает гладкую вспашку с переменной шириной захвата плуга.

На Рисунке 3.12 представлена конструктивно-технологическая схема предлагаемого поворотного плуга, которая была использована при разработке конструкторской документации (Приложение В14) [105,106,229]. 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 $0-30^\circ$, 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 , устанавливаемыми 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 .

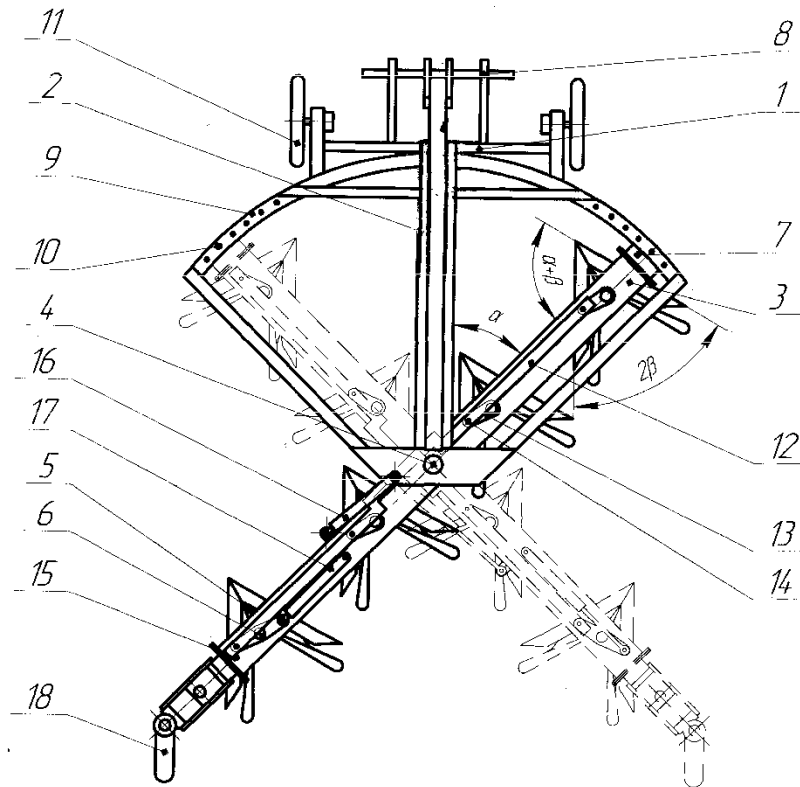


Рисунок 3.12 – Конструктивно-технологическая схема поворотного плуга

Плужные корпуса на поворотный плуг (Рисунок 3.13), установлены шарнирно на поворотный брус 1 на стойке 2 , которая выполнена в виде правильной призмы. Вверху стойки 2 закреплены ось поворота 3 , опорная площадка 4 и рычаг 5 с пальцем 6 , шарнирно соединённый со штангой 7 . К нижнему основанию посредством двух кронштейнов 9 , закреплён башмак 8 , выполненный в виде равностороннего

треугольника, через ортоцентр, которого проходит ось поворота стойки 2. На башмаке 8 по боковым сторонам закреплены, состыкованные между собой, левое и правое сёдла 10, 11, на них установлены, соединённые между собой носками, левый и правый лемеха 12, 13 и отвалы 14, 15 левого и правого оборота пласта, которые состыкованы под углом друг другу полевыми обрезами на груди 16, имеющую криволинейную режущую кромку, закреплённую к передней грани стойки 2, а к задней грани с помощью распорки 17 закреплены соединённые между собой крылья 18, 19 отвалов 14, 15.

Плужный корпус имеет комбинированную рабочую лемешно-отвальную поверхность, выполненную в виде двух плавно переходящих одна в другую поверхностей до линии *ab* (лемех 12 и часть отвала 14) по профилю цилиндрической поверхности (*Ц*), а выше линии *ab* (крыло 18 отвала 14) профиль конической поверхности (*К*) с вершиной 20 у бороздного обреза 21 отвала 14 левого оборота пласта (Рисунки 3.13, 3.14) [57, 58, 105, 106].

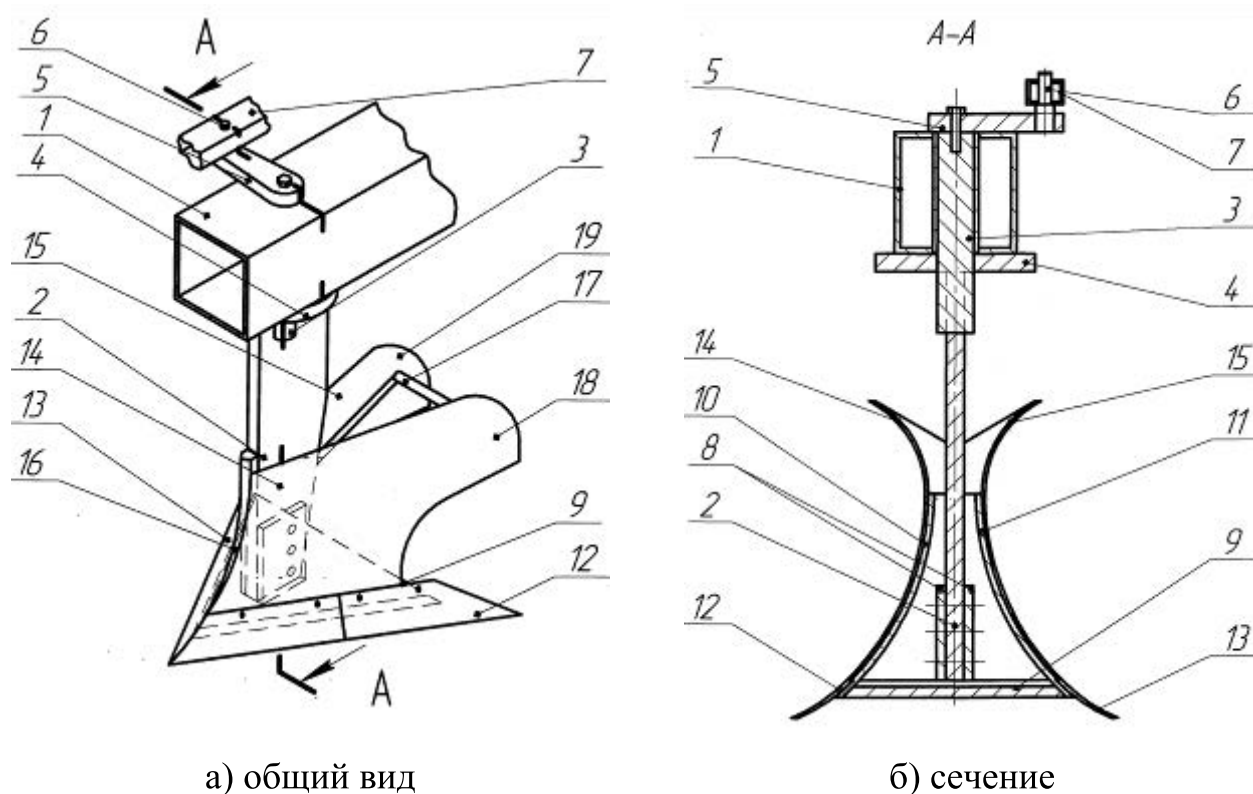


Рисунок 3.13 – Плужный корпус

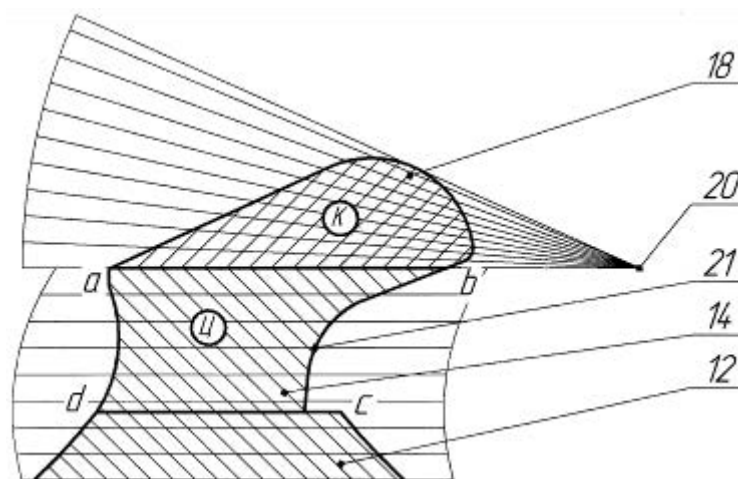


Рисунок 3.14 – Схема развертывающейся комбинированной лемешно-отвальной поверхности корпуса

Работа плужного корпуса осуществляется следующим образом. При настройке плуга на пахоту, например, с оборотом пласта влево, правые лемех *13* и отвал *15*, устанавливаются в положение параллельное направлению движения пахотного агрегата. После поворота стойки *2* по ходу часовой стрелки до фиксированного положения левые лемех *12* и отвал *14* занимают рабочее положение. При движении пахотного агрегата криволинейной режущей кромкой груди *16* плужного корпуса отделяется почвенный пласт от массива необработанного поля, а левым лемехом *12* пласт подрезается снизу и перемещается на цилиндрическую поверхность левого отвала *14*, где он оборачивается и крошится. На конической поверхности крыла *18* левого отвала *14* завершается оборот пласта и его верхняя часть укладывается на дно борозды. При движении пахотного агрегата правый лемех *13* и цилиндрическая поверхность отвала *15* препятствуют боковому смещению плужного корпуса. При этом, лемех *13* и отвал *15* уравнивают боковое давление оборачиваемого пласта почвы, а нагрузка на крылья отвалов *18* и *19* перераспределяется на стойку *2*. При работе пахотного агрегата с левым оборотом пласта правооборачивающая поверхность отвала и правый лемех воспринимают на себя реакцию стенки борозды, аналогично полевой доске

При повороте против хода часовой стрелки стойки *2* до фиксированного

положения левый лемех *12* и левый отвал *14*, устанавливаются в положение параллельное направлению движения пахотного агрегата. Правый лемех *13* и правый отвал *15* занимают рабочее положение. При работе пахотного агрегата с правым оборотом пласта левооборачивающая поверхность отвала и левый лемех воспринимают на себя реакцию стенки борозды, аналогично полевой доске.

За счет увеличения опорной площади плужного корпуса значительно снижаются смятие стенки борозды и удельная сила смятия по сравнению с полевой доской. При подрезании почвенного пласта сопротивление плужного корпуса снижается при определенном угле установки лемеха к стенке борозды.

Замена смятия почвы на трение поверхностей корпуса о стенку борозды при минимальном сопротивлении подрезания пласта обеспечивает снижение тягового сопротивления плуга при работе пахотного агрегата силой тяги, отрывающей корпус от стенки борозды.

Снижение тягового сопротивления корпуса позволит увеличить ширину захвата за счёт установки удлиненного лемеха и увеличения угла его установки к стенке борозды посредством поворота на необходимый угол.

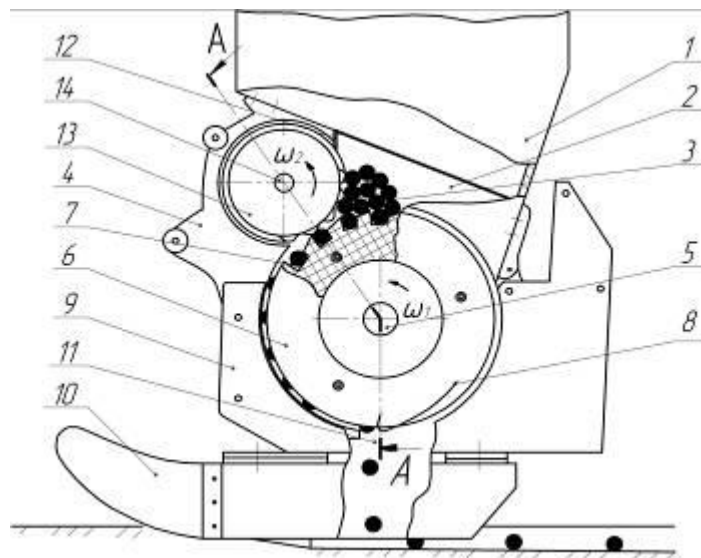
При совпадении линии тяги, действующей по линии расположения тягового бруса поворотного плуга, и продольной оси энергетического средства по направлению движения пахотного агрегата, обеспечивается устойчивость поворотного плуга в горизонтальной плоскости и исключается боковой увод за счет симметричной нагрузки на левую и правую части плужных корпусов. При этом силой тяги достаточной для отрыва корпусов от стенки борозды при минимальном трении и смятии почвенного пласта достигается динамическое равновесие поворотного плуга.

Установкой трёх опорных колёс, движущихся по невспаханному полю обеспечиваются прямолинейность движения пахотного агрегата и устойчивость поворотного плуга в вертикальной плоскости.

Изменять ширину захвата предлагаемого поворотного плуга можно установкой удлиненных лемехов или поворотом плужных корпусов в горизонтальной плоскости с изменением угла их постановки к стенке борозды.

3.2.3 Методика экспериментальных исследований высевающего аппарата для капсулированных семян

Нами предлагается конструкция запатентованного высевающего аппарата для капсулированных семян диаметром до 30 мм (патент РФ №2475012) (Приложение А2) [163]. Конструктивно-технологическая схема этого высевающего аппарата (Рисунок 3.15) была использована при разработке конструкторской документации (Приложение В14) [229].



1 – бункер; 2 – распределительная камера; 3 – капсулы; 4 – корпус; 5 – ось вращения; 6 – цилиндрический диск; 7 – ячейка; 8 – сводоразрушитель; 9 – боковая пластина; 10 – сошник; 11 – выгрузное окно; 12 – отражатель; 13 – ролик; 14 – ось

Рисунок 3.15 – Конструктивно-технологическая схема высевающего аппарата для капсулированных семян

Высевающий аппарат состоит из бункера 1 с распределительной камерой 2 для капсул 3, смонтированный на корпусе 4, на горизонтальной оси вращения 5 которого установлен цилиндрический высевающий диск 6. На боковой поверхности диска 6 с определенным интервалом выполнены цилиндрические ячейки 7, а на его внешней стороне смонтированы сводоразрушители 8. На корпусе 4 установлены отражатель 12 и ролик 13 на оси 14. Внизу корпуса 4 расположено выгрузное окно 11 и закреплен полозовидный сошник 10 на боковых пластинах 9.

Корпус 4 закреплен на параллелограммной секции рабочих органов сеялки, за которым расположены загортачи и прикатывающее колесо [109, 213].

Работа высевающего аппарата осуществляется следующим образом. Вначале процесса высева капсулы располагаются в бункере, распределительной камере и на галтели боковой поверхности высевающего диска. С помощью вращающегося ролика и сводоразрушителей, установленных на внешней стороне вращающегося высевающего диска капсулы ориентируются на галтели над ячейками диска и поочередно западают в свободные ячейки, в которых транспортируются к выгрузному окну. При прохождении ячейки над выгрузным окном капсула выпадает из неё и под действием силы тяжести падает на дно бороздки образованной сошником.

Лабораторные исследования высевающего аппарата для капсулированных семян проводились на изготовленной в лаборатории «Использования МТА» ГНУ ВНИИТиН экспериментальной установке (Рисунок 3.16).



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

Рисунок 3.16. – Экспериментальная установка для исследования высевающего аппарата

Экспериментальная установка состояла из рамы, на которую смонтирован высевающий аппарат 3, вращение его диска осуществлялось от электродвигателя с пускозащитной аппаратурой 1, через ременную передачу на редуктор 2 и

карданную передачу. Заданная частота вращения высевающего диска устанавливалась путем перестановки шкивов ременной передачи на редукторе и электродвигателе.

Через прозрачную стенку приёмной камеры проводили визуальные наблюдения за процессом заполнения семенами ячеек диска. При проведении опыта показания, полученные на тахометре ТЧ-1М/100, умножали на установленное передаточное отношение от электродвигателя к высевающему диску и определяли его окружную скорость.

Равномерность временных промежутков между двумя фронтами соседних импульсов при выпадении капсул из ячеек определялась с помощью датчика высева установленного в сошнике и приставкой к компьютеру с LPT-портом (Рисунок 3.17). При пролете капсул через пластины датчика возникал сигнал, который через приставку к компьютеру обрабатывался с помощью разработанного программного обеспечения. При этом длительность импульса определялась с точностью до одной миллисекунды.



гистограмма временных интервалов между импульсами, отображающих момент пролёта семени через чувствительные пластины датчика

Рисунок 3.17 – Экспериментальное оборудование для фиксации временных промежутков пролета капсул через датчик высева

Зафиксированные значения временных промежутков между двумя фронтами соседних импульсов пролета капсул через датчик высева отображались на компьютере в виде гистограммы (Рисунок 3.17), Полученные данные измерений накапливались в памяти компьютера. Для определения количества выпавших из ячеек капсул за фиксируемые временные промежутки, численные значения которых отображались на оси гистограммы, умножали на значения скорости движения посевного агрегата, выраженную в метрах на миллисекунду.

С некоторым допущением определенную равномерность выпадения капсул из ячеек высевающего диска можно принять за равномерность их распределения по длине рядка при отсутствии раскатывания капсул по бороздке.

По полученным данным определялась норма высева капсул на погонный метр рядка.

Отбор среднего образца капсул осуществляли в соответствии с ГОСТ 12036-85 [77].

Средние размеры капсул из выборки не менее 100 шт. определяли замером штангенциркулем ШЦ-3 каждую капсулу в нескольких плоскостях с погрешностью $\pm 0,1$ мм в трехкратной повторности и данные заносили в таблицу.

Массу 100 капсул определяли в пятикратной повторности на весах GF-200 с точностью 2 мг по ГОСТ 12036-85 (Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб. – М. Изд-во стандартов, 2004. – 10 с.).

Влажность капсул определяли по ГОСТ 12041-82 (Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения влажности. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 6 с.).

Коэффициент трения покоя капсул определяли с помощью запатентованного прибора (патент РФ № 2488094 [164]).

Прочностные свойства капсул определяли с помощью специально изготовленного прибора с применением ручного винтового пресса .

Коэффициент заполнения ячеек капсулами определяли расчетным методом отношением количества выпавших из ячеек капсул за 10 оборотов высевающего диска с определенным количеством ячеек, фиксируемые тахометром ТЧ10-Р, к суммарному количеству ячеек, проходящих над выгрузным окном за этот период.

3.2.3.1 Методика планирования многофакторного эксперимента при определении параметров высевающего аппарата

Для определения параметров высевающего аппарата для капсулированных семян применяли методику планирования многофакторного эксперимента. В качестве критерия оптимизации была принята равномерность распределения капсул по длине рядка, определенная по равномерности временных промежутков между двумя фронтами соседних импульсов при выпадении капсул из ячеек и характеризуемая коэффициентом вариации интервалов (Y).

В ходе проведения поисковых опытов была выявлена нелинейность изменения критерия оптимизации и выбраны четыре фактора. По результатам теоретических исследований и с учетом требований, предъявляемым к факторам, изложенным в [120, 145]. Были определены уровни и шаг варьирования выбранных факторов План проведения эксперимента предусматривал варьирование факторов на трех уровнях:

X_1 – частота вращения диска (интервалы: -1-1,0; 0-1,5; +1- 2,0; уровень-0,5), с⁻¹;

X_2 – количество сводоразрушителей (интервалы: -1-0; 0-2; +1- 4; уровень-2), шт.;

X_3 – радиус канавки высевающего диска (интервалы: -1-20; 0-25; +1- 30; уровень-5), мм;

X_4 – угол фаски ячейки (интервалы: -1-10; 0-20; +1- 30; уровень-10), град.

Для дальнейшего исследования была принята матрица планирования для четырехфакторных планов Бокса B_4 второго порядка.

По результатам опытов определяли коэффициенты регрессии:

$$Y = \sum_{i=1}^K \beta_i X_i + \sum_{i < j} \beta_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^K \beta_{ii} X_i^2, \quad (3.11)$$

где β_i , β_{ij} , β_{ii} – теоретические коэффициенты регрессии.

После нахождения доверительного интервала для каждого коэффициента регрессии была рассчитана по t -критерию значимость коэффициентов регрессии [84]. Гипотезу адекватности полученной математической модели проверяли по

критерию Фишера. При этом если расчетное значение F_p меньше табличного F_T , то модель адекватна [120, 145].

Далее выявляли координаты оптимума и изучали свойства поверхности отклика с помощью канонического преобразования модели.

После канонического преобразования определяли вид поверхности отклика. В результате анализа двумерных сечений оценивали изменение величины критерия оптимизации в зависимости от натуральных значений выбранных факторов.

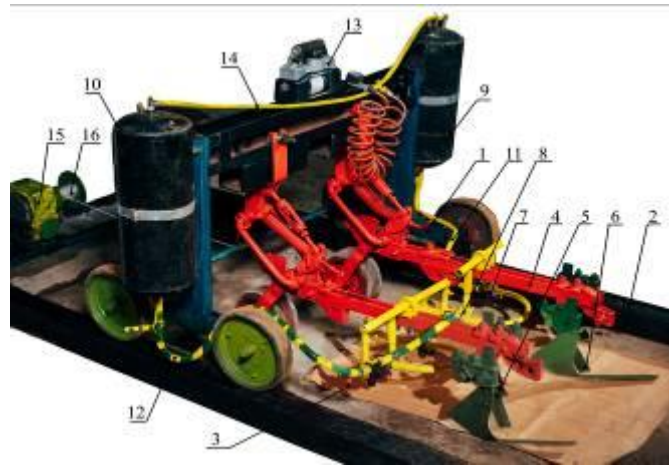
Производственную апробацию макетного образца сеялки с разработанными высевающими аппаратами для высева капсул в полевых условиях проводили по методикам изложенным в ОСТ 10.5.1-2000 [157], ГОСТ Р 31345-2007 [84] и СТО АИСТ 5.6-2010 [196].

3.2.4 Методика экспериментальных исследований культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов сахарной свеклы

3.2.4.1 Методика проведения лабораторно-стендовых исследований

Лабораторные исследования аппликаторов для внесения жидких удобрений и гербицидов, установленных на секцию рабочих органов культиватора, проводились на изготовленном в лаборатории «Использования МТА» ФГБНУ ВНИИТиН стенде, который состоял из рамы с опорными колесами (1), направляющих (2), трафарета для расстановки рабочих органов (3); секций культиватора (4), на грядилях которых установлены плоскорезущие лапы (5, 6) (Рисунок 3.18).

На раме стенда (1) смонтированы аппликаторы для внесения рабочих растворов гербицидов (7), с возможностью установки распылителей со щелевой формой распыления на фиксированную высоту относительно трафарета (3) и фиксированные углы наклона и поворота факела распыления, а для внесения рабочих растворов жидких удобрений (8) с возможностью установки распылителей со щелевой формой распыления на фиксированную высоту относительно трафарета (3) и фиксированные углы наклона и поворота факела распыления в двух плоскостях.



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 3.18 – Общий вид стенда для лабораторных исследований аппликаторов установленных на культиваторе

На раме (1) смонтированы емкости для рабочих растворов гербицидов и жидких удобрений, регуляторами давления и манометрами (9,10), которые соединены шлангами (11, 12) с распылителями (7,8). Подача воздуха от компрессора (13) в емкости (9, 10) осуществлялась по трубопроводу (14). Между направляющими (2) установлена приводная станция (15), которая тросом (16) соединена с рамой (1).

Лабораторные исследования аппликаторов на описанном стенде осуществлялись по следующей методике. На грядках секций культиватора выставляли плоскорежущие лапы в фиксированных положениях обеспечивающих заданную ширину полосы в междурядьях с учетом фазы развития растений, вида обработки и ширины защитной зоны рядка. В зависимости от предполагаемого состоянии посевов сахарной свеклы, на различных фазах развития и по схеме обработки посевов на аппликаторах устанавливали распылители, настроенные на определенные углы факела распыла и фактический расход рабочей жидкости.

Для исследований выбирались распылители с одинаковыми углами факела распыла, обеспечивающие минутный расход жидкости с отклонениями $\pm 5\%$, однородность факела распыления. При изменении давления подачи жидкости от 0,05 МПа до 0,4 МПа с шагом не более 0,05 МПа и погрешностью не более 1 % измеряли объем рабочей жидкости по ГОСТ ИСО 5682-1-2004 [86].

Исследования проводили при различных положениях распылителей с углами факела распыления от 30° до 120° относительно обрабатываемой поверхности (в нашем случае трафарета) по высоте от 10 до 50 см и, углам поворота факела распыления от 50° до 75° и его наклона от 0° до 55° .

В качестве рабочих жидкостей при лабораторных исследованиях применялась водопроводная вода, подкрашенная двухцветными инертными красителями иммитирующими гербициды и жидкие удобрения.

В нагнетательных магистралях компрессором создавалось рабочее давление и регуляторами поддерживалось в заданных пределах. Вода под давлением поступала по шлангам к распылителям для гербицидов и жидких удобрений. Корпуса распылителей выставляли в требуемое положение относительно выделенных полос на трафарете, для обеспечения заданных параметров процесса в зависимости от вида предполагаемой обработки посевов. Для имитации движения агрегата по рядкам растений стенд перемещали на опорных колесах по направляющим с помощью приводной станции.

3.2.4.2 Методика определение качества распыла при лабораторных исследованиях

Первоначальную высоту расположения распылителей над обрабатываемой поверхностью проводили относительно трафарета с выделенными полосами, ширина которых соответствовала среднему диаметру листовой поверхности и ширине защитной зоны с учетом полученных размерных характеристик растений на различных фазах развития.

Распылители для внекорневой подкормки растений устанавливали на аппликаторах над предполагаемым рядком, обозначенным на трафарете полосой так, чтобы факелы распыления покрывали всю ширину полосы. В зависимости от

фазы развития растений для качественной обработки распылители поднимали на необходимую высоту над обозначенной полосой на трафарете.

Распылители для гербицидной обработки посевов устанавливали на аппликаторах с двух сторон от оси предполагаемого рядка растений так, чтобы оба факела распыления покрывали по ширине полосу равную ширине защитной зоны рядка на определенной фазе развития растений. В дальнейшем с учетом результатов измерения ширины защитных зон распылители поднимали на необходимую высоту, наклоняли на требуемый угол относительно трафарета и поворачивали факелы распыления на определенный угол для полного покрытия раствором выделенной полосы на трафарете.

3.2.4.3 Методика проведения производственной проверки культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов

Культиватор с аппликаторами позволял вносить рабочие растворы жидких удобрений и регуляторов роста по листовой поверхности, а гербицидов с обеих сторон рядка растений в пределах защитной зоны без отложения на листьях и проводить междурядную обработку посевов на различных фазах развития растений.

Культиватор с аппликаторами был изготовлен на базе серийного культиватора КРН-5,6, оборудованный аппликаторами для внесения жидких удобрений и гербицидов, который представлен на Рисунке 3.19 [89].



Рисунок 3.19 – Культиватор с аппликаторами для точной обработки посевов сахарной свеклы

На раме культиватора, над каждой секции рабочих органов, смонтированы

дугообразные кронштейны, на которых просверлены отверстия с определенным шагом для крепления трех распылителей на разных высотах по отношению к обрабатываемой поверхности почвы и растений и направления факела распыления с наклоном под разными углами.

В зависимости от фазы развития растений с учетом их высоты и площади листовой поверхности и расстояния между растениями в рядке устанавливали распылители для внесения жидких удобрений над осью рядка на определенной высоте исходя из угла факела распыла

Схема обработки защитных зон рядка при ленточном внесении гербицидов распылители с определённым углом факела распыла устанавливали на кронштейне с двух сторон рядка растений под определёнными углами наклона корпуса распылителя и поворота факела распыла.

На раме культиватора смонтирован резервуар для рабочих растворов с двумя отсеками и гидравлическими мешалками, в верхней части которого расположена емкость для приготовления маточного раствора, насос с приводом от вала отбора мощности трактора, регулятор давления воздуха, манометр.

Конструктивно-режимные параметры макетного образца технического средства при производственной проверке изменялись в пределах:

- давление в магистралях жидких удобрений и гербицидов – 0,1-0,3 МПа;
- угол факела распыления – 30°-120°;
- угол наклона корпуса распылителя к горизонтали – 30°-90°;
- расстояние от распылителя до обрабатываемых поверхностей почвы и листьев растений – 5-50 см.

Обработку сахарной свеклы на различных фазах роста и развития растений проводили по следующим схемам:

1. В фазе первой пары настоящих листьев проводилась междурядная обработка на глубину 5 см с одновременным внесением по листовой поверхности регуляторов роста и микроудобрений. При этом обеспечивались защитная зона рядка – 80-100 мм и ширина зоны механической обработки – 370-350 мм.

2. В фазе второй и третьей пары настоящих листьев проводилась

междурядная обработка односторонними плоскорежущими лапами с одновременным внесением по листовой поверхности баковой смеси (регуляторы роста + фунгициды + инсектициды) и обработка защитной зоны рядков (120-150 мм) гербицидами с инсектицидами. При междурядной обработке ширина полосы составляла 330-300 мм.

3. До смыкания листьев в рядках проводилась междурядная обработка односторонними плоскорежущими лапами и одновременное внесение по листовой поверхности баковой смеси (регуляторы роста + микроудобрения + инсектициды + фунгициды) и обработка защитной зоны рядков гербицидами с фунгицидами. При этой обработке посевов на культиватор устанавливали стеблеотводы.

Подготовка культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов к производственной проверке осуществлялась в соответствии с требованиями ГОСТ ИСО 5682-1-2004 [86] и ГОСТ Р 53053-2008 [89].

Перед запуском в работу культиватора с аппликаторами устанавливали расчетное давление в магистралях, соответствующее минутному расходу распылителей для гербицидов и жидких удобрений, и настраивали на заданную норму расхода рабочих растворов. Замеры фактического минутного расхода рабочих растворов через распылители проводили по известной методике. При этом определяли средние значения расхода жидкостей и отклонения от расчетных показателей, которые по агротехническим требованиям не должны превышать 10% .

Предварительно высоту расположения распылителей над обрабатываемой листовой поверхностью устанавливали по среднему диаметру и ширину защитной зоны рядка исходя полученных по результатам определения размерных характеристик растений на различных фазах развития.

С учетом ширины обрабатываемой полосы, высоты растений и диаметра листовой поверхности устанавливали распылителей при ленточном внесении гербицидов на фиксированную высоту относительно поверхностей почвы и листьев с возможностью их поворота вокруг горизонтальной и вертикальной осей на фиксированные углы.

Междурядную обработку культиватором проводили в зависимости от фазы

роста и развития сахарной свеклы и состояния посевов. Обработанная полоса при междурядной обработке перекрывала ширину защитной зоны рядка растений при гербицидной обработке.

Качество междурядной обработки посевов сахарной свеклы культиватором определяли на учетных делянках длиной 25-50 м, шириной, равной ширине захвата агрегата по СТО АИСТ 4.3-2010 [195].

3.2.5 Методика экспериментальных исследований свеклокопателя с вибрационными копачами

Экспериментальные исследования вибрационных копачей свеклокопателей проводили на шестирядном навесном копателе-валкоукладчике КВС-6, изготовленном на Казанском ОКБ «Союз», который агрегатировался с интегральным трактором ЛТЗ-155 (Рисунок 3.20) (Приложения В3, В6).



Рисунок 3.20 – Копатель-валкоукладчик КВС-6 в агрегате с трактором ЛТЗ-155

Копатель-валкоукладчик содержал измельчитель, состоящий из вала, с закрепленными металлическими пластинами с режущими кромками, шнекового транспортера и лотка с опорными планками, очистителя с резиновыми билами, полозковых дообрезчиков, выполненные в виде шарнирного устройства с подпружиненной копирной решеткой и ножами, копателей, установленные на

стойках, транспортирующего вала, валкового механизма, выполненный в виде шнеков с разноправленными витками.

Привод механизмов копателя-валкоукладчика осуществлялся от вала отбора мощности трактора. Для направленного движения копателя по рядкам сахарной свеклы на его раме установлено устройство, которые при отклонении движения уборочного агрегата от направления рядков, световым сигналом от фонарей предупреждало оператора о необходимости корректировки направления движения копателя.

Работа уборочного агрегата с навешенным на заднюю навеску трактора ЛТЗ-155 копателем-валкоукладчиком КВС-6 и повернутым на 180° постом управления осуществлялась следующим образом. При движении трактора задним ходом по рядкам сахарной свеклы вращающимся валом измельчителя с металлическими пластинами срезалась и измельчалась ботва и шнековым транспортером подавалась на ботвошвырятель, которым укладывалась в продольный валок. Резиновыми билами очистителя удалялись остатки ботвы с обрезанных корнеплодов. Благодаря вертикальной вибрации копачей вызываемой колебательными движениями эксцентрикового механизма и возможностью бокового перемещения корнеплоды извлекались из почвы и транспортирующим валом подавались на валковый механизм. За счет разнонаправленной навивки витков шнеков корнеплоды формировались в продольный валок шириной 60-70 см. На следующей стадии уборки подборщиком-погрузчиком агрегате с колесным трактором корнеплоды подбирали из валка и загружали в кузов рядом идущего транспортного средства.

Экспериментальные исследования свеклокопателя с вибрационными копачами выполнялись на свекловичном поле в СПК «Голицинский» Никифоровского района Тамбовской области.

Крутящие моменты на валу отбора мощности трактора и приводных валах копателя определялись с помощью тензометрического вала (Рисунки 3.5, 3.7).

Тяговое сопротивление копателя-валкоукладчика замерялось с помощью тензометрической рамки с кольцевыми тензометрическими звеньями и

тензометрическими пальцами.

Расход топлива измерялся расходомером топлива ИП-179 (Рисунок 3.1).

При проведении экспериментов на ленте осциллографа синхронно регистрировались: крутящие моменты на валах, амплитуда и частота колебаний пропорционально сигналам датчиков, отметки времени пройденного пути, тяговое сопротивление, расход топлива и частота вращения вала двигателя.

Показатели условий испытаний определены согласно ГОСТ 20915-75, РД 10.8.6-90, [80, 177], а эксплуатационно-технологическая оценка проведена по ГОСТ 24055-88 [81].

Повреждения и потери корнеплодов при уборке фиксировались по методике, изложенной в РД 10.8.6-90 [177].

Показатели энергетической оценки копателя-валкоукладчика определены согласно ГОСТ 7057-81 [85] и РД 10.2.2.89 [176].

3.2.5.1 Планирование многофакторного эксперимента при изучении повреждений корнеплодов и тягового сопротивления свеклокопателя

В результате проведенных теоретических исследований процесса вибрационного извлечения корнеплодов и затрат мощности при колебательном движении копача за критерии оптимизации приняты: повреждение корнеплодов и сопротивление движению уборочного агрегата.

Режимы работы вибрационных копачей свеклокопателей типа КВС-6 (частота, амплитуда) существенным образом влияют на затраты мощности, которые особенно заметны при колебаниях твердости и влажности почвы, и скорости движения уборочного агрегата.

При оптимизации режимов работы вибрационных копачей применяли методику планирования многофакторного эксперимента [120, 145].

По результатам поисковых исследований был выбран план проведения пятифакторного эксперимента, определены уровни и шаг варьирования факторов.

Для исследований были выбраны следующие факторы:

X_1 – скорость поступательного движения уборочного агрегата, м/с;

X_2 – твердость почвы, МПа;

X_3 – частота продольных колебаний вибрационного копача, с⁻¹;

X_4 – амплитуда продольных колебаний вибрационного копача, мм;

X_5 – влажность почвы, %.

Физический смысл указанных факторов заключается в следующем. Фактор X_1 характеризует динамику движения уборочного агрегата; X_3 , X_4 – динамику колебаний рабочего органа копателя, X_2 , X_5 – состояние почвы.

Недостаточные исследования уборочного процесса при использовании свеклокопателя с вибрационными копачами определили выбор указанных факторов и их влияние на принятый критерий оптимизации

В процессе проведения исследований амплитуда и частота продольных колебаний копача изменялись сменой вибратора с различным эксцентриситетом и частотой вращения вала отбора мощности трактора.

После получения адекватной математической модели и оценки коэффициентов регрессии, по методике, изложенной в подразделе 3.2.3.1, определяли вида поверхности отклика и анализировали её с помощью двумерных сечений.

3.3. Методика обработки и анализа полученных данных

Обработка результатов исследований полученных в ходе проведенных экспериментов были осуществлена с применением методов статистической оценки [181]. Были определены среднеарифметические значения, средние квадратические отклонения и коэффициенты вариации исследуемых параметров.

Для анализа факторов влияющих на качественные и энергетические показатели изучаемых технологических процессов и машин была принята математическая теория планирования эксперимента, которая предусматривала построение математических моделей различных управляемых процессов, что позволяло значительно уменьшить количество проводимых экспериментов. [120, 145]. Математическая модель представляется в виде уравнения регрессии, которая позволяет оценить долю влияния каждого фактора и их взаимодействия на

критерий оптимизации исследуемого процесса.

По компьютерной программе «Statistica» рассчитывались коэффициенты уравнений регрессии полученных математических моделей исследуемых процессов, статистическая оценка которых проводилась методами регрессионного анализа.

Адекватность построенных математических моделей и значимость коэффициентов регрессии проверялась по F -критерию Фишера и t -критерию Стьюдента соответственно, значения которых принимали для 5-ти процентного уровня значимости при конкретном, зависящем от плана эксперимента, числе степеней свободы.

Проверялась гипотеза об однородности дисперсий по G -критерию Кохрена,

Гипотезу о воспроизводимости результатов измерений и об однородности дисперсий проверяли при 5-ти процентном уровне значимости. При этом критическое значение рассматриваемого критерия находили по таблице, приведенной в [145], при числе степеней свободы $(m-1)$ и сумме всех дисперсий $(N-1)$. В случае если расчетное значение критерия Кохрена оказывалось меньше табличного значения гипотезу об однородности дисперсий и воспроизводимости результатов принимали.

3.4 Выводы по главе

Разработаны и изготовлены макетные образцы лабораторно-стендового оборудования и технических средств: для исследования блочно-модульных машинно-тракторных агрегатов на базе интегрального трактора ЛТЗ-155 и его тягово-мощностных характеристик; определения оптимальных конструктивно-режимных параметров и исследования их влияния на качество посева высевающим аппаратом для капсулированных семян и точной обработки посевов сахарной свеклы культиватором с аппликаторами; исследования влияния кинематических параметров свеклокопателя с вибрационными копачами на повреждения корнеплодов и тяговое сопротивление; проведения эксплуатационно-технологической оценки блочно-модульных агрегатов на базе интегрального энергетического средства при производственной проверке отдельных

технологических операций при возделывании и уборке сахарной свеклы.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

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

При движении пахотного агрегата с поворотным плугом его передние и заднее колеса перемещаются по вспаханному полю, что обеспечивает устойчивость плуга в вертикальной плоскости и равномерные минимальные нагрузки на каждое колесо.

Экспериментальными исследованиями определены горизонтальные составляющие тягового усилия в тягах навески энергетического средства и вертикальные реакции на опорные колёса поворотного плуга [16, 105,106,111]. На Рисунках 4.1, 4.2 представлены зависимости изменения вертикальных реакций на опорные колёса поворотного плуга и горизонтальных составляющих тягового усилия в тягах навески энергетического средства.



Рисунок 4.1 – Зависимость изменения вертикальных реакций на опорные колёса поворотного плуга от скорости движения пахотного агрегата

Анализ зависимостей, представленных на Рисунке 4.1, свидетельствует об увеличении вертикальных нагрузок на опорные колёса плуга с 1,24 до 1,44 кН (с

коэффициентом вариации не более 6-8%) при увеличении скорости движения пахотного агрегата с 2,1 до 2,7 м/с. Это подтверждает положение о равномерности распределения нагрузки на опорные колёса и сохранении устойчивости поворотного плуга в горизонтальной плоскости. Устойчивость движения плуга по полю обеспечивает равномерную глубину вспашки. При работе плуга, например, с правым оборотом пласта, обеспечивается устойчивость его движения без смещения в сторону не вспаханного поля.

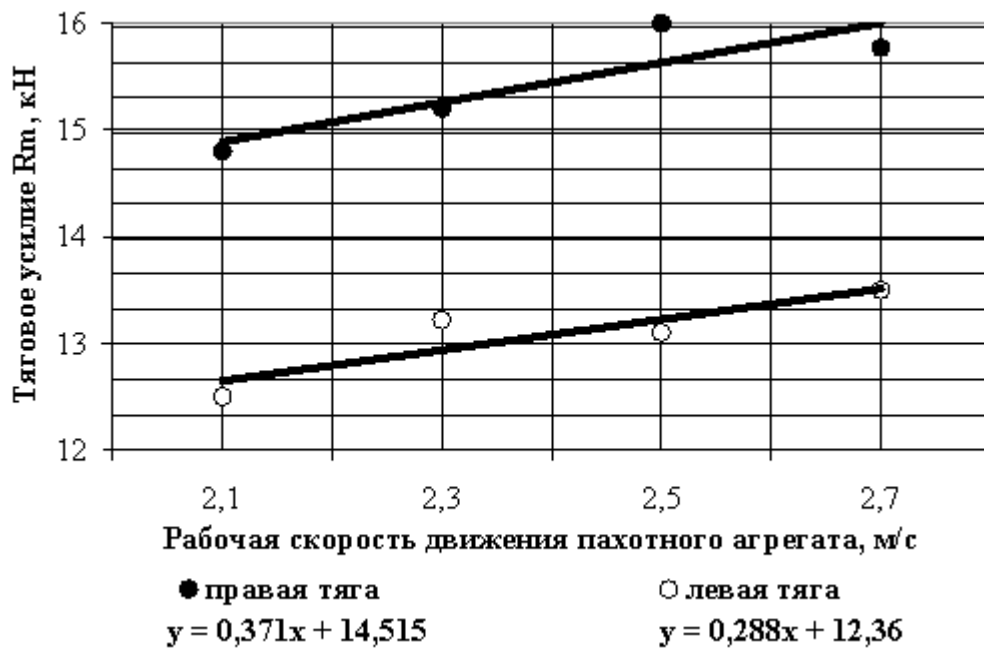


Рисунок 4.2 – Зависимость изменения горизонтальных составляющих тягового усилия в тягах навески энергетического средства от скорости пахотного агрегата

Анализ зависимостей, представленных на Рисунке 4.2, свидетельствует о том, что при увеличении скорости движения пахотного агрегата с 2,1 до 2,7 м/с величины горизонтальных составляющих тягового усилия в левой тяге и правой тягах задней навески энергетического средства изменяются не значительно. При движении энергетического средства со смещением относительно стенки борозды увеличиваются нагрузки на первый плужный корпус, что приводит к небольшому в пределах 6,4-9,6 % к увеличению тягового усилия в правой тяге по отношению к левой тяге.

Как видно из Рисунка 4.3 при увеличении скорости движения пахотного

агрегата и угла постановки лемеха плужного корпуса к дну борозды увеличивается удельное тяговое сопротивление [16].

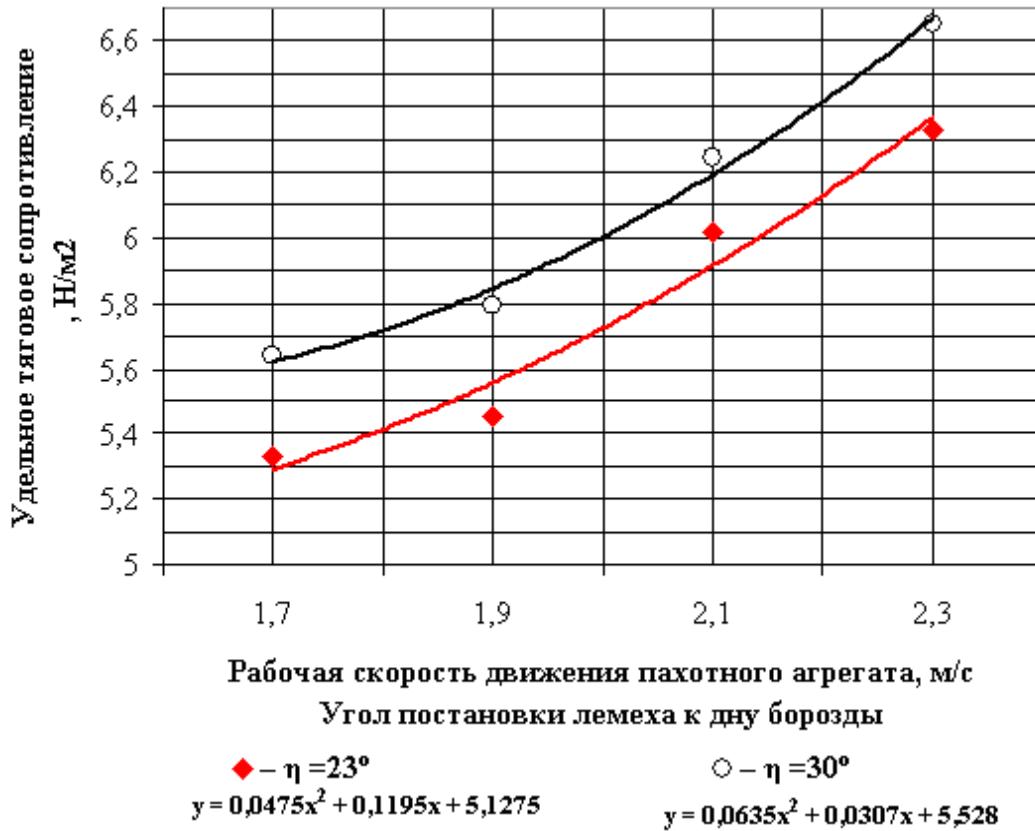


Рисунок 4.3 –Зависимость изменения удельного тягового сопротивления поворотного плуга от скорости движения пахотного агрегата при различных углах постановки лемеха к дну борозды

Увеличенная площадь опорной поверхности комбинированного корпуса поворотного плуга по сравнению с площадью полевой доски установленной на плужном корпусе классического плуга приводит к уменьшению смятия стенки борозды. При увеличении ширины захвата плужного корпуса на 10 % уменьшается на 10-13 % тяговое сопротивление поворотного плуга.

Экспериментальными исследованиями пахотного агрегата с поворотным плугом установлено, что с увеличением ширины захвата плуга и рабочей скорости агрегата с 2,6 до 2,95 м/с увеличивалась тяговая мощность энергетического средства с 67 до 75 кВт при коэффициенте использования мощности двигателя равным 0,9-0,95 [16, 105,106,111].

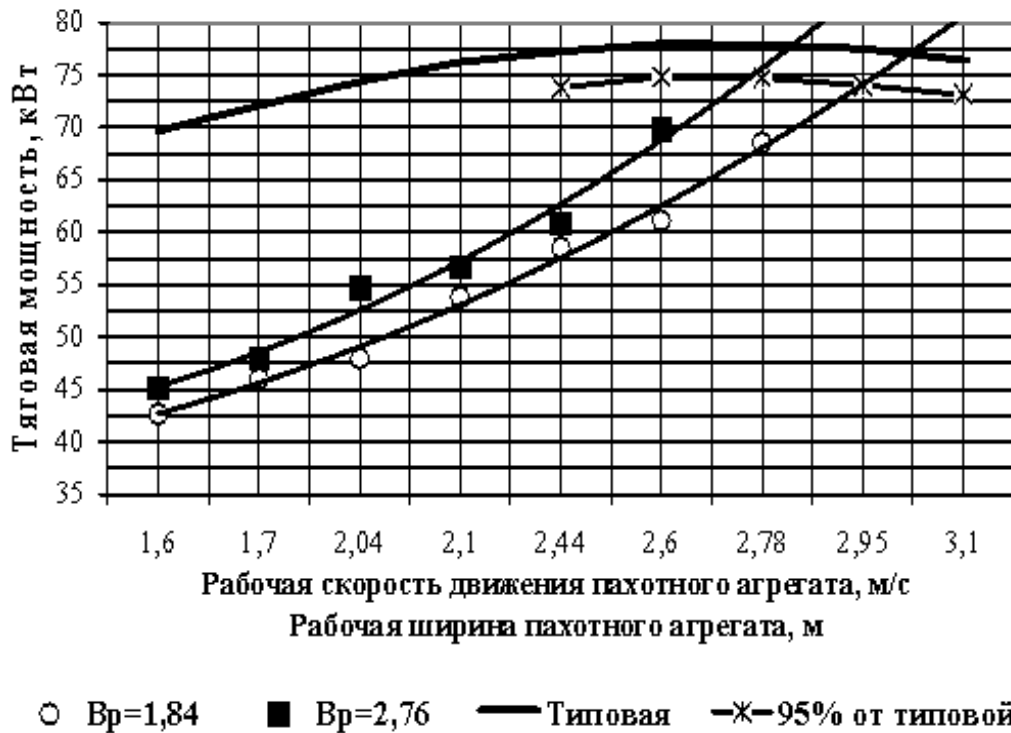


Рисунок 4.4 – Тягово-мощностные показатели работы пахотного агрегата с поворотным плугом

Повышение рабочей скорости движения пахотного агрегата и коэффициента использования времени смены на 26,7% приводило к увеличению его производительности на 10-12 %, а уменьшение тягового сопротивления поворотного плуга на 12,5% снижало на 6% удельный расход дизельного топлива [204].

4.2 Результаты исследований блочно-модульных агрегатов для предпосевной обработки почвы

Экспериментальными исследованиями блочно-модульных агрегатов используемых на предпосевной обработке почвы установлено, что после обработки комбинированным агрегатом АКШ-6Г гребнистость поверхности почвы составила 9-12 мм, а культиватором КРШ-8,1Г достигала 21-31 мм [206]. Крошение почвы после предпосевной обработки комбинированным агрегатом АКШ-6Г составило 97-98 %, что на 10 % больше по сравнению с обработкой культиватором КРШ-8,1Г (рисунок 4.5).. Плотность почвы после обработки сравниваемыми агрегатами АКШ-6Г и КРШ-8,1Г составила соответственно. 1,28-1,3 и 1,03-1,06 г/см³.

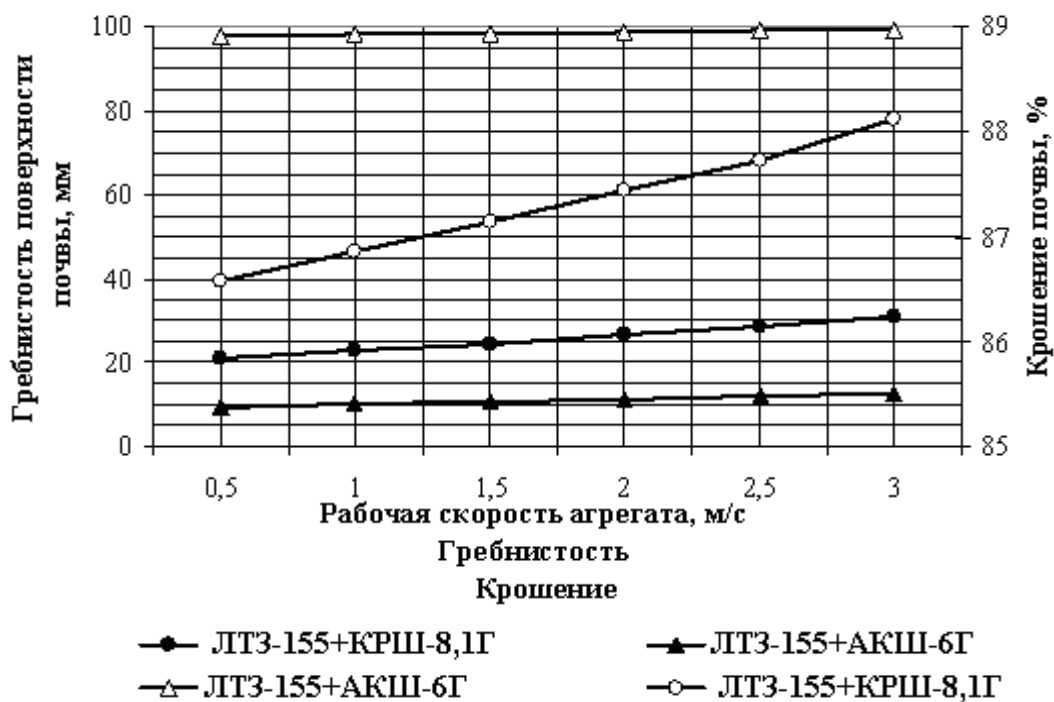


Рисунок 4.5 – Зависимость изменения гребнистости поверхности почвы и крошения после обработки блочно-модульными агрегатами для предпосевной обработки почвы

Из анализа зависимостей, представленных на Рисунке 4.5, видно, что гребнистость поверхности почвы и её крошение после обработки комбинированным агрегатом АКШ-6Г при увеличении рабочей скорости движения изменяются незначительно. При этом достигается равномерная глубина обработки почвы.

По результатам государственных испытаний комбинированного агрегата АКШ-6Г, проведенных Центрально-Черноземной машиноиспытательной станцией при непосредственном участии автора были получены следующие результаты [174]. Влажность почвы на опытном поле во время испытаний составляла 9,54-16,7 %, а твердость 0,68-1,18 МПа. После прохода агрегата при глубине обработки в 7,7 см гребнистость поверхности почвы составляла 0,9 см, а крошение почвы фракций до 35 мм - 98,32%. При этом было достигнуто 100 % подрезание сорных растений.

По результатам эксплуатационно-технологической оценки комбинированного агрегата АКШ-6Г с интегральным трактором ЛТЗ-155 при скорости движения 9,8 км/ч, глубине обработки 7,84 см и ширине захвата 5,8 м производительность за

час эксплуатационного времени составляла 4,33 га при коэффициенте использования сменного времени 0,76. Удельный расход топлива за время сменной работы составил 5,12 л/га [174]. Тяговое сопротивление агрегата АКШ-6Г при движении на указанных скоростях составляло от 18,70 до 19,77 кН при загрузке двигателя по мощности 0,64-0,89 (Приложения В1, В4, В5).

Экспериментальными исследованиями была установлена доля семян, расположенных на заданной глубине заделки после предпосевной обработки почвы агрегатом АКШ-6Г, которая в зависимости от рабочей скорости агрегата составляла 90-99%, а после обработки культиватором КРШ-8,1Г была меньше. (Рисунок 4.6). С увеличением скорости движения посевного агрегата ЛТЗ-155+СТВС-18 глубина заделки семян варьировала незначительно, что способствовало равномерному распределению всходов сахарной свеклы.

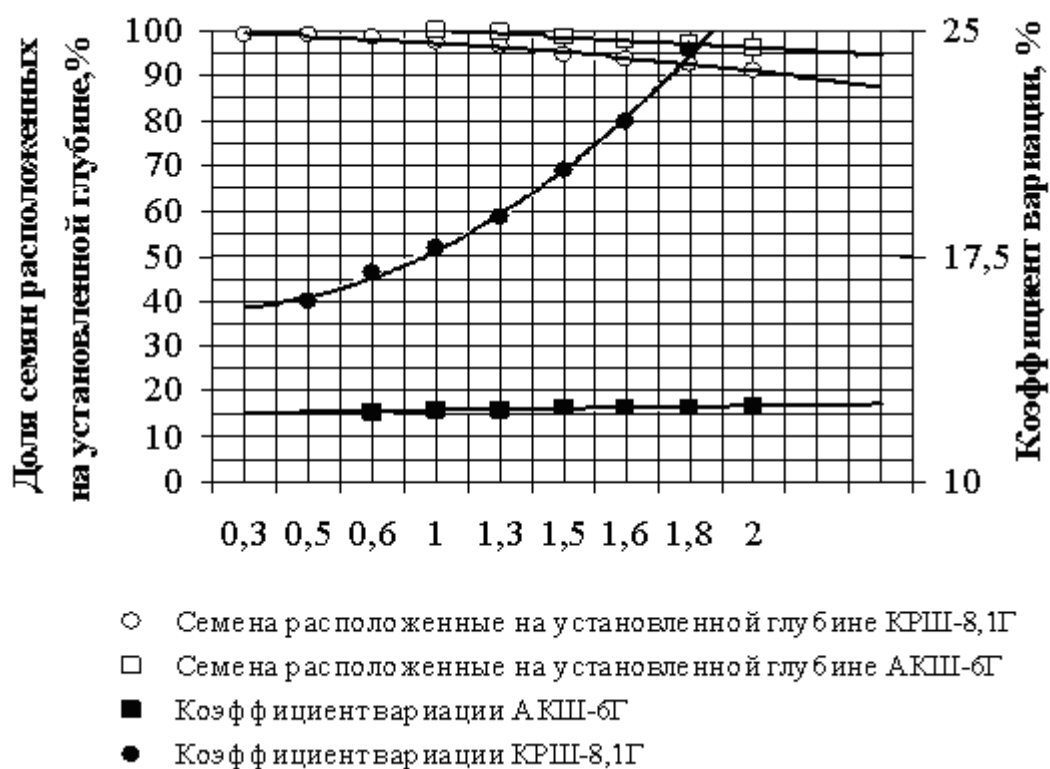


Рисунок 4.6 – Распределение семян сахарной свеклы на установленной глубине заделки после проведенной предпосевной обработки агрегатами ЛТЗ-155+КРШ-8,1Г и ЛТЗ-155+ АКШ-6Г

Анализ показателей эксплуатационно-технологической оценки используемых на предпосевной обработке почвы и посеве сахарной свеклы (Таблица 4.1) показал, что при работе посевного агрегата по предварительно

обработанной почве комбинированным агрегатом повышается его производительность на 17,5 % и снижается удельный расход топлива на 11,6%.

Таблица 4.1 – Показатели эксплуатационно-технологической оценки блочно-модульных агрегатов для предпосевной обработки почвы и посева сахарной свеклы [203, 204]

Технологические операции и состав агрегата	Производительность за час сменного времени, га/ч	Расход топлива, л/га	Урожайность сахарной свеклы, т/га
Предпосевная обработка почвы: КРШ-8,1Г+НП-5,4А+ЛТЗ-55+КРШ-8,1Г ЛТЗ-155+АКШ-6Г	4,5	5,4	
	4,37	4,4	
Посев сахарной свеклы ЛТЗ-55+СТВС-8: после обработки почвы культиватором КРШ-8,1Г после обработки почвы агрегатом АКШ-6Г	3,3	3,28	32,9
	4,0	2,94	41,2

Использование комбинированного блочно-модульного агрегата АКШ-6Г позволило добиться выровненной поверхности почвы с равномерная плотностью, которые положительно повлияли на равномерность распределения семян на установленной глубине заделки, что позволило получить равномерные всходы сахарной свеклы. В конечном итоге высокое качество предпосевной обработки почвы позволило повысить урожайность сахарной свеклы на 20-30% и снизить на 18,6% удельный расхода топлива [174].

4.3 Результаты исследований сеялки на посевах капсулированных семян

4.3.1 Результаты исследований размерно-массовых характеристик и фрикционных свойств капсулированных семян

При разработке высевающего аппарата и обосновании его конструктивных параметров учитывались размерно-массовые характеристики капсулированных семян изготовленных методом окатывания во 2 вращающемся барабане. Измерения капсул проводились по диаметру во взаимно перпендикулярных плоскостях, который варьировал от 18,1 до 22,8 мм, а средний диаметр составлял 19,2-20,0 мм. Взвешиванием была определена масса капсул влажностью 5-7%,

среднее значение которой было 4,46 г. Объемная масса капсул составляла 524 кг/м³. Был определен угол естественного откоса капсул, среднее значение которого равнялось 19,6°. При приложенном усилии в 1,36кН сохранялась целостность капсул (Приложение Б3) [18, 27].

На материалах, из которых изготовлены детали высевяющего аппарата. И почве исследовались фрикционные свойства капсул. Так, коэффициент трения покоя капсулированных семян по стали неокрашенной и окрашенной, полистиролу варьировал в пределах 0,326-0,367 в зависимости конфигурации поверхности капсул отличной от шаровидной формы, их размеров и шероховатости. При определении коэффициент трения покоя капсулированных семян о поверхность почвы применялся распространенный в Тамбовской области тип почвы обыкновенный чернозем. При исследованиях применялась почва с различной влажностью от 15 до 30%, при которой коэффициент трения покоя капсулированных семян варьировал от 0,213 до 0,393. Коэффициент трения покоя капсул по почве при повышении её влажности увеличивался и значительно превышал значения аналогичного коэффициента по сравнению с исследуемыми поверхностями [18, 27, 40].

4.3.2 Определение вместимости бункера для капсулированных семян высевяющего аппарата сеялки

Вместимость бункера высевяющих аппаратов установленных на сеялку определялась с учетом нормы высева капсулированных семян, их размерных характеристик, длины гона поля. При норме высева 5,6 капсул/м диаметром 0,02-0,025 м при загрузке бункера на одном конце поля с длиной гона в 1500 м требуемая вместимость составляла 65 л, При увеличении нормы высева капсулированных семян до 7,0 шт./м, вместимость бункера высевяющего аппарата для них достигала 82 л, что согласуется с вместимостью бункеров установленных на отечественных и зарубежных пропашных сеялках (Рисунок 4.7).

Вместимость бункера высевяющего аппарата сеялки для капсул различных диаметров при использовании посевного агрегата на поле с длиной гона в 1365 м при изменении заданной нормы высева варьировала незначительно (Рисунок 4.8).

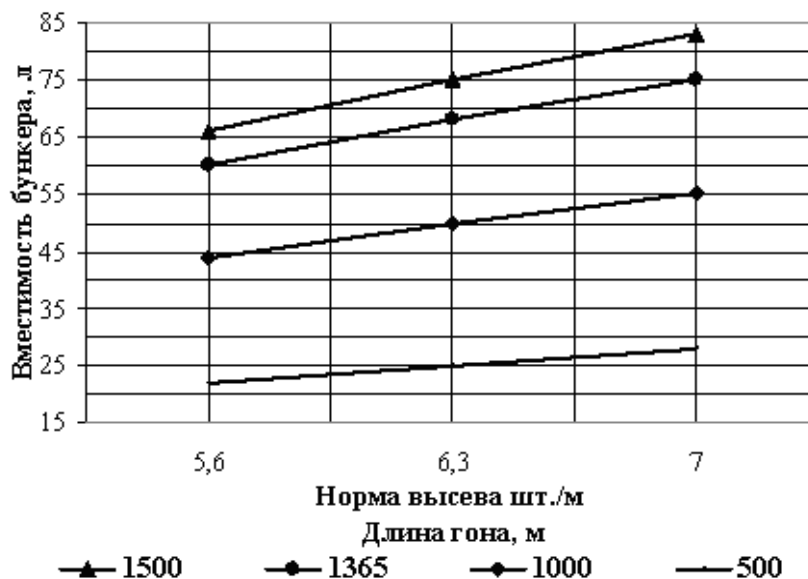


Рисунок 4.7 – Зависимость вместимости бункера высевяющего аппарата сеялки для капсулированных семян диаметром 0,025 м от заданной нормой высева и длины гона

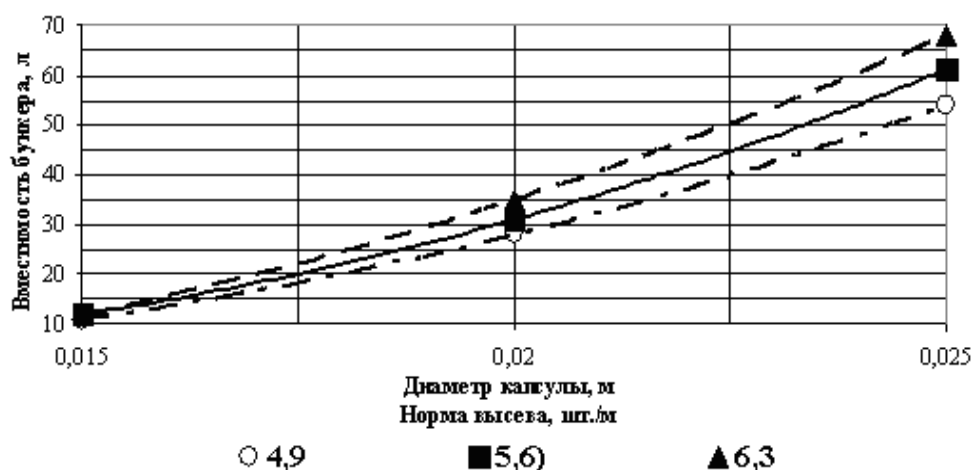


Рисунок 4.8 – Зависимость вместимости бункера высевяющего аппарата сеялки для капсулированных семян от их диаметра и нормы высева на поле с длиной гона в 1365 м

4.3.3 Результаты лабораторно-стендовых исследований высевяющего аппарата для капсулированных семян

На специально изготовленном в лаборатории «Использования машинно-тракторных агрегатов» ГНУ ВНИИТиН стенде проводились экспериментальные исследования высевяющего аппарата для капсулированных семян. Для этого были изготовлены из полистирола два высевяющих диска с наружным диаметром

220 мм и толщиной 38 мм, на боковой поверхности которых выполнены галтели радиусами кривизны 10 и 15 мм. По окружности боковой поверхности с определенным интервалом расположены 16 и 22 ячейки диаметром 29 и 21 мм, и глубиной 30 и 18 мм соответственно. На боковых поверхностях ячеек по направлению вращения высевающего диска под углом 18° выполнена фаска. Исследования высевающих дисков проводили на частотах вращения в пределах от 0,6 до $2,7 \text{ с}^{-1}$ при различных нормах высева капсулированных семян [7, 21].

Для визуального наблюдения процессов формирования организованного ряда капсул на галтели, их западания в ячейки диска и перемещения до выгрузного окна, внешняя стенка распределительной камеры высевающего аппарата выполнена прозрачной (Рисунок 4.9).



Рисунок 4.9 – Общий вид экспериментального высевающего аппарата, установленного на стенде

Коэффициент заполнения капсулами ячеек высевающего диска определяли отношением количества выпавших капсул из ячеек к общему количеству ячеек, проходящих над выгрузным окном за 10 оборотов диска.

Процесс выпадения капсул из ячеек изучался при лабораторных исследованиях высевающего аппарата методом фиксации временных интервалов между пролетами капсул через датчик высева, установленный на выходе капсул из ячеек диска, сигнал от которого поступал на приставку к компьютеру с LPT-портом.

При определении конструктивно-режимных параметров высевающего аппарата для капсулированных семян применяли теорию планирования многофакторного эксперимента. В качестве критерия оптимизации был принят коэффициент вариации временных интервалов между выпадениями капсул из ячеек высевающего диска [7].

На основе проведенного отсеивающего эксперимента и априорного ранжирования факторов для дальнейших исследований были приняты следующие факторы: частота вращения высевающего диска, количество сводоразрушителей, радиус галтели на боковой поверхности высевающего диска, угол скоса односторонней фаски ячейки по направлению вращения высевающего диска. С учетом требований, изложенных в [7, 21, 145] были определены уровни и интервалы варьирования принятых факторов, численные значения которых представлены в Таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Численные значения принятых факторов при исследовании высевающего аппарата для капсулированных семян

Факторы	Обозначение и размерность фактора	Уровни варьирования			Интервал варьирования
		-1	0	+1	
Частота вращения высевающего диска, ω	$X_1, \text{мин}^{-1}$	10	15	20	5
Количество сводоразрушителей, N	$X_2, \text{шт}$	0	2	4	2
Радиус канавки на боковой поверхности высевающего диска, R	$X_3, \text{мм}$	20	25	30	5
Угол скоса односторонней фаски ячейки, α	$X_4, \text{град}$	10	20	30	10

По результатам поисковых опытов определено, что изменение временных интервалов между выпадениями капсул из ячеек носит нелинейный характер, поэтому нами было принято планирование эксперимента проводить по плану Бокса второго порядка.

С использованием программного пакета MathCAD осуществлялась

компьютерная обработка результатов многофакторного эксперимента, в результате которой была получена математическая модель второго порядка, описывающая в закодированном виде зависимость критерия оптимизации от принятых факторов (Приложение Б3) [21]:

$$\begin{aligned}
 Y = & 0,2 + 0,135 \cdot X_1 - 0,145 \cdot X_2 - 0,017 \cdot X_3 - 0,014 \cdot X_4 + 0,058 \cdot X_1 \cdot X_2 + \\
 & + 0,006 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,006 \cdot X_1 \cdot X_4 + 0,01 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,004 \cdot X_2 \cdot X_4 + \\
 & + 0,0005 \cdot X_3 \cdot X_4 + 0,222 \cdot X_1^2 + 0,153 \cdot X_2^2 - 0,068 \cdot X_3^2 - 0,033 \cdot X_4^2.
 \end{aligned} \quad (4.1)$$

В раскодированном виде с учетом значимости коэффициентов регрессии уравнение (4.1) можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 v = & 0,647 - 0,2546 \cdot \omega - 0,3335 \cdot N + 0,1268 \cdot R + 0,0138 \cdot \alpha + 5,85 \cdot 10^{-3} \cdot \omega \cdot N + 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot \omega \cdot R - \\
 & - 0,12 \cdot 10^{-3} \cdot \omega \cdot \alpha + 10^{-3} \cdot N \cdot R + 8,88 \cdot 10^{-3} \cdot \omega^2 + 0,038 \cdot N^2 - 2,72 \cdot 10^{-3} \cdot R^2 - 0,33 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha^2.
 \end{aligned} \quad (4.2)$$

Полученная модель была проверена на адекватность по F -критерию Фишера, расчетное значение которого при 5%-уровне значимости оказалось меньше табличного, что подтверждает адекватность полученной модели исследуемого процесса с 95%-ной вероятностью.

Изменение критерия оптимизации изучалось с помощью двухмерных сечений с учетом влияния принятых факторов, которые позволили определить конструктивно-режимные параметры высевающего аппарата.

Лабораторными исследованиями установлено, что при оптимальных значениях конструктивно-режимных параметров высевающего аппарата (галтель радиусом 23-27 мм, выполненная на боковой поверхности диска, фаска ячейки под углом 18-20°, 2-4 сводоразрушителя, частота вращения высевающего диска 10,5-16 мин⁻¹) коэффициент вариации временных интервалов между выпадениями капсул из ячеек диска находился в пределах 0,18-0,2 Рисунок 4.10) [7].

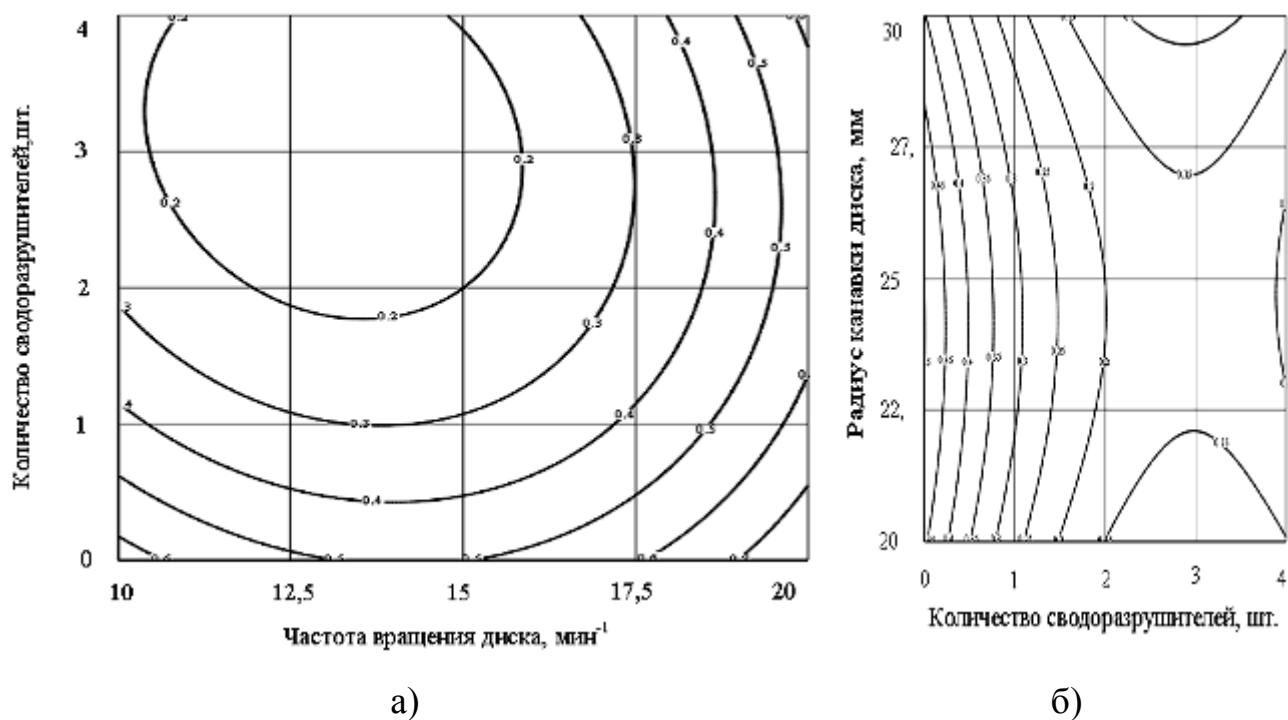


Рисунок 4.10 – Двухмерные сечения поверхностей отклика, характеризующие зависимость критерия оптимизации от частоты вращения высевающего диска (а), количества сводоразрушителей, радиуса канавки диска (б)

При увеличении частоты вращения высевающего диска со сводоразрушителями с 10,5 до 25,8 мин⁻¹ коэффициент вариации временных интервалов между выпадениями капсул из ячеек изменялся в пределах 0,35-0,39.

При частоте вращения высевающего диска со сводоразрушителями в 13,4 мин⁻¹ исследуемый высевающий аппарат обеспечивал 95-97%-ную заполняемость ячеек капсулами.

При исследованиях повреждения капсул выявлялись при разных значениях частоты вращения высевающего диска и наличия сводоразрушителей на нем. Так, при одинаковой частоте вращения повреждения капсул без сводоразрушителей на диске составляли 1,03-1,15%, а со сводоразрушителями они уменьшались до 0,1-0,2%.

Лабораторно-стендовыми исследованиями установлено, что предлагаемая конструкция высевающего аппарата со сводоразрушителями на торцевой поверхности диска и отражающим роликом позволяла поштучно заполнить ячейки

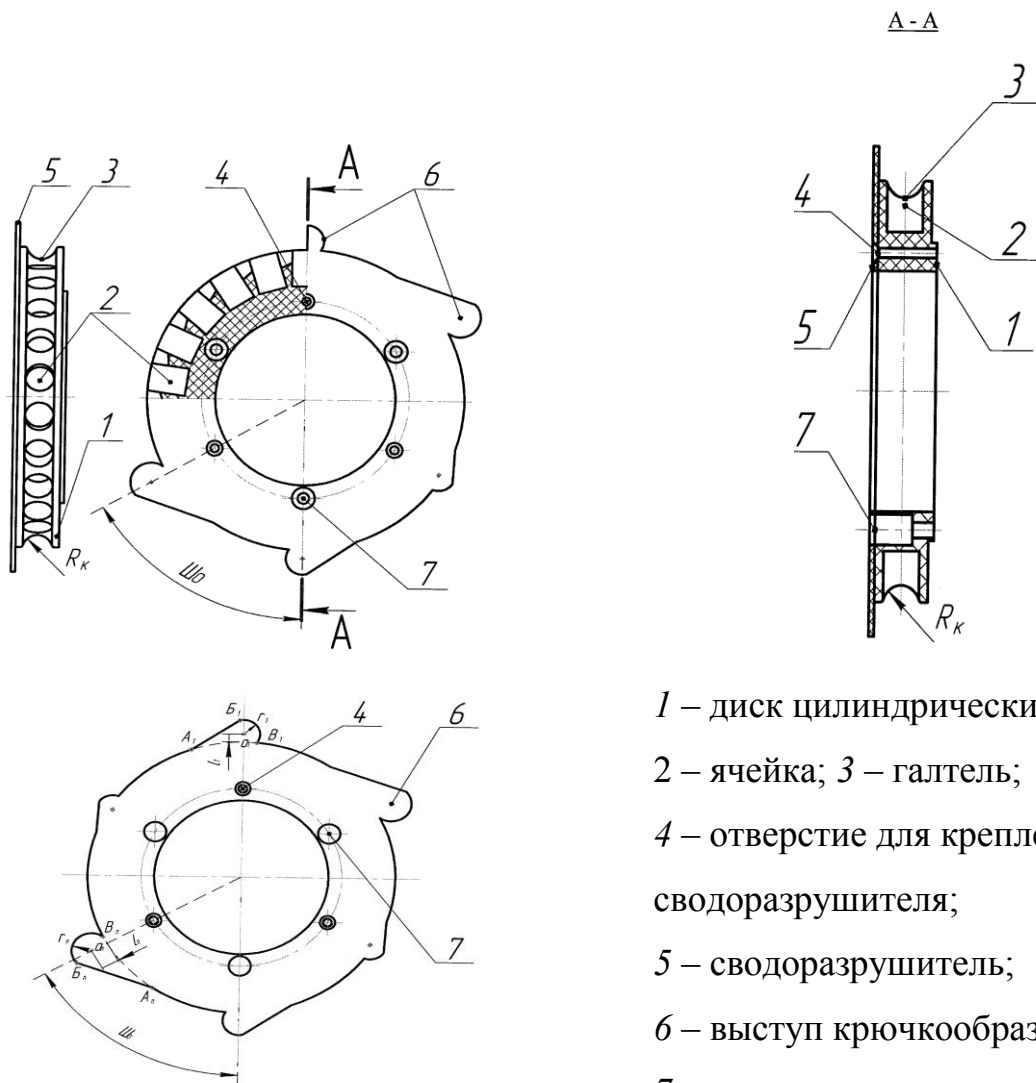
капсулами из их организованного ряда, сформированного в распределительной камере, и находящихся капсул на галтели диска.

В процессе лабораторно-стендовых исследований предлагаемого высевающего аппарата были выявлены единичные пропуски при заполнении ячеек диска капсулами из-за несоответствия профилей галтели и капсул, а также большого окружного шага между сводоразрушителями, установленных на торцевой поверхности диска что отрицательно влияло на разрушение свода и формирование организованного ряда капсул над галтелью и над ячейками. Этот недостаток в работе высевающего аппарата был устранен за счет эффективного разрушения свода капсул над галтелью и ячейками и дозированного поштучного их поступления в ячейки из организованного ряда капсул, с помощью запатентованного нами высевающего диска (патент РФ №2585850 (Приложение А8) [168].

Предлагаемый высевающий диск выполнен в виде цилиндрического диска 1 с ячейками 2 и галтелью 3 на его боковой поверхности (Рисунок 4.11). При этом галтель 3 выполнена по профилю капсулы и заглублена на величину её радиуса R_k . На торцевой поверхности диска 1 резьбовым соединением через отверстие 4 закреплены сводоразрушители 5 . На внешней окружности сводоразрушителей с равномерным окружным шагом $Ш_0$ выполнены разные по размеру и подобные по форме крючкообразные выступы 6 , рабочие прямолинейные поверхности AB , которых выполнены под углом естественного откоса капсул к касательным боковой поверхности диска 1 , проходящим через точку A начала рабочей поверхности AB . Криволинейные поверхности BB крючкообразных выступов 6 выполнены радиусами R_b с центрами O_1, O_2, \dots, O_n , удаленными от боковой поверхности цилиндрического диска 1 на разных расстояниях l_1, l_2, \dots, l_n . Для установки диска 1 в корпусе высевающего аппарата на его торцевой поверхности выполнены отверстия 7 .

Описанный высевающий диск работает следующим образом. Перед запуском в работу капсулы находятся в ячейках 2 высевающего диска 1 и организованном ряду на галтели 3 . При вращении диска 1 сводоразрушитель 5 рабочими

прямолинейными поверхностями AB крючкообразных выступов $б$ в зоне их действия приподнимает вышележащие слои капсул на разную высоту. При этом разрушается свод капсул, образовавшийся над галтелью 3 и ячейками 2 , и формируется новый организованный ряд капсул, из которого они поочередно западают в свободные ячейки 2 и транспортируются в зону выгрузки. Откуда под действием силы тяжести капсулы выпадают из ячеек. Криволинейные поверхности BB крючкообразных выступов $б$ предотвращают повреждение капсул в процессе формирования организованного ряда.



- 1 – диск цилиндрический;
- 2 – ячейка; 3 – галтель;
- 4 – отверстие для крепления сводоразрушителя;
- 5 – сводоразрушитель;
- 6 – выступ крючкообразный;
- 7 – отверстие для крепления диска

Рисунок 4.11 – Высевающий диск для капсулированных семян

по патенту РФ №2585850

Лабораторно-стендовыми исследованиями высевающего аппарата с описанным диском установлено, что при оптимальной частоте его вращения обеспечивались

равномерные временные интервалы между выпадениями капсул из ячеек, а при посеве с постоянной скоростью агрегата они равномерно распределялись по длине рядка.

4.3.4 Эксплуатационно-технологические показатели работы сеялки на посеве капсулированных семян

Производственная апробация технологии посева капсулированных семян с использованием изготовленной сеялки проводилась на опытном поле МичГАУ и с применением семян кукурузы, изготовленных методом окатывания в барабанных аппаратах в «МосМедыньагропроме» Калужской области.

Для посева капсулированных семян размерами 18-25 мм в ГНУ ВНИИТиН была разработана сеялка с использованием технологической схемы по патенту РФ №2475012 [163] и изготовлен его образец, общий вид которой представлен на Рисунке 4.12 [213, 217].



Рисунок 4.12 – Механическая сеялка для высева капсулированных семян

На базе серийной пропашной сеялки СУПН-8 была изготовлена экспериментальная сеялка, укомплектованная высевающими аппаратами для капсулированных семян, включающими диски из полистирола наружного диаметра 220 мм с 16 ячейками диаметром 29 мм и глубиной 30 мм. На ячейках по

направлению вращения диска выполнена фаска под углом 18° . На торцевой поверхности высевающего диска установлены три сводоразрушителя.

Профиль ролик-отражателя выполнен соразмерным с профилем боковой поверхности высевающего диска с галтелью. Для беспрепятственного падения капсул на дно борозды сошник выполнен с увеличенным относительно стандартного сошника расстоянием между щеками. На каждую секцию рабочих органов сеялки установлены загортачи, прикатывающее колесо, механизм регулировки глубины хода сошника.

Сеялка перед началом исследований настраивалась на заданную норму высева капсул, при котором определялось требуемое интервальное расстояние между капсулами по длине рядка, устанавливалась глубина заделки капсул. Качественные показатели работы сеялки определялись при первом проходе посевного агрегата вскрытием борозды, где измерялись фактический интервал между капсулами по длине рядка и глубина их заделки. При отклонениях от заданных показателей корректировались регулировочные параметры сеялки. По всходам определялась окончательная проверка качества посева капсулированных семян.

Полевые исследования экспериментальной сеялки проводили на капсулированных семенах кукурузы гибрида ДКС 3203 (Монсанта) изготовленных методом окатывания во вращающемся барабане, описанном в первом разделе диссертации. Оболочка капсулы содержала по массе: чернозема - 84,6%, микроудобрений – 2,72%, стимулятора роста-0,01 % и воды-12,58%. Аналогичный гибрид кукурузы был применен при посеве серийной пропашной сеялкой на контрольном участке. Посев осуществлялся при норме высева 5,6-6,3 шт./м.

Анализ состояния посевов показал, что благодаря образованию вокруг капсулы рыхлой воздухопроницаемой питательной среды всходы кукурузы 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 4.13) [211].

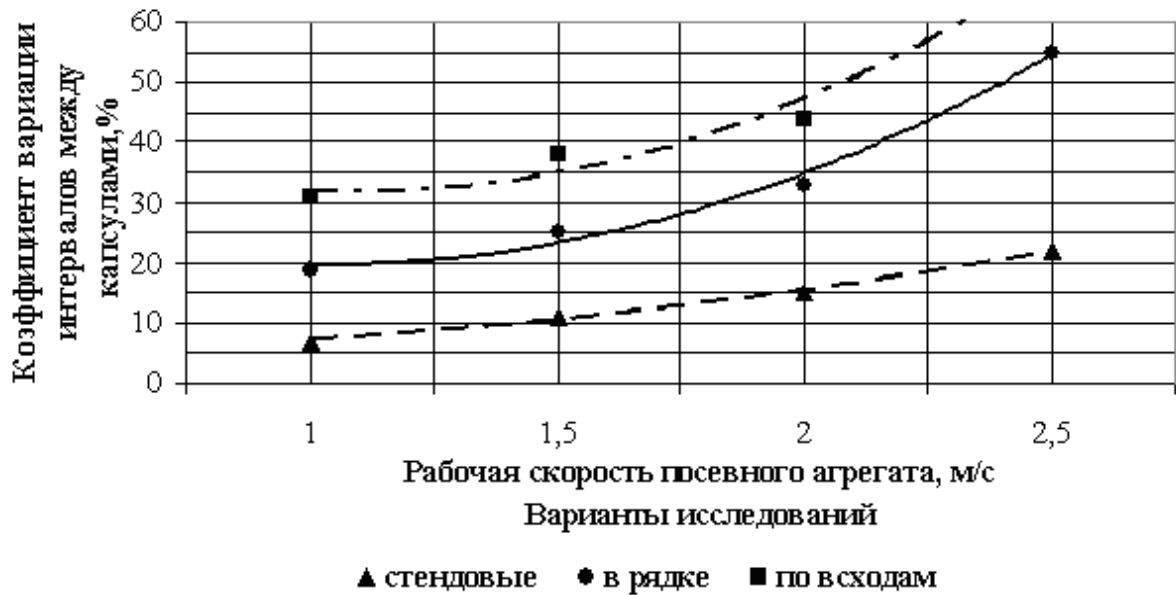


Рисунок 4.13 – Зависимость изменения коэффициента вариации интервалов между капсулами от скорости движения посевного агрегата

Полученные данные согласуются с результатами исследований многих авторов [59, 75, 201], которые доказали, что на посевах с размещением растений по длине ряда с коэффициентом вариации интервалов не более 40% можно получить более высокую урожайность культуры по сравнению с посевами с большим коэффициентом вариации интервалов между растениями.

По результатам полевых исследований на поле ООО «Биопрогресс» Первомайского района Тамбовской области использование механической сеялки агрегатируемой с трактором МТЗ-80/82 при посеве капсулированных семян позволило обеспечить производительность посевного агрегата за 1 час сменного времени 2,7 га и расход топлива 2,7 л/га при рабочей скорости 1,67 м/с (6 км/ч).

Нашими исследованиями использование двух и четырехрядных картофелесажалок на посеве капсулированных семян в «МосМедыньагропроме» показало низкую производительность 0,38 и 0,8 га/ч и увеличенный расход топлива 8,0 и 8,5 л/га соответственно, а также низкие качественные показатели работы по сравнению с экспериментальной механической сеялкой (Таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Эксплуатационно-технологические показатели работы машинно-тракторного агрегата на посеве капсулированных семян

№ п/п	Состав машинно-тракторного агрегата	Диаметр капсул, мм	Норма высева капсул		Коэффициент вариации распределения всходов в рядке, %		
			заданная, шт/м	отклонение от нормы, %	min	max	средний
1	МТЗ-80/82+2-х рядная картофелесажалка (HASSIA SL, КОЛНАГ)	40	5	4,0	90	146	120
		60	5	-8,0	79	243	151
2	МТЗ-80/82+ 4-х рядная картофелесажалка (HASSIA SL, КОЛНАГ)	40	5	-5,4	85	138	108
		60	6	7,3	63	320	205
3	МТЗ- 80/82+ 8 рядная сеялка (ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии)	18	6	-1,7	15	40	24
		20	6	-2,4	22	46	35

При использовании экспериментальной механической сеялки с высевающим аппаратом на посеве капсулированных семян коэффициент вариации распределения капсул по длине рядка составил 24-35 % с отклонением от заданной нормы высева 2-2,5 % . Используемая на посеве капсулированных семян диаметром 40-60 мм картофелесажалка обеспечивала коэффициент вариации распределения капсул по длине рядка 120-200 % с отклонением от нормы высева 4-8 %, что не отвечает агротехническим требованиям по качеству работы [139, 211].

4.4 Использование блочно-модульного комбинированного агрегата на посеве сахарной свеклы

С агротехнической точки зрения наиболее эффективно совмещать совпадающие по срокам предпосевную обработку почвы и посев сахарной свеклы. При раздельном их выполнении разрыв между операциями может быть от 15-30 мин до 1-2 ч. За это время, особенно при ветреной погоде происходит испарение до 5-10 т влаги с 1 га.

Автором был предложен блочно-модульный комбинированный агрегат, состоящий из энергетического средства (трактора ЛТЗ-155), на переднем навесном устройстве которого с помощью навески НП-5,4А установлен культиватор КРШ-

8,1Г изготовленный в ПАО «Грязинский культиваторный завод» (г. Грязи, Липецкой области), а на заднем навесном устройстве располагалась сеялка СТВС-18 изготовленная в ОКБ «Союз» (г. Казань) [109, 110, 105, 106, 206, 207]. На Рисунке 4.14 представлен общий вид блочно-модульного комбинированного агрегата.



Рисунок 4.14 – Комбинированный блочно-модульный агрегат КРШ-8,1Г+НП-5,4А +ЛТЗ-155+СТВС-18 на посеве сахарной свеклы

Культиватор оснащен сдвоенными плоскорежущими лапами, которые создавали плотное ложе на глубине заделки семян. На грядилях секций за сдвоенными лапами крепились спиральные роторы со шлейфами. Длину продольных тяг переднего навесного устройства трактора устанавливали на 850 мм, для чего дополнительно сверлили отверстие на продольной тяге.

Блочно-модульный комбинированный агрегат успешно использовался на посеве сахарной свеклы в СПК «Голицинский» Никифоровского района Тамбовской области.

При высококачественной предпосевной обработке почвы и достаточном увлажнении глубину заделки семян устанавливали в 2-3 см, в более сухих условиях – 3-4 см. В зависимости от микрорельефа поля и качества предпосевной обработки почвы на сеялке настраивали комкоудалители и загортачи. Для устранения «двойников» при посеве сахарной свеклы настраивали на каждом аппарате съемники лишних семян.

Как показали исследования, при увеличении скорости движения посевного

агрегата выше технологически установленной возрастали пропуски семян. При увеличении рабочей скорости только на 0,28 м/с (1 км/ч) увеличивались пропуски на 5-6%. При этом производительность агрегата не повышалась, а сокращалось только время его движения по полю. Продолжительность суммарных поворотов агрегата, устранения технических и технологических отказов, заполнения бункеров сеялки семенам и проверки качества работы оставались неизменными. Ухудшение качества работы при превышении установленной скорости экономически более значимо, чем экономия рабочего времени. От состояния почвы и качества предпосевной обработки зависит выбор необходимой скорости движения агрегата.

Согласно исследованиям автора использование комбинированного агрегата для предпосевной обработки почвы и посева сахарной свеклы позволило сократить число проходов, что уменьшило с 27 до 6% уплотняемую колёсами площадь поля и исключить разрыв во времени проведения технологических операций при посеве. Это повлияло на повышение полевой всхожести семян на 4-10% и урожайности сахарной свеклы на 10-20 ц/га.

Результаты сравнительных испытаний показали, что загрузка двигателя трактора ЛТЗ-155 в составе комбинированного агрегата повышалась до 51-67% в зависимости от рабочей скорости, а в составе отдельных культиваторных и посевных агрегатов с названными машинами загрузка двигателя не превышала 24-38%. При этом снижался на 15-18% удельный расход топлива [4, 5, 48, 203, 205, 210].

Производительность 18-тирядного комбинированного блочно-модульного агрегата на посеве сахарной свеклы за 1 час сменного времени составляла 3,5-3,9 га/ч.

Использование комбинированных агрегатов в хозяйстве позволило снизить потребности в 4 раза тракторов и в 2 раза в культиваторах и сеялках, что привело к уменьшению на 23% удельных эксплуатационных затрат по сравнению с использованием 12-рядных однооперационных агрегатов при одинаковой посевной площади.

При непосредственном участии автора была испытана сеялка СТВС-18, которая входила в состав комбинированного блочно-модульного агрегата. Испытания проводились на поле СПК «Голицинский» при влажности почвы 16,8% и твердости

0,085 МПа на скоростях движения агрегата 1,56; 2,0; 2,48 м/с. На посеве применялись дражированные семена фракции 3,5-4,5 мм при установленных нормах высева и глубине заделки семян (Приложения В1, В11).

По результатам испытаний сеялки в агрегате с трактором ЛТЗ-155 были получены следующие результаты: фактическая норма высева составила 14,8 шт./м, отклонение глубины заделки семян $\pm 4,9$ мм, дробление семян было не более 0,15% [206].

Коэффициенты вариации глубины заделки семян и интервалов между растениями с увеличением скорости движения посевного агрегата увеличивались на 4 и 3,4% соответственно при уменьшенной на 7,4 % густоте насаждений растений.

Было отмечено, что с увеличением скорости движения посевного агрегата увеличивались на 7,4 % тяговое сопротивление сеялки и на 1,1 % буксование колес трактора, уменьшался на 19,9 % удельный расход топлива за время основной работы. Коэффициент использования номинальной эксплуатационной мощности двигателя на указанных скоростях движения агрегата варьировал от 0,24 до 0,38.

По результатам эксплуатационно-технологической оценки посевного агрегата была определена производительность, которая за 1 час сменного времени составляла 3,34 га. Коэффициент использования времени смены составил 0,58, что объяснялось большими затратами времени на перегон агрегата до поля и обратно, повороты, техническое и технологическое обслуживание. Последнее происходило из-за частого забивания отверстий высевающего диска некачественно подготовленными семенами (остатки разрушенных околоплодников при подготовке семян и наличие примесей). На очистку отверстий затрачивалось более 12 % сменного времени. Для устранения этого недостатка в работе сеялки было рекомендовано применять только дражированные или шлифованные семена.

Энергетическая оценка посевного агрегата показала, что с увеличением скорости с 1,56 до 2,48 м/с тяговое сопротивление сеялки и мощность на привод ВОМ изменялись незначительно с 6,47 до 7,53 кН и с 3,27 до 3,41 кВт соответственно. Удельный расход топлива за время основной работы на указанных скоростях уменьшился с 3,07 до 2,39 л/га. При этом загрузка двигателя на максимальной скорости составила 0,38, а буксование ведущих колес трактора не превышала 3,4 %.

По результатам исследований и использования комбинированного посевного агрегата блочно-модульного построения на базе интегрального энергетического средства при посеве сахарной свеклы были выявлены следующие преимущества:

- совмещенное выполнение предпосевной обработке почвы и посева;
- снижение энергоемкости технологического процесса высева семян;
- повышение производительности выполнения технологического процесса высева по сравнению с заменяемым комплексом машин;
- уменьшение воздействия ходовых систем на почву за счет снижения числа проходов агрегата;
- повышение надежности машин составляющих агрегат за счет применения конструктивно отработанных и проверенных в работе составных частей.

4.5 Использование модернизированных сеялок на посеве сахарной свеклы

Посев дражированными семенами на конечную густоту насаждений сахарной свеклы хозяйства проводят зарубежными пневматическими сеялками точного высева или отечественными аналогами. Предпочтение отдается последним из-за низкой стоимости по сравнению с зарубежными сеялками. Эти сеялки обеспечивают точный высева семян в пределах 92-95%, а сеялки с механическими высевающими аппаратами не более 85%.

Недостатком механических сеялок типа ССТ-12Б(В) является необходимость комплектования высевающими дисками с ячейками под конкретную фракцию калиброванных дражированных семян (3,5-4,5 мм, 4,5-5,5 мм). Для высева семян других фракций (3,5-4,75 мм и 3,75-4,75 мм) необходимо иметь дополнительные высевающие диски. Кроме того, кинематическая схема механических сеялок не позволяет устанавливать пониженные нормы (менее 6 семян на 1 м) высева семян. Для качественного посева механическими сеялками скорость посевного агрегата не должна превышать 1,67 м/с, что снижает его производительность.

Для устранения отмеченных недостатков и повышения точности высева на высевающие аппараты механических сеялок устанавливались усовершенствованные диски или устройства для автономного регулирования ячеек и специальные

выталкиватели семян, что позволило улучшить качество работы переоборудованных механических сеялок [17, 33].

Для повышения точности высева дражированных семян различных размерных фракций при использовании распространенных механических сеялок типа ССТ-12Б (ССТ-18) необходима их модернизация с применением патента РФ №2556722 (Приложение А7).

Одним из направлений модернизации механических сеялок была замена высевающего аппарата на пневматический, например, на высевающий аппарат под маркой 10Н220, который изготавливался ОАО «Азовский оптико-механический завод», (г. Азов, Ростовской области). Для установки этого аппарата на модернизированную сеялку были доработаны конструкции механизмов подвески и рамок посевных секций, регулировочных винтов. Пневматические высевающие аппараты присоединяли с помощью переходных кронштейнов к механизмам подвески. Удлинили рамки и регулировочные винты. Для подвода вакуума к высевающим аппаратам на раму сеялки монтировали вакуум-насос с приводом от ВОМ трактора, и воздухопроводы (Рисунок 4.15).



Рисунок 4.15 – Посевной агрегат с модернизированной сеялкой ССТ-18М

Норму высева семян устанавливали с помощью разработанной номограммы, которая представлена на Рисунке 4.16.

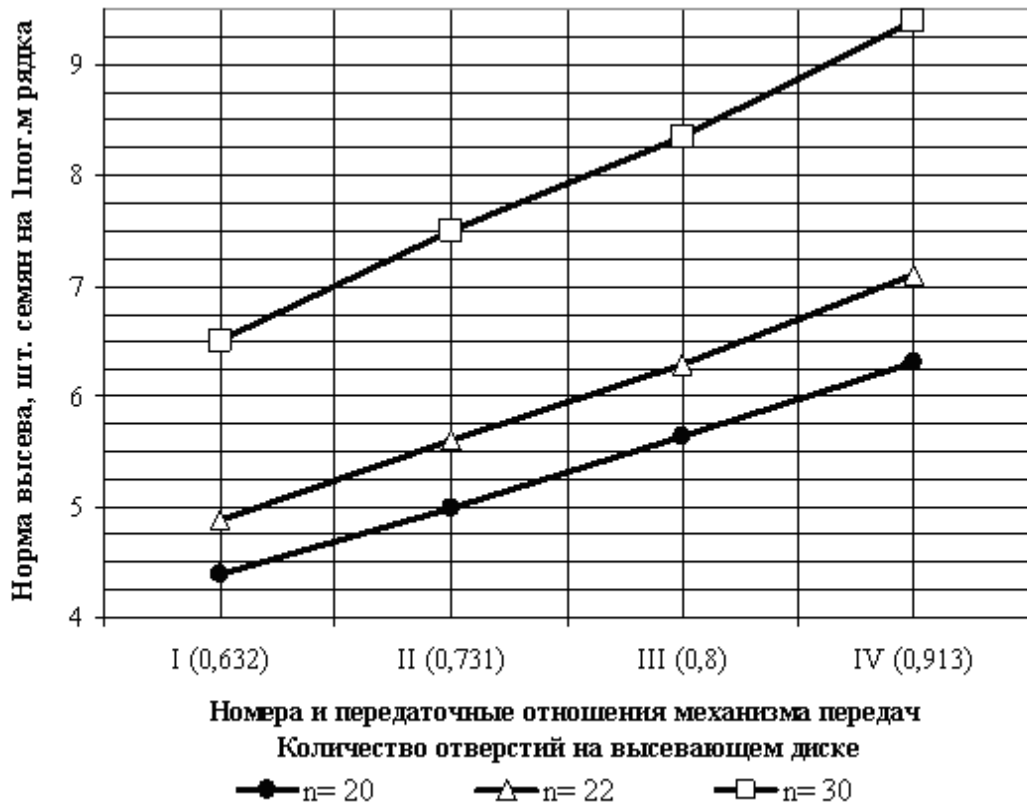


Рисунок 4.16 – Номограмма для настройки сеялки на заданную норму высева

Исходя из технического состояния модернизируемой сеялки, ремонтировали или заменяли вышедших из строя узлы и детали. По заявкам хозяйств на модернизированные сеялки устанавливали системы контроля высева семян.

Стоимость работ по модернизации и ремонту, например, сеялок ССТ-12Б(В) используемых за пределами амортизационного срока составляла от 50 до 65% стоимости новых сеялок точного высева типа СТВС-12 и УПС-12.

По заявкам хозяйств Тамбовской области при непосредственном участии автора за период 2005-2013 гг. было модернизировано 75 сеялок точного для высева семян сахарной свеклы (Приложение В15).

В результате проведенных исследований работы модернизированных сеялок в сравнении с отечественными и зарубежными аналогами были получены следующие результаты, приведенные в Таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Сравнительные качественные показатели работы модернизированных сеялок в хозяйствах Тамбовской области

Марка сеялки	Фактическая норма высева семян, шт./м	Отклонение от заданной нормы высева, %	Коэффициент вариации распределения всходов в рядке, %
СТВ-12 (Полесье)	5,9	7,3	204,5
ССТ-12Б ВНИИЗ и ЗПЭ	5,0	4,0	119,9
УПС-12	5,9	-1,7	93,8
СТВС-18	5,8	1,3	48,2
ССТ-12М	5,3-5,5	-1,8-3,6	10,7-12,4

Как видно из Таблицы 4.5, качественные показатели работы модернизированных сеялок были выше по сравнению с серийно выпускаемыми сеялками, как по отклонению от заданной нормы высева, так и по коэффициенту вариации распределения всходов. Производительность посевных агрегатов с использованием этих сеялок была на 15-20% выше по сравнению с механическими сеялками.

Модернизированные сеялки неоднократно экспонировались на выставках – семинарах «День поля Тамбовской области» и получали положительные отзывы руководителей и специалистов хозяйств, которые впоследствии заключали договора на модернизацию и ремонт пропашных сеялок с большим сроком использования.

4.5.1 Результаты исследований системы контроля высева семян

Были проведены исследования работы пневматических сеялок оборудованных системами контроля высева семян, которые предназначались для оперативного контроля работы сеялок точного высева и своевременного информирования механизатора об отклонениях от заданных параметров функционирования посевного агрегата подачей звукового и визуального сигнала (патент РФ №2681570, Приложение А9) [158, 159, 169]. В систему контроля включены следующие элементы: емкостные датчики высева, устанавливаемые на

каждом высевающем аппарате, индуктивный датчик пути смонтированный на консоли опорно-приводного колеса сеялки, контроллер с микропроцессором, устанавливаемый в кабине энергетического средства в удобном для визуального наблюдения механизатором месте, кабельная разводка по раме сеялке, соединяющая датчики сеялки с контроллером [43, 208].

Ёмкостный датчик высева семян регистрировал момент пролета семян от диска высевающего аппарата сеялки до бороздки, образованной сошником. Чувствительный элемент и электронная схема смонтированы в металлическом корпусе датчика высева, который, устанавливался между пластинами сошника (Рисунок 4.17а). Пролет семян через этот датчик индицируется кратковременным загоранием на мониторе контроллера разноцветных светодиодов, на которых высвечивается в цифровом виде норма высева по каждому высевающему аппарату.

Датчик пути индуктивного типа предназначен для фиксации запрограммированного отрезка пути (10 м) пройденного посевным агрегатом.. Чувствительная зона сориентирована торцом датчика по окружности головок болтов, крепления диска колеса к ступице, на расстоянии 1-3 мм от их поверхности (Рисунок 4.17б).



Рисунок 4.17 – Ёмкостный датчик высева (а) и индуктивный датчик пути (б)

Контроллер предназначен для сбора и вывода информации на монитор о норме высева семян по каждому аппарату. Разработанной программой предусмотрен вывод на монитор информации о текущей скорости посевного агрегата и его

производительности. Кроме того, в программе заложена возможность выдачи информации о снижении оборотов вентилятора и минимальном остатке семян и удобрений в бункерах. Световой индикацией или звуковым сигналом информирует механизатора о нарушениях процесса высева семян и местах их возникновения. Контроллер имеет пластмассовый разъёмный корпус, на котором расположен монитор (Рисунок 4.18).



Рисунок 4.18 – Контроллер с показаниями на информационном табло (а) нормы высева семян в виде гистограммы (б) или цифрами (в)

Контроль работы посевного агрегата с помощью описанной системы осуществляется следующим образом. Пролет семян через пластины датчика высева вызывает появление электрического сигнала, который поступает в блок сбора и обработки информации или непосредственно в контроллер и обрабатывается по заданному алгоритму. При прохождении одной из головок болта крепления диска опорно-приводного колеса мимо торца датчика пути появляется электрический сигнал, который обрабатывается в контроллере. На мониторе постоянно отображается в цифровом виде норма высева семян по каждому высевающему аппарату сеялки в штуках на 1 м пути или виде гистограммы. Кроме того, на монитор периодически выводится информация о скорости посевного агрегата, его производительности, оборотах вентилятора, о возникших технологических и технических отказах сеялки.

При работе сеялки оборудованной системой контроля высева семян необходимо придерживаться такой скорости движения посевного агрегата, при

которой отсутствуют непрерывный звуковой и визуальный сигналы об отклонении от заданных программой интервалов скорости.

С помощью разработанной программы система настраивается на контроль заданных параметров: ширины захвата сеялки; диаметра приводного колеса; минимальной и максимальной нормы высева семян; количества головок болтов крепления диска приводного колеса; количества оборотов приводного колеса; включения/выключения звукового сигнала при отклонениях от заданной нормы высева; выключения/включения световой индикации канала, при отклонении от заданной нормы высева; включения/выключения звукового и светового сигнала при отклонении от заданной скорости посевного агрегата; включения/выключения автостарта; включения / выключения датчиков высева (Приложение Б7).

При исследовании работы посевных агрегатов были выявлены технологические и технические отказы, которые приводили к прекращению высева отдельными или всеми высевающими аппаратами сеялки по причине обрыва приводных цепей, отсутствия вакуума и неправильной регулировки высевающих аппаратов. Эти отказы приводили к сплошным просевам, которые по площади составляли в среднем около 3% от площади засеянного поля и обнаруживались только после появления всходов. Устраняли их пересевом, но при этом растения отставали в развитии, что приводило к снижению урожайности сахарной свеклы на 5-7%. Снижению урожайности способствовало наличие «двойников», которые снижали площади питания растений. Забивание отверстий высевающих дисков примесями и сошников почвой и буксование опорно-приводных колес сеялки явились причиной появления микропросевов, которые в процессе работы посевных агрегатов и после всходов практически не могли быть устранены. Из-за микропросевов уменьшалась в пределах 1,5-8% площадь засеянного поля [9, 100, 104].

Низкая квалификация механизаторов и инженерно-технических работников при использовании и эксплуатации электроники на сеялках приводили к сбоям в работе системы контроля высева, для устранения которых приглашались

представители разработчиков системы. Кроме того, было выявлено, что при работе посевных агрегатов с 16-ти и 24-х рядными сеялками на неровных участках поля из-за некачественной предпосевной обработки почвы сошники перемещались по поверхности почвы или по следу колес трактора, что приводило к размещению семян по поверхности поля [101, 103, 107].

Установка на посевных агрегатах системы контроля позволяла осуществлять посев сахарной свеклы круглосуточно. При этом механизатор постоянно владел информацией о процессе посева и возникающих отказах при работе сеялки, которые оперативно устранялись (Приложения В7-В10, В12).

Использование системы контроля позволяло повысить производительность и качество работы посевных агрегатов, сократить затраты труда, провести посев сахарной свеклы в оптимальные агротехнические сроки. Многолетние исследования и производственный опыт использования посевных агрегатов в хозяйствах подтвердили целесообразность установки на сеялки системы контроля высева семян.

4.6 Результаты исследований культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов сахарной свеклы

4.6.1 Результаты исследований качества работы распылителей с щелевой насадкой, установленных на аппликаторах

Настройка и регулировка аппликаторов осуществлялась с учетом фазы развития растений сахарной свеклы, определения ширины защитной зоны рядка и данных замера высоты, диаметра и площади листовой поверхности каждого растения. На Рисунке 4.19 представлены в графическом виде результаты измерений растений сахарной свеклы гибрида «Крокодил» на различных фазах развития.

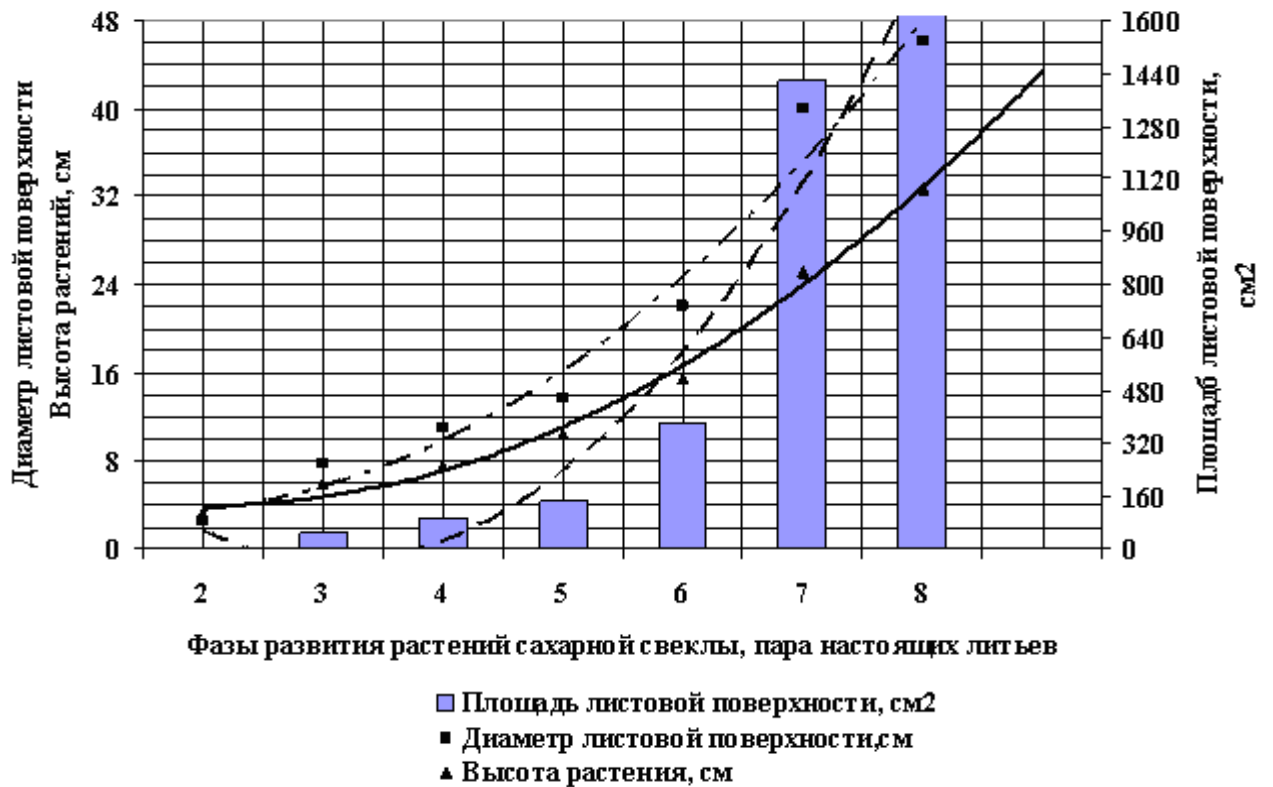


Рисунок 4.19 – Результаты измерений растений сахарной свеклы гибрида «Крокодил» на различных фазах развития

Измерениями растений сахарной свеклы установлено, что высота в зависимости от фазы развития варьировала от 3,3 до 32,7 см, диаметр и площадь листовой поверхности варьировали от 2,5 до 46 см, и от 140 до 1680 см² соответственно. Было отмечено, что начиная с фазы шести пар настоящих листьев, возрастала интенсивность развития массы ботвы и рост корнеплода. По полученным данным замеров растений и листовой поверхности сахарной свеклы определялись настроечные параметры распылителей с учетом технических характеристик типа и места их установки на аппликаторах.

4.6.2 Результаты лабораторно-стендовых исследований распылителей с щелевой насадкой

Проведенные лабораторно-стендовые исследования распылителей с щелевой насадкой по методике [140] на стенде, описанном в разделе 3 показали следующие результаты.

Для гербицидной обработки посевов на аппликаторе устанавливались распылители с щелевой насадкой и углом факела распыла в 60° на высоте 50 мм от поверхности почвы, чем обеспечивалась минимальная ширина обрабатываемой полосы в 75 мм, которая соответствует половине ширины защитной зоны рядка при третьей гербицидной обработке посевов.

Для внекорневой подкормки сахарной свеклы по листовой поверхности на аппликаторе устанавливались распылители с щелевой насадкой и углом факела распыла от 60 до 120° на высоте от 400 до 175 мм. Так, в фазе смыкания листьев сахарной свеклы ширина обрабатываемой полосы составит 450-500 мм (Рисунок 4.20). При этом ширина обрабатываемой полосы распылителями с щелевой насадкой с различными углами факела распыла увеличивалась прямо пропорционально высоте установки. При вертикальном расположении с переменной высотой установки распылителей с различными углами факела распыла определялась ширина обрабатываемой полосы при рабочем давлении в магистрали 20 МПа и расходе жидкости 1,6 л/мин (Приложение Б4) [99, 102].

Для обработки растений без повреждений листового аппарата и нарушения поверхностного слоя почвы около растений по графикам Рисунка 4.20 устанавливали высоту расположения распылителей на аппликаторах, ширину обрабатываемой полосы и давление подачи рабочего раствора [155].

В начальные фазы развития растений (первые 2-8 недель) для их внекорневой подкормки целесообразно устанавливать вертикально распылители с углом факела распыла в 30° на высоте от листьев 120-150 мм, с

углом факела распыла 45° – 50-75 мм, а с углом факела 60° – до 50 мм (Рисунок 4.20) [155].

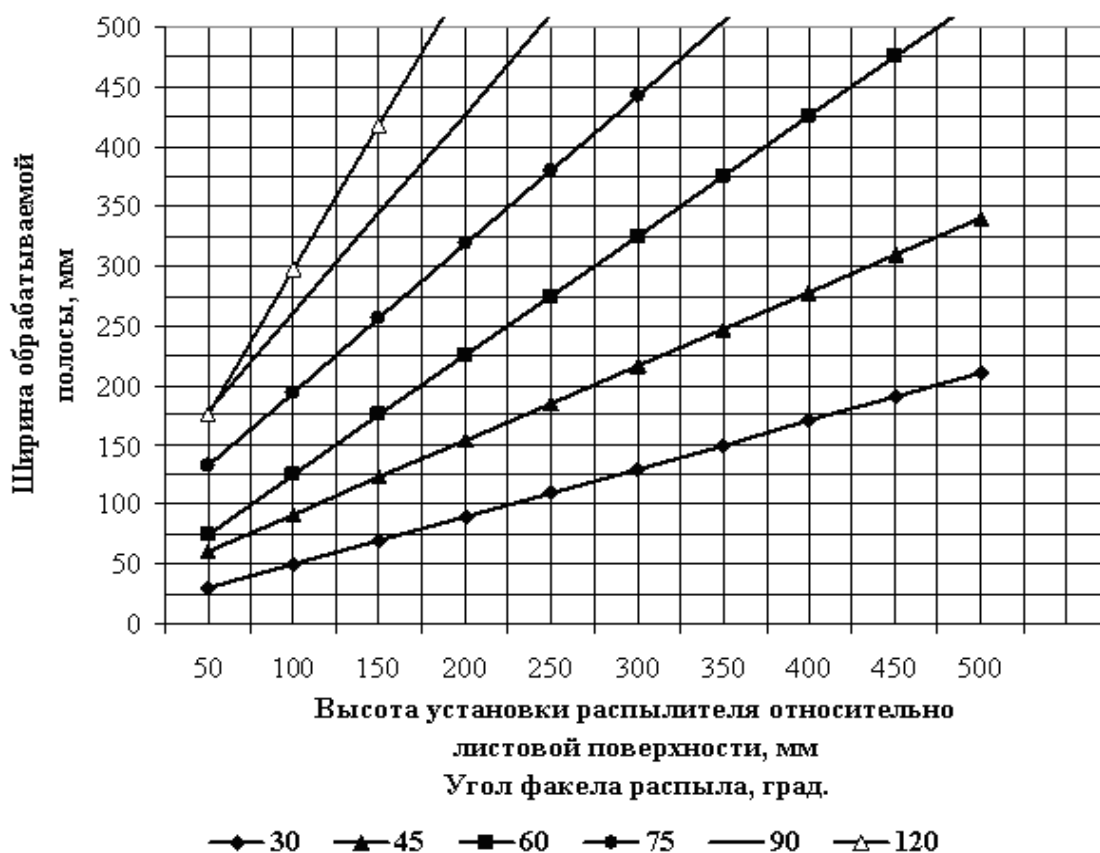


Рисунок 4.20 – Определение ширины обрабатываемой полосы распылителями с различными углами факела распыла при вертикальном расположении с переменной высотой установки при давлении в магистрали 20 МПа и расходе жидкости 1,6 л/мин

Для ленточного внесения гербицидов в начальной фазе развития растений на аппликаторе устанавливали распылители с факелами распыла в 30° на расстоянии 100 мм от оси ряда, а при последующих обработках это расстояние увеличивали до 120-130 мм (Рисунок 4.21) [102, 154, 155].

По результатам лабораторно-стендовых исследований были определены углы фронта распыла распылителем с углом факела распыла в 40° при обработке полосы шириной 50 мм на различных высотах установки на аппликаторе, которые в графическом виде представлены на Рисунке 4.22.

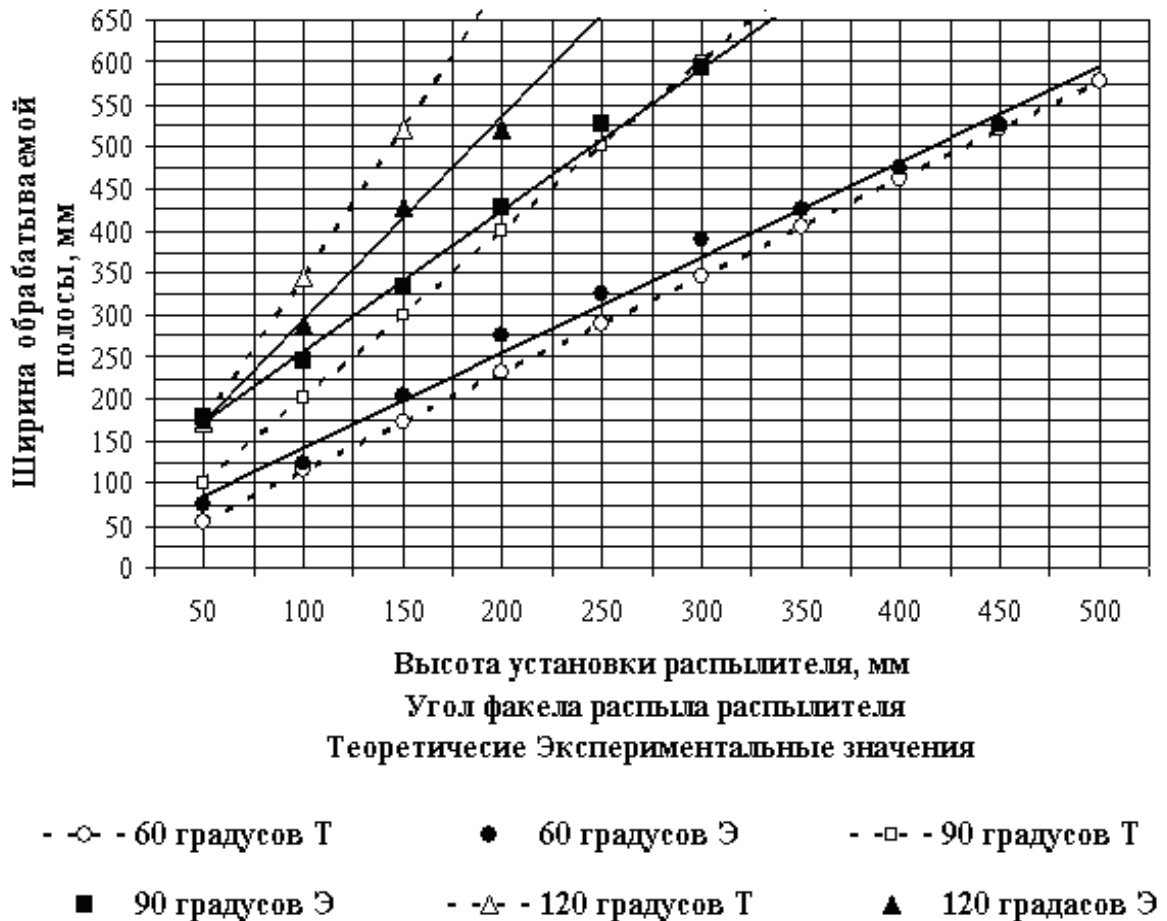


Рисунок 4.21 – Ширина обрабатываемой полосы распылителем с щелевой насадкой в зависимости от высоты его установки

Анализ представленных графиков на Рисунке 4.22, показал следующее. Минимальное изменение угла фронта факела распыла в пределах 72-74° наблюдалось при установке факела распыла распылителя под углом не более 10° при его установке относительно полосы обработки на высоте 100 мм. Максимальное изменение этого угла в пределах 52-75° возможно при установке факела распыла распылителя относительно оси обрабатываемой полосы на угол от 40 до 52° и высоте расположения на высоте 50 мм.

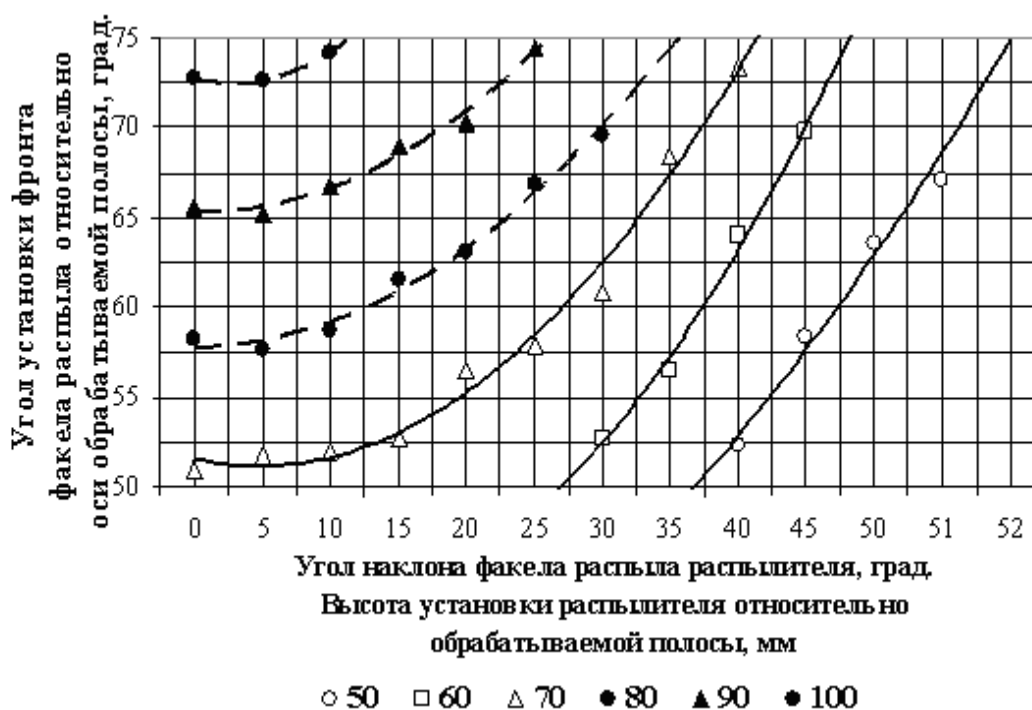


Рисунок 4.22 – Определение угла фронта факела распыла распылителем с углом факела распыла 40° при обработке полосы шириной 50 мм

4.6.3 Результаты производственной проверки культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов сахарной свеклы

Производственная проверка культиватора с аппликаторами для точной обработки посевов сахарной свеклы, изготовленного в Инженерном центре ФГБНУ «ВНИИС им. И. В. Мичурина», проводилась с участием автора и сотрудников Мичуринского государственного аграрного университета на опытном поле учхоза «Комсомолец» Мичуринского района Тамбовской области.

На культиваторе был установлен аппликатор для ленточного внесения рабочих растворов гербицидов при двухсторонней обработке защитной зоны рядков сахарной свеклы с различной шириной полосы (50, 60 и 75 мм) в зависимости от фазы развития растений. При этом распылители, установленные на аппликаторе, настраивались с ориентацией факела распыла относительно обрабатываемой полосы под определенным углом наклона с учетом высоты их расположения,

На аппликаторе для внекорневой подкормки высоту расположения распылителей над обрабатываемой листовой поверхностью сахарной свеклы

определяли исходя из её среднего диаметра на различных фазах развития растений.

Рабочие органы на культиваторе для междурядной обработки устанавливали на ширину полосы, которая перекрывала ширину защитной зоны рядка растений при гербицидной обработке в зависимости от фазы роста и развития сахарной свеклы и состояния посевов.

Выбор технологической схемы обработки посевов при производственной проверке культиватора с аппликаторами осуществлялся в зависимости от засоренности поля и развития растений сахарной свеклы.

При незначительном количестве сорняков или их отсутствии проводили междурядную обработку и одновременно вносили жидкие микроудобрения.

При последующих обработках рыхлили междурядья и одновременно – вносили гербициды в защитную зону рядка, а также использовали аппликаторы для одновременного внесения микроудобрений и стимуляторов роста, гербицидов в защитную зону и междурядной обработки посевов.

Первая гербицидная обработка посевов на опытном участке проводилась Бетаналом 22, КЭ при норме расхода в 1 л/га. При последующих обработках в состав баковых смесей кроме Бетанала 22, КЭ включали послевсходовые гербициды Лонтрел 300, ВР Центурион, КЭ Карибу, СП с нормой расхода соответственно 0,3; 0,5 л/га и 30 г/га. Расход рабочего раствора при всех обработках составлял 200 л/га [63, 74, 93, 98].

Для внекорневой подкормки сахарной свеклы по листовой поверхности применяли препарат Альбит, который совместим с фунгицидами, гербицидами и удобрениями. Выбор этого препарата определялся его способностью повышать иммунитет растений к болезням, резким колебаниям температуры и пестицидам. Расход Альбита в рабочем растворе с нормой 300 л/га составлял 30-40 г/га [116, 148].

Для сравнения на контрольном участке осуществлялась трехкратная гербицидная обработка посевов. Первая и вторая обработки посевов проводились тем же гербицидами с одинаковыми нормами расхода, как и на опытном участке. Третья гербицидная обработка осуществлялась Бетаналом Эксперт ОФ, КЭ с нормой расхода 3 л/га, Зеллек – Супер, КЭ – 0,5 л/га и Карибу, СП – 30 г/га. Все гербицидные

обработки посевов сахарной свеклы на контрольном участке проводились сплошным способом опрыскивателем Amazonen 3200 Nova с нормой расхода рабочего раствора 150-200 л/га

Ленточное внесение гербицидов позволило уменьшить фактическую площадь химической обработки посевов сахарной свеклы и снизить расход рабочего раствора от 3 до 4,5 раз в зависимости от фазы развития растений.

Для гербицидной обработки защитной зоной в 150 мм с двух сторон рядка устанавливали щелевой распылитель с плоскоструйным равномерным распылительным наконечником TP 4005E и углом факела распыла 40°, который обеспечивал расход рабочего раствора в 1,34 л/мин при необходимом давлении в пневматической системе не менее 0,25 МПа.

Для внекорневой подкормки растений сахарной свеклы в фазе 3-5 пар настоящих листьев при максимальном диаметре листовой поверхности в 400 мм на аппликаторе устанавливали аналогичный распылитель только с углом факела распыла 110° и теми же техническими параметрами по расходу рабочего раствора и давлению в нагнетательной магистрали.

Производственная проверка культиватора с аппликаторами осуществлялась на опытном поле, при обработке посевов сахарной свеклы в зависимости от их засоренности на различных фазах развития растений (Рисунок 4.23)[105, 106].



а – в фазе двух пар настоящих листьев б – при смыкании листьев в рядках

Рисунок 4.23 –Использование культиватора с аппликаторами при обработке посевов сахарной свеклы на различных фазах роста и развития растений

Совмещённая первая обработка посевов в фазе 1-3 пары настоящих листьев (при ширине защитной зоны 80-100 мм и ширине обрабатываемой полосы механической междурядной обработке 350-370 мм) позволила уничтожить более 75% сорняков и снизить их количество до 12-14 шт./м². В фазе смыкания листьев в рядках (при ширине защитной зоны 140-150 мм и ширине обрабатываемой полосы при механической междурядной обработке 300-310 мм) было уничтожено более 88% (48 шт./м²) сорняков, а к моменту уборки их осталось не более 3-5 шт./м².

Внекорневая подкормка растений регулятором роста Альбит ускорила на 4-5 дней появление настоящих листьев в первых фазах развития, увеличила среднюю площадь листовой поверхности и массу корнеплодов при уборке до 0,69 кг [60, 98]. Урожайность корнеплодов сахарной свеклы обработанной регулятором роста Альбит увеличилась на 3,2% по сравнению с контрольным вариантом и достигла 38,4 т/га.

Совмещенное внесение регуляторов роста и гербицидов без попадания их на листовую поверхность позволило минимизировать негативное влияние гербицидов на растения сахарной свеклы при уменьшенной дозе внесения на 16-37% регуляторов роста и на 50% гербицидов, снизить себестоимость обработки посевов [98].

4.7 Результаты исследований свеклоуборочных комплексов

4.7.1 Оптимизация режимов работы вибрационных копачей на свеклокопателях

Исследованиями установлено, что условия уборки (твёрдость и влажность почвы), скоростные режимы уборочных агрегатов и режимы работы вибрирующих копачей (частота и амплитуда продольных колебаний) свеклокопателей типа КВС-6 (КСН-6, КР-6 II) существенно влияли на качество уборки и затраты мощности [10, 11, 39, 45].

Режимные параметры свеклокопателей с вибрирующими копачами определены с применением теории планирования многофакторного эксперимента. При этом за критерии оптимизации были приняты повреждения корнеплодов и

тяговое сопротивление свеклокопателя.

На основе проведенного отсеивающего эксперимента и априорного ранжирования факторов для дальнейших исследований были приняты факторы, влияющие на повреждения корнеплодов и тягового сопротивления свеклокопателя: скорость движения уборочного агрегата, почвенные условия (влажность и твердость почвы), режимные параметры свеклокопателя (частота и амплитуда продольных колебаний вибрационных копачей). С учетом требований [10], были определены уровни и заданы интервалы варьирования принятых факторов, которые представлены в Таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Интервалы и уровни варьирования принятых факторов [10]

Факторы	Обозначение и размерность фактора	Уровни варьирования			Интервал варьирования фактора
		- 1	0	+ 1	
Скорость движения уборочного агрегата (V)	X_1 , м/с	1,0	1,5	2,0	0,5
Твердость почвы (T)	X_2 , МПа	1,5	2,5	3,5	1
Частота продольных колебаний вибрирующих копачей (ω)	X_3 , с ⁻¹	2	25	48	23
Амплитуда продольных колебаний вибрирующих копачей (A)	X_4 , мм	1,5	6,5	11,5	5
Влажность почвы (W)	X_5 , %	10	18	26	8

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

Повреждения корнеплодов после уборки свеклокопателем с вибрационными копачами КВС-6 определяли по методике, изложенной в РД 10.8.6-90 [177].

После обработки результатов проведенных экспериментов было получено уравнение, определяющее влияние рассмотренных факторов на повреждения корнеплодов при работе свеклокопателя [10]

$$Y_2 = 11,572 \cdot V^{0,756} \cdot T^{0,021} \cdot \omega^{-0,483} \cdot A^{0,246} \cdot W^{0,059} \quad (4.4)$$

При исследованиях работы свеклокопателя в экстремальных почвенных условиях при твердости почвы в 3,5 МПа и её влажности в 10 % при изменениях амплитуды продольных колебаний вибрационного копача и скорости движения уборочного агрегата было повреждено от 1 до 14% (Рисунок 4.25).

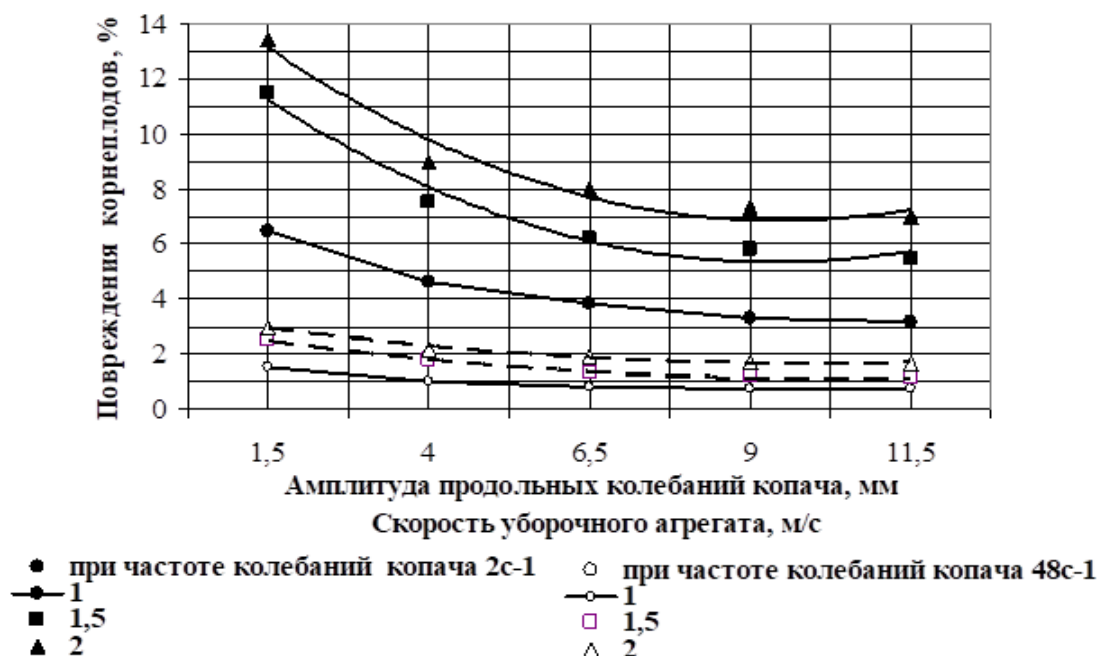


Рисунок 4.25 – Повреждения корнеплодов в зависимости от изменения амплитуды продольных колебаний вибрационного копача при экстремальных свойствах почвы

Анализ зависимостей представленных на Рисунке 4.25 показал, что с увеличением скорости движения уборочного агрегата до 2 м/с, при работе свеклокопателя на низкой частоте колебаний копачей (2 с^{-1}), повысились до 14 % повреждения корнеплодов. Это объяснялось недостаточной разрушающей способностью практически невибрирующими копачами. При этом корнеплоды извлекались с подпором почвы и образованием тела волочения (корнеплоды с комьями почвы) в направлении движения агрегата. При повышении амплитуды с низкой частотой колебаний вибрационных копачей снижались повреждения корнеплодов почти в 2 раза.

При работе свеклокопателя на 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 объяснялось работой копачей в разрушенном мелкокомковатом почвенном слое без образования тел волочения (Рисунок 4.26). При дальнейшем

повышении частоты и амплитуды колебаний вибрационных копачей увеличивались затраты мощности на привод рабочих органов свеклокопателя.

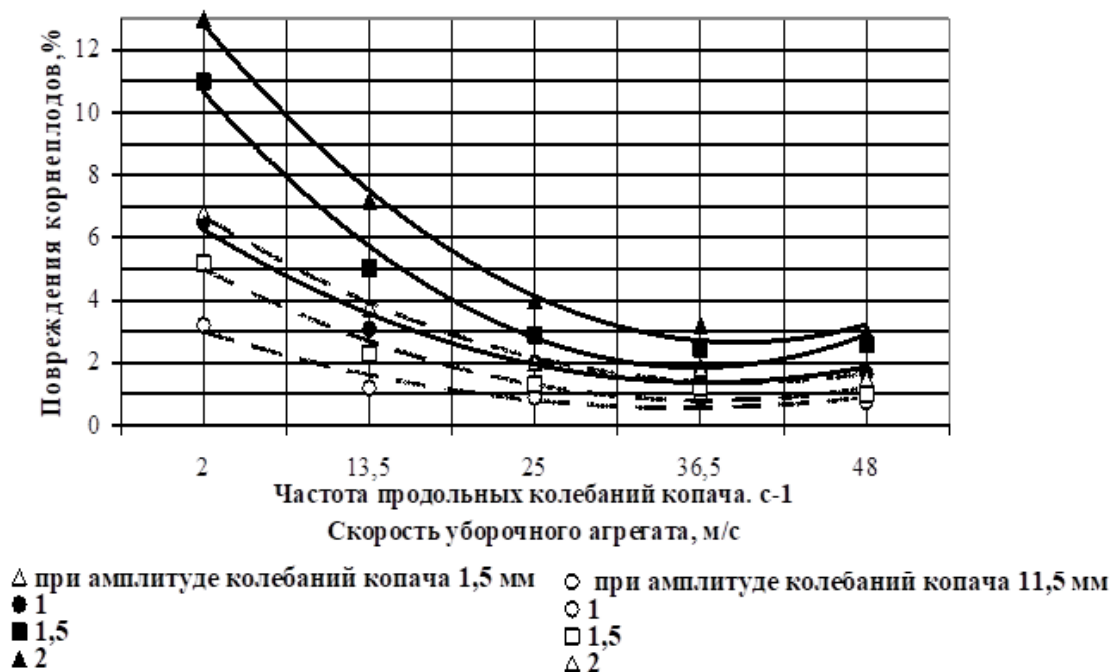


Рисунок 4.26 – Повреждения корнеплодов в зависимости от изменения частоты продольных колебаний вибрационного копача (при твердости почвы 3,5 МПа и влажности почвы 10 %)

Исследованиями установлено, что колебания копачей с оптимальными режимами приводили к разрушению почвенных комков из-за снижения связности почвы и сил сцепления, действующих между частицами почвы и снижали на 20-25% поступление комков почвы на шнековые очистители свеклокопателя. Повреждения и загрязненность почвой корнеплодов наблюдались при увеличении скорости движения уборочного агрегата более 2 м/с.

4.7.1.2 Влияние режимов работы вибрационных копачей и почвенных условий на энергетические показатели работы свеклокопателя

По результатам поисковых опытов определено, что изменение тягового сопротивления свеклокопателя носило нелинейный характер, поэтому нами была принято планирование эксперимента проводить по плану Бокса второго порядка.

С использованием прикладной программы MathCAD осуществлялась компьютерная обработка результатов многофакторного эксперимента, в результате которой была получена математическая модель второго порядка, описывающую в закодированном виде зависимость критерия оптимизации от принятых факторов [10]:

$$\begin{aligned}
 Y_1 = & 15,21 + 4,75 \cdot X_1 - 0,57 \cdot X_2 - 3,27 \cdot X_3 - 1,4 \cdot X_4 - 0,76 \cdot X_5 + 10,6 \cdot X_1^2 + \\
 & + 4,16 \cdot X_2^2 - 1,34 \cdot X_3^2 - 9,34 \cdot X_4^2 - 1,64 \cdot X_5^2 + 0,24 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,18 \cdot X_1 \cdot X_3 - \\
 & - 0,24 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0,12 \cdot X_1 \cdot X_5 - 0,69 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,15 \cdot X_2 \cdot X_4 - 0,18 \cdot X_2 \cdot X_5 - \\
 & - 0,52 \cdot X_3 \cdot X_4 - 0,5 \cdot X_3 \cdot X_5 - 0,19 \cdot X_4 \cdot X_5.
 \end{aligned} \tag{4.5}$$

В раскодированном виде с учетом значимости коэффициентов регрессии (Приложение Б5) уравнение можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 R_i = & 98,78 - 118,75 \cdot V - 21,0025 \cdot T + 0,032 \cdot \omega + 4,9193 \cdot A + 0,5902 \cdot W + \\
 & + 42,4 \cdot V^2 + 4,16 \cdot T^2 - 0,0025 \cdot \omega^2 - 0,373 \cdot A^2 - 0,0256 \cdot W^2 + 0,48 \cdot V \cdot T + \\
 & + 0,0155 \cdot V \cdot \omega - 0,096 \cdot V \cdot A - 0,03 \cdot V \cdot W - 0,0297 \cdot T \cdot \omega - 0,0188 \cdot T \cdot W - \\
 & - 0,0044 \cdot \omega \cdot A - 0,0027 \cdot \omega \cdot W - 0,0047 \cdot A \cdot W.
 \end{aligned} \tag{4.6}$$

Проверенная на адекватность по F -критерию Фишера при 5% -уровне значимости полученная модель оказалась меньше табличного значения критерия, что подтверждает её адекватность с 95%-ной вероятностью.

Изменение критерия оптимизации изучалось с помощью двухмерных сечений с учетом влияния принятых факторов, которые позволили определить параметры тягового сопротивления свеклокопателя. С помощью канонического преобразования полученной модели определяли вид поверхности отклика. Для этого составляли уравнения регрессии в канонической форме для парных сочетаний исследуемых факторов, определяли координаты центра поверхности отклика и углы поворота осей координат. Результаты расчетов представлены в Приложении Б5.

На Рисунке 4.24 представлены двухмерные сечение поверхности отклика,

характеризующие зависимость тягового сопротивления свеклокопателя от скорости движения уборочного агрегата, твердости почвы, амплитуды и частоты продольных колебаний вибрационного копача [10,11].

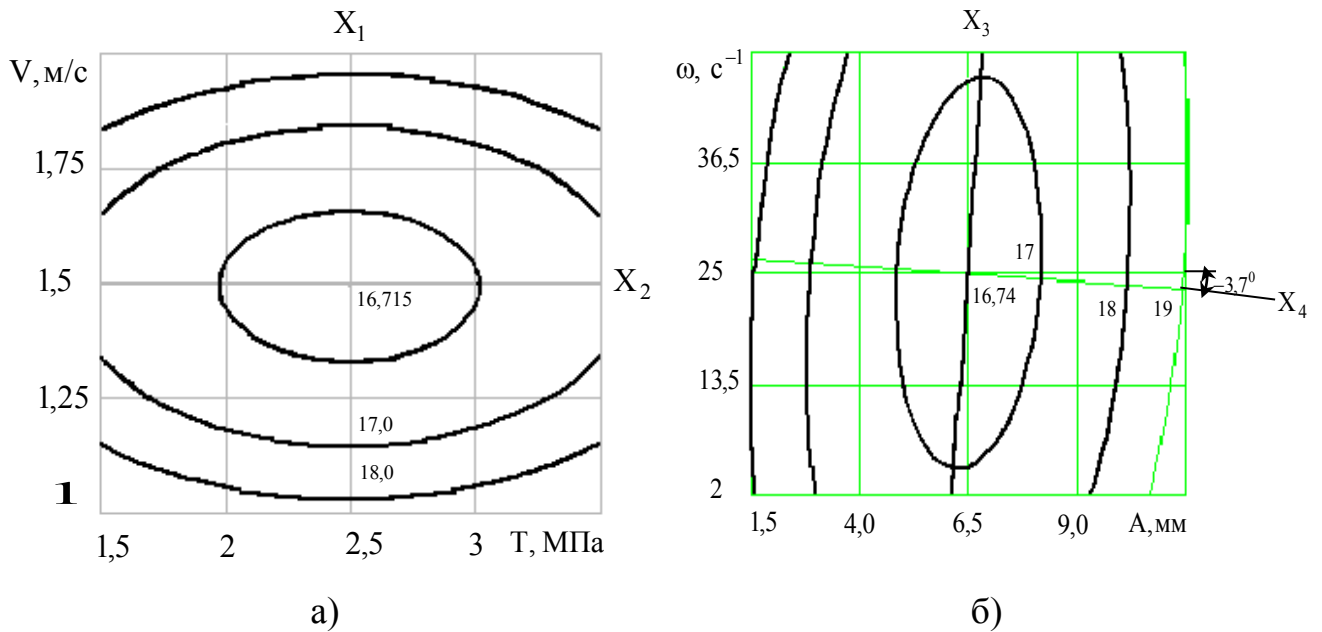


Рисунок 4.24 – Двухмерные сечения поверхности отклика, характеризующие зависимости тягового сопротивления свеклокопателя от скорости движения уборочного агрегата и твердости почвы (а) и амплитуды и частоты продольных колебаний вибрационного копача (б)

Анализ двухмерных сечений, представленных на Рисунке 4.24 показал, что оптимальное значение тягового сопротивления в пределах 16,715 кН находилось при скорости уборочного агрегата от 1,4 до 1,6 м/с и работе на почве с твердостью от 2,2 до 2,8 МПа. При уменьшении скорости движения уборочного агрегата тяговое сопротивление свеклокопателя понижалось, а при увеличении твердости почвы оно возрастало. Увеличение тягового сопротивления свеклокопателя приводило к увеличению буксования движителей энергетического средства и снижению скорости движения уборочного агрегата.

В интервалах частоты и амплитуды продольных колебаний вибрационных

копачей от 8,5 до 44,5 с⁻¹ и от 5 до 7,5 мм соответственно находилась оптимальная область значения тягового сопротивления свеклокопателя. Повышение частоты продольных колебаний вибрационных копачей из-за уменьшенной зоны деформации почвы приводило к повышению тягового сопротивления свеклокопателя. Из-за ухудшения деформации почвы при пониженной её влажности при уменьшенной амплитуде продольных колебаний вибрационных копачей увеличивало тяговое сопротивление свеклокопателя. Повышение частоты и амплитуды продольных колебаний вибрационных копачей приводило к повышенным энергическим затратам на привод рабочих органов свеклокопателя.

Минимальное значение тягового сопротивления свеклокопателя равное 16,73 кН было отмечено при скорости движения уборочного агрегата равной 1,5 м/с, с частотой и амплитудой продольных колебаний вибрационных копачей 25 с⁻¹ и 6,5 мм, соответственно.

Режимы работы вибрирующих копачей (частота, амплитуда) навесных свеклокопателей типа КВС-6 существенным образом влияли на затраты мощности на привод рабочих органов. Наряду с этим на затраты мощности при работе свеклоуборочного агрегата оказывали влияние почвенные условия (твердость и влажность почвы) и скорость движения уборочных агрегатов.

Энергетическая оценка исследованного свеклоуборочного агрегата в составе трактора ЛТЗ-155 и свеклокопателя КВС-6 проводилась при работе на оптимальных режимах колебаний вибрационных копачей. Для этого предварительно была снята тяговая характеристика трактора на поле, подготовленном под посев.

Результаты энергетической оценки свеклоуборочного агрегата ЛТЗ-155+КВС-6 на различных режимах работы при почвенных условиях (твердости 2,5-2,8 МПа и влажности почвы 18-20%) представлены в Таблице 4.6.

Анализ результатов исследований показывает, что работа свеклокопателя в оптимальном режиме (на частоте колебаний вибрационного копача 25 с⁻¹ с амплитудой 6,5 мм, при твердости – 2,5-2,8 МПа и влажности почвы – 18-20%) обеспечивало снижение затрат мощности в среднем на 18 % при загрузке двигателя

энергетического средства 0,8-0,92.

Таблица 4.6 – Показатели энергетической оценки свеклоуборочного агрегата ЛТЗ-155+КВС-6 [10]

Показатели	Скорость движения агрегата, м/с			
	1,3	1,5	1,7	2,0
Эффективная мощность двигателя N_e , кВт	$\frac{61,1}{74,5}$	$\frac{71,7}{85,3}$	$\frac{73,2}{87,2}$	$\frac{86,0}{102,4}$
Тяговая мощность N_T , кВт	$\frac{10,8}{13,4}$	$\frac{14,4}{17,8}$	$\frac{18,6}{22,9}$	$\frac{25,3}{31,2}$
Мощность на ВОМ, $N_{ВОМ}$, кВт	$\frac{32,0}{42,8}$	$\frac{34,0}{44,2}$	$\frac{36,0}{45,7}$	$\frac{38,0}{48,5}$

Частота колебаний вибрационного копача, c^{-1} Амплитуда колебаний вибрационного копача, мм

Числитель:	25	6,5
Знаменатель	48	11,5

При снижении амплитуды колебаний вибрационных копачей до 1,5 мм увеличивалась в 2,82 раза тяговая мощность с 35 до 98,8 кВт и буксование энергетического средства. При этом из-за появления «бульдозерного эффекта» уборочный агрегат часто останавливался, что приводило к снижению производительности, а также к значительным потерям и повреждениям корнеплодов.

В СПК «Голицинский» Никифоровского района, Тамбовской области при непосредственном участии автора был испытан копатель-валкоукладчик сахарной свеклы КВС-6 в агрегате с трактором ЛТЗ-155, который использовался при двухфазной валковой технологии уборки сахарной свеклы (Приложение В5) [175]. Ботва сахарной свеклы, убираемая копателем, укладывалась в валок и в последующем запахивалась, а корнеплоды укладывались в валок и затем подборщиком-погрузчиком подбирались из валков и грузились в транспортное средство.

При агротехнической и эксплуатационно-технологической оценке влажность почвы в рабочем горизонте 0-10 см составляла 21,43% и твердость – 2,49 МПа. Были определены средний диаметр и длина корнеплодов – 8,2 см и 16,4 см соответственно. Биологическая урожайность корнеплодов составляла 52,5 т/га, а ботвы – 31,6 т/га.

Количество корнеплодов на 1 м рядка, высота расположения их головок относительно поверхности почвы соответствовали агротехническим требованиям. Отклонение корнеплодов от оси рядка с расстоянием ± 3 см составило 90 %. Засоренность посевов сорняками была минимальной.

В результате лабораторно-полевых испытаний уборочного агрегата была выявлена глубина хода копачей при различной скорости уборочного агрегата, которая при увеличении скорости движения с 1,28 до 1,56 м/с уменьшалась на 1,1 см (с 7,4 см до 6,3 см). На этих же скоростях уборочного агрегата потери корнеплодов составили 1,15 и 1,39 %, в том числе невозвратимые 1, 15 и 1,39 %, а загрязненность вороха корнеплодов почвой – 16,32 % и 18,49 %, что не соответствует требованиям технического задания (не более 8%). При этом общие повреждения корнеплодов были 4,19 и 4,77 %, в т.ч. сильно поврежденных корнеплодов было 3,2 и 2,47 %, что соответствует требованиям (не более 5%).

По результатам исследований определялись энергетические затраты агрегата на уборке сахарной свеклы и устанавливалось соответствие этих показателей мощностным характеристикам энергетического средства (трактора ЛТЗ-155). При этом тяговое сопротивление свеклокопателя, при движении уборочного агрегата со скоростями 1,28 и 1,56 м/с, составляло 10,45 и 11,40 кН соответственно, которое не превышало значений номинального тягового усилия трактора класса 2 (от 18,0 до 27,0 кН). Буксование ведущих колес энергетического средства не более 5,1%, что не превышало его допустимого значения (до 15%) по ГОСТ 7057-81 [85]. Было отмечено увеличение потребляемой мощности на выполнение технологического процесса на 11% (с 60 до 68 кВт) и затрат мощности на привод рабочих органов свеклокопателя на 6 % (с 47 до 50 кВт) при работе уборочного агрегата на скорости в 1,56 м/с.

При этом удельный расход топлива за время основной работы уборочного агрегата уменьшился на 10%. Загрузка двигателя трактора по мощности на указанных скоростных режимах работы агрегата составляла соответственно 0,68 и 0,77. Таким образом, по тяговым и мощностным показателям копатель-валкоукладчик КВС-6 обеспечивал устойчивое выполнение технологического процесса с трактором ЛТЗ-155 на указанных скоростях движения уборочного агрегата.

Производительность за 1 ч основного времени уборочного агрегата, при работе на скорости 1,19 м/с, составляла 1,17 га, а эксплуатационного времени – 0,71 га при коэффициенте использования сменного и эксплуатационного времени 0,68 и 0,61 соответственно. Коэффициент готовности копателя составил 0,87. Нарботка на отказ – 11,3 часа. Затраты труда на выполнение уборочного процесса составили 1,25 чел.-ч/га.

4.7.2 Сравнительная эксплуатационно-технологическая оценка работы зарубежных свеклоуборочных комбайнов

Из общей численности свеклоуборочной техники в Тамбовской области более 80 единиц (15% от всего комбайнового парка области) составляют самоходные свеклоуборочные комбайны различных фирм-изготовителей: Holmer, Ropa, Franz Kleine, Agrifac. Из них на долю комбайнов германской фирмы Holmer Terra Dos T2 и T3 приходится около 50% самоходных бункерных свеклоуборочных комбайнов работающих на свекловичных полях области.

Исследованиями установлено, что при неограниченном приёме корнеплодов сахарными заводами и отсутствии квот, самоходные комбайны в передовых хозяйствах использовались круглосуточно с выработкой до 30-35 га.

Хронометражными наблюдениями, проведенными в хозяйствах Тамбовской и липецкой областей, нами установлена производительность шестирядных свеклоуборочных комбайнов за 1 час основного времени в пределах от 1,1 до 2 га. Это объяснялось различной квалификацией комбайнеров и скоростными режимами движения комбайнов, которые определялись не только рельефом поля, влажностью и твердостью почвы, но и урожайностью корнеплодов и ботвы, расположением корнеплодов относительно поверхности почвы и их отклонениями от теоретической оси рядка [32, 50].

Нарботка комбайнов за 1 мото-час работы у операторов со стажем работы до 2-х лет варьировала от 0,51 до 1,0 га при средних значениях этого показателя для комбайнов различных сроков службы равных 0,7-0,8 га. Нарботка комбайнов управляемых высококвалифицированными операторами со стажем от 3 до 5 лет за

1 мото-час работы варьировала от 0,91 до 2,0 га при средних значениях равных 1,4-1,6 га [50, 76].

При проведении экспериментальных исследований определялась производительность и расход топлива, а также качественные показатели работы комбайнов, результаты которых представлены в Таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Результаты эксплуатационно-технологической оценки и показатели качества работ свеклоуборочных комбайнов

Марка комбайна	Производительность комбайна за 1 час сменного времени, га	Расход топлива, л/га	Качественные показатели			
			Нормальный срез головок корнеплодов, %	Суммарные потери, %	Загрязненность вороха, %	
					почвой	растительными остатками
Kleine SF-10	1,1-1,3	40,6	53,4	4,2	8,1	1,9
Agrifac WKM 9000	1,1-1,95	40,2	63,2	3,4	8,6	2,2
Matrot M2011	1,43-1,68	37,9	50,2	5,7	7,2	3,2
Grimme Maxtron 620	1,5-1,9	41,9	67,3	3,6	7,9	1,4
Holmer Terra Dos T2	1,84-2,0	39,2	93,2	2,1	5,4	0,2
Ropa Euro Tiger	1,6-2,0	50,8	75,2	2,6	8,6	0,7
Agrifac Big Sig	1,7-1,95	49,2	59,9	3,8	9,2	1,2

Анализ эксплуатационно-технологических показателей работы самоходных комбайнов зарубежного производства показал, что их производительность за 1 час сменного времени варьировала от 1,1 до 2,0 га (Таблица 4.7). При этом удельный расход топлива комбайнами соответствовал показателям, приведенным в технических характеристиках, и составлял от 30,9 до 50,8 л/га [46].

Сменная выработка большинства самоходных комбайнов не превышала 8-10 га, что объяснялось нерациональным использованием рабочего времени из-за низкой квалификации операторов.

Так, по результатам исследований по большинству обследованных комбайнов коэффициент использования сменного времени находился в пределах 0,45-0,56, что явилось следствием ошибок в управлении комбайнов из-за недостатка опыта, приводящим к длительным простоям при возникновении отказов различной сложности и ожидания сервисных механиков для их устранения.

Потери рабочего времени происходили из-за частой выгрузки не заполненных корнеплодами бункеров, использования комбайнов на полях с малой длиной гона длиной гона (250-400 м), частых переездов комбайнов на выгрузку корнеплодов в кагаты. На переезды комбайнов до кагатов и обратно затрачивалось от 3,3 до 10,4% сменного времени. На очистку рабочих органов во время работы операторы затрачивали до 2,6-4,8% сменного времени.

Низкой квалификацией операторов объяснялись большие потери и повреждения корнеплодов рабочими органами комбайнов, достигающие 2,1-3,4% и 25-35% соответственно. В свою очередь высококвалифицированные комбайнеры (инженеры и техники) со стажем работы на самоходных комбайнах допускали потери корнеплодов не более 1,5% и их повреждения не более 3%.

Большинство комбайнов обеспечивали нормальный срез головок корнеплодов и их суммарные потери не превышали 5,7%. Загрязненность вороха корнеплодов почвой после уборки различными комбайнами составляла от 5,4 до 9,2 %, а растительными остатками 0,2 до 3,2% (Таблица 4.7).

На эффективность использования зарубежных комбайнов повлияло качество фирменного обслуживания, которое ограничивалось в основном непродолжительным (5-7 дней) обучением операторов на фирмах-изготовителях комбайнов, участием их представителей в пуско-наладочных работах непосредственно в поле и консультированием по вопросам технической эксплуатации. В дальнейшем представители фирм по вызовам из хозяйств устраняли, отказы электронных и гидравлических систем комбайнов, а несложные технические отказы комбайнов устраняли, как правило, сами операторы.

На основании проведенных нами исследований зарубежных самоходных свеклоуборочных комбайнов можно сделать следующие выводы. По нашему мнению, при урожайности сахарной свеклы менее 20 т/га полученной на участках небольшой площади и малой длиной гона нецелесообразно использовать на уборке дорогостоящие самоходные комбайны иностранного производства.

Автором рекомендуется приобретать самоходные шести рядные комбайны германских фирм Holmer, Rora, Kleine и голландской фирмы Agrifac хозяйствам с высокой культурой земледелия и состоятельным в финансовом отношении, а также,

получающим высокие урожаи сахарной свеклы на больших площадях.

Эффективное использование самоходных свеклоуборочных комбайнов возможно при соблюдении следующих условий.

В хозяйстве посевы сахарной свеклы должны размещаться на выровненных полях правильной формы с площадью не менее 250 га и длиной гона свыше 1000 м при урожайности корнеплодов не менее 30 т/га.

Хозяйство должно быть обеспечено необходимыми материально-техническими ресурсами и квалифицированными операторами и работниками сервисных служб, прошедших специальную подготовку и стажировку на фирмах-изготовителях комбайнов.

Уборочный процесс должен быть достаточно обеспечен высокопроизводительными погрузочными средствами и технологическим транспортом при поточно-перевалочном методе уборки и большегрузными автомобилями при поточной уборке сахарной свеклы.

Заправка комбайнов и погрузчиков должна осуществляться качественными дизельным топливом и маслами.

Техническое обслуживание комбайнов должно проводиться своевременно и качественно совместно сервисными механиками и операторами. Технические отказы в период гарантийного срока должны оперативно устранять сервисные службы фирм, а в процессе дальнейшей эксплуатации комбайнов – сервисные службы хозяйства или района.

Оперативная связь операторов комбайнов с руководством хозяйства и представителями сервисных служб фирм должна осуществляться с помощью мобильных телефонов.

При наличии нескольких самоходных комбайнов в одном хозяйстве или при формировании на сахарном заводе уборочных отрядов рекомендуется организовать их групповую работу. Групповое использование комбайнов позволит добиться сезонной наработки на один комбайн до 1000-1500 га, а при индивидуальном использовании – 600-750 га.

Групповое использование свеклоуборочных комбайнов успешно применяется в ОАО АПО «Аврора» Липецкой области, в ОАО «Память Кирова» Кирсановского района Тамбовской области и других аналогичных формированиях в названных и других областях ЦФО. Благодаря эффективному использованию зарубежных самоходных комбайнов в этих областях позволило хозяйствам и созданным формированиям довести годовую наработку в среднем на один комбайн (SF-10, WKM-9000) до 340, Terra Dos – 450, Furo Tiger – 1500 га.

Эффективная техническая эксплуатация самоходных свеклоуборочных комбайнов обеспечивается при качественном выполнении следующих мероприятий [20, 38, 41, 42, 49, 51, 53].

Предпродажную подготовку самоходных свеклоуборочных комбайнов, их запуск в работу, регламентные технические обслуживания, поиск и устранение последствий отказов и неплановый ремонт в период уборочных работ, должны осуществлять выездные бригады сервисных центров фирмы на коммерческой основе.

Техническое обслуживание проводят согласно установленным правилам и регламентам. При достижении установленной фирмой-изготовителем наработки комбайна (60, 400 и 800 мото-часов работы двигателя) хозяйство делает заявку через диспетчера на вызов сервисных механиков для проведения соответствующего вида технического обслуживания.

Наиболее трудоемким и продолжительным является первое техническое обслуживание, при котором требуется замена всех фильтров и масел в двигателе, трансмиссии и гидравлической системе. При этом средняя продолжительность проведения ТО-1 выявленная в ходе наших исследований, составляла 5-6 часов.

Все работы, связанные с проведением регламентных технических обслуживаний в гарантийный период эксплуатации комбайна, сервисные механики выполняют бесплатно, а расходные материалы (масла, фильтры) приобретает в дилерском центре сам потребитель. Затраты на восстановление работоспособности комбайнов, находящихся на гарантийном обслуживании, фирма берет на себя, включая оплату работы сервисных механиков и замену вышедших из строя гарантийных узлов и деталей (гидромоторы, датчики и т.п.).

Стоимостные показатели по техническому обслуживанию и ремонту свеклоуборочных комбайнов дилерским центром определяются договорными

условиями. При этом учитываются нормативы, разработанные головным дилерским центром с учетом рекомендаций фирмы-изготовителя и удаленности обслуживаемого комбайна от центра.

В целях оптимизации сервисного обслуживания свеклоуборочных комбайнов при дилерских центрах должна быть организована информационная служба, которая оказывает квалифицированные консультационные услуги без выезда на место использования комбайнов. Для этого оперативная связь операторов комбайнов должны осуществляться с помощью мобильных телефонов.

В целях повышения квалификации сервисных механиков дилерского центра должна быть организована их ежегодная стажировка на фирме-изготовителе комбайна.

Для проведения сложных ремонтов полнокомплектных комбайнов и сложных сборочных единиц сервисная служба дилерского центра должна иметь оснащенную необходимым оборудованием, приборами, специальным слесарно-монтажным инструментом, стационарную ремонтно-обслуживающую базу.

Каждой выездной бригаде сервисных механиков должен предоставляться автомобиль, оборудованный необходимыми приборами, приспособлениями, инструментами, минимальным набором запасных частей.

4.7.3 Результаты эксплуатационно-технологической оценки машин свеклоуборочных комплексов

При двухфазной уборке сахарной свеклы в хозяйствах Белгородской, Тамбовской и других областях применяют комплексы машин американской фирмы «Amity Technogy» – прицепные корнеуборочная и ботвоуборочная машины WIC, агрегируемые соответственно с тракторами ХТЗ-16131, РТ-М-160 и Т-70С (Рисунок 4.27).

Корнеуборочная машина WIC имеет бункер вместимостью 3,5 м³ для накопления корнеплодов используемый на время замены транспортных средств.



а) ботвоуборочная машина;

б) корнеуборочная машина WIC

Рисунок 4.27 – Комплекс прицепных машин американской фирмы «Amity Technogy»

Исследованиями установлена производительность американского комплекса фирмы «Amity Technogy» за 1 час основного времени составила 1,1-1,5 га, а коэффициент использования сменного времени 0,5-0,67. Потери корнеплодов были в пределах 2,5-3,4%, а их повреждения – 10-15%. Суммарный удельный расход топлива комплекса составил 30,9 л/га.

На уборке сахарной свеклы в ООО «Дмитриевское» и СПК «Голицинский» Никифоровского района Тамбовской области под руководством и непосредственном участии автора испытывался комплекс машин производства ФГУП «Производственное объединение «Азовский механический оптико-механический завод», включающий: полуприцепной ботвоуборочный агрегат АБ-1, навесной копатель АС-1 прицепной свеклоподборщик ПС-2.

В обоих хозяйствах ботвоуборочный агрегат АБ-1 и копатель АС-1 агрегатировались с трактором Т-70С, а свеклоподборщик ПС-2 агрегатировался с колесным трактором МТЗ-82 и МТЗ-1221.

Ботвоуборочный агрегат АБ-1 предназначен для уборки ботвы сахарной свеклы, очистки головок корнеплодов от остатков ботвы и их дообрезки, а также укладки ботвы в валок. Технологический процесс уборки ботвы агрегатом АБ-1 осуществляется следующим образом. При движении агрегата по рядкам свеклы стальными ножами ботва срезается, измельчается и подаётся на шнековый транспортёр, которым ботва транспортируется на убранную часть поля и укладывается в валок. Билами очищающего вала удаляются остатки ботвы с головок корнеплодов, а плоскими ножами дообрезчика производится окончательная обрезка головок корнеплодов на

установленной высоте среза.

Свеклоуборочный агрегат АС-1 предназначен для выкапывания корнеплодов сахарной свеклы, очистки вороха от почвы и растительных остатков и укладки корнеплодов в валок (Рисунок 4.28), который из передней и задней рамы, на которых установлены выкапывающие пассивные диски и направители, роторы с пружинными ограждениями и механизмами привода. В процессе движения свеклоуборочного агрегата направители раздвигают почву, а пассивные диски извлекают корнеплоды вместе с почвой. Далее ворох попадает на встречно вращающиеся роторы, где очищается от почвы и растительных остатков. С помощью регулируемых направителей потока формируется валок корнеплодов.



а) копатель АС-1



б) подборщик ПС-2

Рисунок 4.28– Свеклоуборочный комплекс Азовского механического оптико-механического завода

Технологический процесс подбора и погрузки корнеплодов свеклоподборщиком ПС-2 осуществляется следующим образом (Рисунок 4.28). При движении агрегата подбирающий транспортёр подхватывает корнеплоды, уложенные в валок, и шнековым барабаном они направляются на выгрузной транспортёр, который подаёт их в транспортное средство.

В процессе испытаний была проведена эксплуатационно-технологическая оценка машин комплекса. Испытаниями установлено, что производительность за 1 час основного времени ботвоуборочного агрегата и копателя меньше указанной в технической характеристике АБ-1 и АС-1, а свеклоподборщика ПС-2 находилась в пределах назначенной производительности.

Из-за неритмичной подачи транспортных средств под погрузку корнеплодов и продолжительным временем переездов до полевых кагатов и обратно коэффициент технологического обслуживания подборщика ПС-2 в агрегате с трактором МТЗ-1221

составил 0,86. Коэффициент надёжности технологического процесса по испытанным агрегатам находился в пределах 0,94-0,98, использования сменного и эксплуатационного времени соответственно 0,56-0,61 и 0,55.-0,59. Это объясняется непроизводительными затратами времени на переезды агрегатов, простоями по организационным причинам, на устранение технологических и технических отказов.

Качественные показатели работы комплекса машин определялись при проведении эксплуатационно-технологической оценки уборочных агрегатов. Так, качество обрезки корнеплодов ботвоуборочным агрегатом АБ-1 соответствовало агротехническим требованиям: более 95 % корнеплодов было с нормальным срезом, около 2 % – с низким срезом, массовая доля с высоким срезом и необрезанных корнеплодов составила 2,89 %. Практически все корнеплоды были с гладкой поверхностью среза. Массовая доля связанной с корнеплодами ботвы после её обрезки от массы корней составила 3,5 %. Потери массы срезанных головок корнеплодов на поверхности почвы составили не более 1,0 %.

Свеклокопатель АС-1 был настроен на глубину подкапывания 7-9 см. Средняя высота сформированного копателем валка корнеплодов составила 21,8 см, ширина валка – 54,8 см, а его масса на длине 1м – 8,6 кг. Потери корнеплодов составили 4,2-4,9%, в том числе невозвратимые 1,6-2,5%. По составу ворох выкопанных корнеплодов состоял из 73,9-88,8% корнеплодов, 26,1-11,2% примесей, из которых до 20% была свободная почва и почва с корнеплодов, до 3,5% была ботва с корнями. Повреждения корнеплодов составили 20,1-25,8%, в том числе сильно поврежденные – 5,5-7,3%. Большие значения показателей получены при работе копателя при низкой влажности почвы (10-12%).

При работе свеклоподборщика ПС-2 потери корнеплодов при подборе валка и погрузки корнеплодов в транспортное средство не превышали 1,0%. Примесей в ворохе собранных корнеплодов было 2,7%, из них растительные остатки составляли 0,63%. Сильные повреждения наблюдались у 1,62% корнеплодов. Сравнительные эксплуатационно-технологические показатели использования комплексов машин для двух и трехфазной уборки сахарной свеклы без учета технологического транспорта представлены в Таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Сравнительные эксплуатационно-технологические показатели использования комплексов машин для двух и трехфазной уборке сахарной свеклы без учета технологического транспорта

Состав свеклоуборочного комплекса	Страна изготовителя	Производительность за 1 час основного времени, га	Коэффициент использования сменного времени	Удельный расход топлива, д/га	Потери корнеплодов, %	Повреждение корнеплодов, %
T-70C+БМ-6А, T-70C+ОГД-6, КС-6Б	Украина	1,1-1,4	0,43-0,5	35,0	3-6	8-18
КВС-6+ЛТЗ-155, МТЗ-80+L-6	Россия	1,2-1,6	0,58-0,65	23,8	1,3-1,6	5-10
T-70C+АБ-1, T-70C+АС-1 МТЗ-80+ПС-2		1,1-1,5	0,56-0,61	37,4	1,6-4,9	10-15
T-70C+УБС-6А, МТЗ-80+ОГД-6 МТЗ-1221+КПС-6		0,9-1,1	0,5-0,65	36,7	3,2-6,0	10-14
КСН-6+УЭС-2-250, МТЗ-80+ППК-6	Республика Беларусь	1,2-1,5	0,5-0,55	26,3	1,4-2,0	5-15
МТЗ-82+К-6Ц, МТЗ-1221+Р-6 МТЗ-82+L-6	Германия	0,8-1,0	0,44-0,62	43,2	1,5-3,1	5-10
T-70C+дефолиатор WIC ХТЗ-16131+WIC	США	1,1-1,5	0,5-0,67	30,9	2,5-3,4	10-15

4.8 Выводы по главе

1. В результате экспериментальных исследований пахотного агрегата с поворотным плугом установлены:

– устойчивость поворотного плуга в вертикальной плоскости сохранялась 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 росло при увеличении угла постановки лемеха к стенке борозды и угла поворота рамы с плужными корпусами. При оптимальных значениях этих углов снижалось тяговое сопротивление плуга, и увеличивалась производительность пахотного агрегата на 10-12% за счёт повышения рабочей скорости и коэффициента использования сменного времени до 0,81;

2. Использование комбинированного блочно-модульного агрегата для предпосевной обработки почвы сахарной свеклы с интегральным энергетическим средством позволило:

– добиться 97-98% крошения почвы при плотности в 1,28-1,3 г/см³ и гребнистости поверхности почвы до 8-10 мм;

– распределения на установленной глубине заделки 98-95% семян при коэффициенте вариации 15-17%;

– повышения производительности посевного агрегата, работающего на почве предварительно обработанной агрегатом на 17,5%, снижения погектарного расхода топлива на обработке почвы на 18,6% , а на посеве – 11,6%.

3. Экспериментальными исследованиями посевного агрегата для высева капсулированных семян установлены:

по капсулам

– средний диаметр 19,2-20,0 мм, средняя масса при влажности 5-7% – 4,46 г, объёмная масса – 524 кг/м³, прочность капсулы при приложении усилия в 1,36 кН, средний угол естественного откоса – 19,6°;

– средний коэффициент трения покоя о различные материалы изменялся от 0,182 до 0,186, а о поверхность почвы (обыкновенный чернозем) варьировал от 0,213 до

0,393 в зависимости от её влажности;

по высеваящему аппарату

– расчетная вместимость бункера для капсул диаметром 0,02-0,025 м варьировала от 30 до 65 л;

– коэффициент заполнения капсулами ячеек высеваящего диска со сводоразрушителями 95-97% при частоте его вращения $1,4 \text{ с}^{-1}$ с повреждениями капсул не более 0,2%;

– коэффициент вариации временных интервалов между выбросами капсул из ячеек высеваящего диска со сводоразрушителями в пределах 0,18-0,21 при изменении частоты вращения от 1,1 до $2,7 \text{ с}^{-1}$;

– оптимальные значения конструктивно-режимных параметров высеваящего аппарата для капсулированных семян: радиус канавки на боковой поверхности диска – 25 мм, угол скоса односторонней фаски ячейки – $21,5^\circ$, количество сводоразрушителей – 3 шт., частота вращения диска – $1,44 \text{ с}^{-1}$;

по посевному агрегату

– размещение капсул в рядке с коэффициентом вариации интервалов в 34% , при скоростях движения до 2 м/с и установленной нормой высева в 5,6-6,3 шт./м;

– производительность за 1 час сменного времени 2,7 га/ч при удельном расходе топлива 2,7 л/га.

4. Производительность за 1 час сменного времени 18-тирядного блочно-модульного комбинированного агрегата на посеве сахарной свеклы дражированными семенами составляла 3,5-3,9 га/ч. Использование этого агрегата позволило снизить затраты труда, потребность в тракторах, культиваторах и сеялках, что привело к уменьшению на 23% удельных эксплуатационных затрат по сравнению с использованием 12-рядных однооперационных агрегатов при одинаковой посевной площади.

5. Качественные показатели работы модернизированных сеялок были выше по сравнению с серийно выпускаемыми сеялками точного высева, как по отклонению от заданной нормы высева (минус 1,8-3,6%), так и по коэффициенту вариации распределения всходов рядке (10,7-12,4%). Производительность модернизированных

сеялок была на 15-20% выше по сравнению с механическими сеялками.

6. Оснащение пневматических сеялок системой контроля высева семян позволило повысить качество посева и производительность посевных агрегатов при сокращении затрат труда, проводить посевные работы в оптимальные агротехнические сроки круглосуточно и эффективно контролировать оператором процесс посева.

7. Экспериментальными исследованиями аппликатора для обработки посевов сахарной свеклы установлено:

– используемые для внекорневой подкормки в фазе смыкания листьев распылители с щелевой насадкой с углом факела распыла от 60 до 120° и расходом рабочего раствора 1,35 л/мин должны быть установлены над листовой поверхностью сахарной свеклы на высоте от 400 до 175 мм;

– используемые при гербицидной обработке защитных зон растений распылители с щелевой насадкой с углом факела распыла 40° и расходом рабочего раствора 1,35 л/мин должны быть установлены над поверхностью почвы на высоте 50 мм, при этом максимальное изменение угла фронта факела распыла в пределах 52-75° возможно при установке факела распыла распылителя относительно оси обрабатываемой полосы на угол от 40 до 52°;

– производственной проверкой аппликатора подтверждено, что совмещенная обработка посевов регуляторами роста и гербицидами при уменьшенной дозе их внесения на 16-37% и на 50% соответственно и междурядная обработка снижает засорённость посевов на 3-15%, повышает урожайность корнеплодов на 8,6-24,5% и сахаристость на 0,2-1%.

8. Экспериментальными исследованиями свеклоуборочных комплексов установлено:

– снижение энергетических затрат на 14-18% при одновременном снижении потерь и повреждений корнеплодов достигается при использовании свеклокопателя на оптимальных режимах: частоте колебаний вибрационного копача 25 с⁻¹ и амплитуде 6,5 мм при скорости движения уборочного агрегата 1,5 м/с;

– повышение производительности уборочного агрегата до 1,6-1,7 га/ч достигается увеличением рабочей скорости движения и подбором режимов работы свеклокопателя КВС-6 в соответствии с условиями уборки;

– использование уборочного агрегата со свеклокопателем с вибрационными копачами и интегральным энергетическим средством повысило в сравнении с использованием комбайна КС-6Б повысить производительность на 20-30% при снижении расхода топлива на 32% и значительном сокращении потерь и загрязненности корнеплодов.

5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОСНАЩЕНИЮ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Потребность в машинно-тракторных агрегатах и самоходных машинах для выполнения технологических операций определяется по технологическим картам по возделыванию и уборке сахарной свеклы с указанием конкретных марок тракторов и сельскохозяйственных машин с учетом использования имеющейся в хозяйстве техники или реальных возможностей ее приобретения. При этом для выполнения технологических операций в лучшие агротехнические сроки предусматривают максимальную загрузку тракторов, комбайнов и сельскохозяйственных машин.

Нами предлагается аналитический метод определения потребности в тракторах и сельскохозяйственных машинах для выполнения технологических операций по возделыванию и уборке сахарной свеклы с учетом естественно-производственных условий, агротехнических и организационно-технологических критериев и факторов посевного и уборочного процессов, а также конструктивно-технологические параметры, используемых блочно-модульных машинно-тракторных агрегатов.

По полученным аналитическим выражениям с использованием программы для работы с электронными таблицами Excel, для примера, были построены номограммы по определению потребности в блочно-модульных машинно-тракторных агрегатах на посеве и по каждой технологической операции двух фазной валковой технологии уборки сахарной свеклы. Номограммы позволяют, не производя специальных вычислений, с практически достаточной точностью определить требуемое количество агрегатов по каждой технологической операции с учетом складывающихся условий производства.

5.1 Определение потребности в блочно-модульных агрегатах посевного комплекса

Количество блочно-модульных посевных агрегатов рекомендуется нами определять исходя из агротехнических требований на выполнение технологической операции в течение трех дней по выражению [34]:

$$n_{na} = 0,93 \cdot F_n / B_p \cdot V_p \cdot T_c \cdot K_c, \quad (5.1)$$

где n_{na} – количество блочно-модульных посевных агрегатов, шт.;

F_n – посевная площадь, га;

V_p – рабочая скорость посевного агрегата, м/с;

B_p – ширина сеялки, м;

T_c – продолжительность работы посевного агрегата в течение суток, ч;

K_c – коэффициент использования времени работы посевного агрегата в течение суток, учитывающий все простои агрегата различным причинам.

Потребность в блочно-модульных посевных агрегатах, с использованием выражения (5.1) можно определить по разработанной нами номограмме с использованием программы для работы с электронными таблицами Excel и учетом рекомендаций, изложенных в [34, 198], (Рисунок 5.1). По горизонтальным осям номограммы отложены: сверху – рабочая скорость посевного агрегата V_p , м/с и продолжительность работы посевного агрегата в течение суток, T_c , ч; снизу рабочая ширина захвата агрегата, B_p , м и коэффициент использования времени работы посевного агрегата, K_c ; по вертикальным осям: слева посевная площадь F , га и справа – искомое значение количества посевных агрегатов n_{na} , шт. [19, 198].

На Рисунке 5.1 представлен пример для определения количества 18-рядных блочно-модульных агрегатов на посеве сахарной свеклы на площади 500 га, при суточном использовании агрегата в течение 14 часов, с коэффициентом использования сменного времени 0,65 при рабочей скорости 2,5 м/с.

На каждой шкале номограммы по ключу находят отметки соответствующие условиям рассматриваемого примера. Из отметки на шкале F проводится

горизонтальная линия до пересечения с перпендикуляром, восстановленным из отметки шкалы V_p .

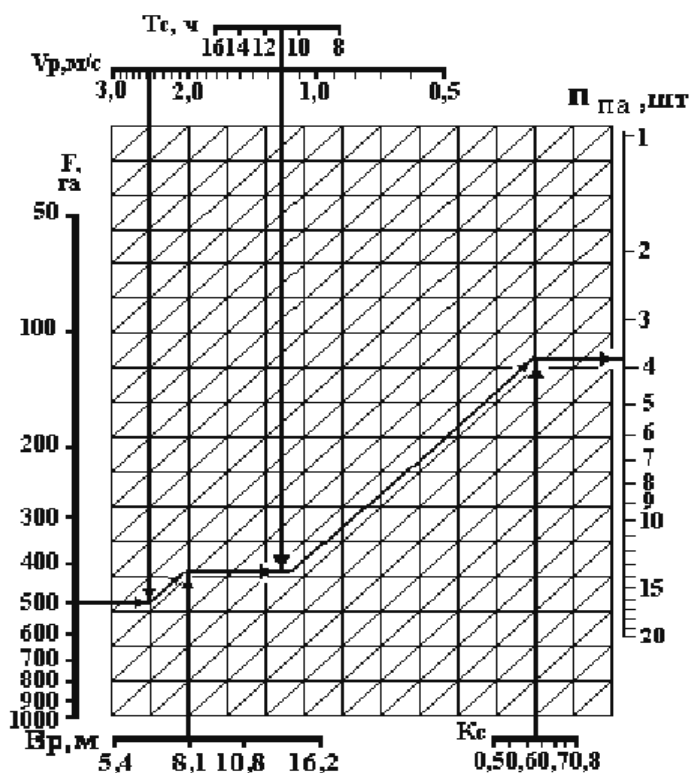


Рисунок 5.1 – Номограмма для определения количества блочно-модульных посевных агрегатах

Из точки пересечения этих двух линий проводится наклонная прямая (под углом 45°) до пересечения с перпендикуляром, восстановленным из отметки шкалы V_p .

Из этой точки пересечения проводится горизонтальная линия до пересечения с перпендикуляром, восстановленным из отметки шкалы T_c . Из точки пересечения этих линий вновь проводится наклонная (под углом 45°) прямая до пересечения с перпендикуляром, восстановленным из отметки шкалы K_c . Из полученной точки пересечения проводится горизонтальная линия в сторону шкалы $n_{па}$. В точке пересечения находится искомое значение – $n_{па}=3,8$. После округления до целого числа потребное количество посевных 18-рядных агрегатов должно быть не менее 4.

При этом сеялка должна быть настроена на норму высева с помощью разработанной и рекомендованной нами к применению номограммы, представленной на Рисунке 5.2.

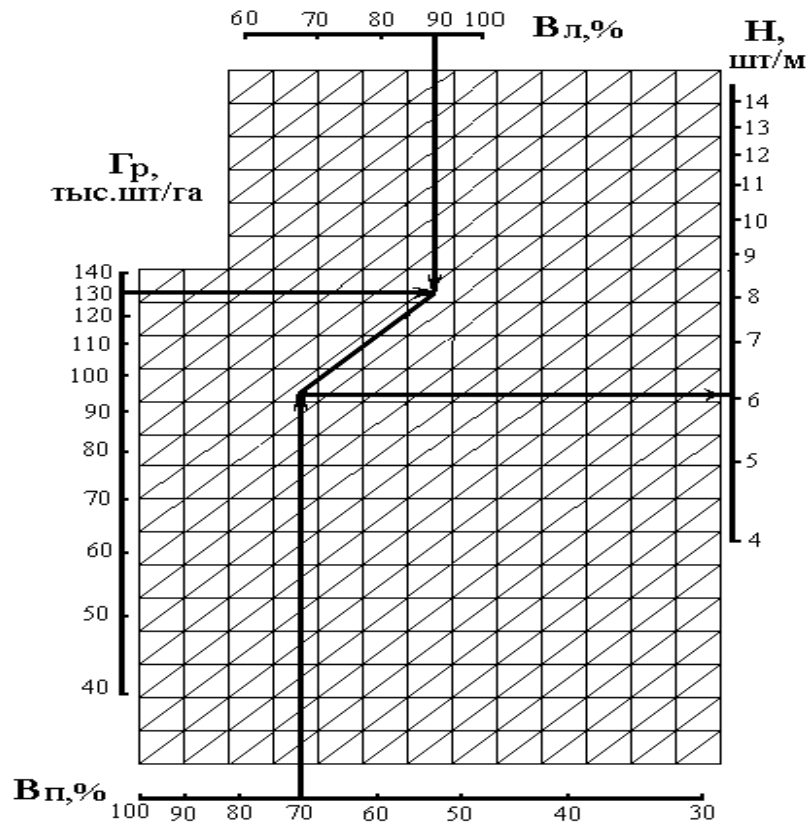


Рисунок 5.2 – Номограмма для определения нормы высева семян

Расчетное значение нормы высева учитывают при настройке свекловичных сеялок и определении потребности семенах.

В Таблице 5.1 приведены результаты расчета количества блочно-модульных агрегатов посевного комплекса.

Таблица 5.1 – Потребность в блочно-модульных агрегатах посевного комплекса

Машинно-тракторный агрегат	Количество агрегатов для посевной площади, га								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Т-70С+УСМК-5,4В	2	2	3	4	4	5	6	6	7
ЛТЗ-155+КРШ-8,1Г	1	1	2	2	2	2	3	3	3
ЛТЗ-155+АКШ-6Г	1	1	2	2	2	3	3	3	4
Т-70С+ССТ-12В(Б)	2	3	3	4	5	6	6	7	8
ЛТЗ-155+СТВС-18	1	1	2	2	3	3	3	4	4
ЛТЗ-155+РИТМ-СТВС-24	1	1	2	2	3	3	3	4	4

5.2 Определение потребности в блочно-модульных агрегатах уборочного комплекса

5.2.1 Агротехнические требования и естественно-производственные условия уборки сахарной свеклы

Качественные показатели работы свеклоуборочных машин должны отвечать следующим агротехническим требованиям [117, 122, 206].

Срез головок корнеплодов ботвоуборочной машиной осуществляется с прямой (90%) и гладкой (98%) поверхностью без сколов, которая должна проходить не ниже зоны прикрепления черешков нижних зеленых листьев и не выше 20 мм от вершины головки корнеплодов. Согласно требованиям количество корнеплодов со срезом выше 20 мм от вершины его головки не должно превышать 5%, а отходы головок в ботву не должны превышать 2%, в том числе потери их на поверхности почвы не более 1%.

Общие потери зеленой массы ботвы (на поверхности почвы, в ворохе корнеплодов, связанной с выкопанными корнеплодами) не должны быть более 10% ее урожайности.

Количество связанной с корнеплодами ботвы, которая осталась после ее обрезки и доочистки головок корнеплодов рабочими органами ботвоуборочных машин не должно превышать 1,5% от массы корнеплодов. Не допускается выбивание корнеплодов из почвы рабочими органами ботвоуборочной машины.

Загрязненность ботвы почвой не должна превышать 0,5% от её массы.

Измельчение ботвы допускается на части длиной не менее 50 мм.

Полнота выкапывания корнеплодов корнеуборочной машиной (свеклоуборочным комбайном) должна быть не менее 98,5%, а потери корнеплодов и их частей, оставшихся в почве и на ее поверхности не должны превышать 1,5%.

Повреждение корнеплодов допускается не более 20% по массе, в том числе сильное повреждение тела и хвостовой части корнеплодов в пределах 5%.

Общая загрязненность вороха корнеплодов не должна превышать 8%, в том

числе зеленой массой (ботва, растительные примеси) не более 2% по массе.

При уборке сахарной свеклы с укладкой корнеплодов в валок не допускается разрыв по времени между укладкой и подбором корнеплодов из валка.

Полнота подбора корнеплодов из валков и кагатов должна быть не менее 99,5% при загрязненности вороха корнеплодов не более 5%. Количество сильно поврежденных корнеплодов рабочими органами погрузчика по массе не должно превышать 2%.

На агротехнические, эксплуатационно-технологические и энергетические показатели работы машин свеклоуборочных комплексов и качество получаемой продукции существенно влияют климатические факторы и естественно-производственные условия, а также характеристики и рельеф почвы, состояние свекловичных плантаций.

Учет этих факторов и условий позволяют правильно выбирать эффективные методы и способы уборки, технические средства для ее осуществления, организацию производственных процессов, устанавливать рациональные технологические режимы работы машин и регулировки рабочих органов.

Климатическими факторами, характеризующими условия уборки сахарной свеклы, являются температура воздуха, наличие или отсутствие осадков в предуборочный и уборочный периоды, которые влияют на влажность и твердость почвы, а также определяют выбор типов и режимов работы машин с учетом несущей способности поверхности поля для прохождения уборочных агрегатов.

На территории Тамбовской области температура воздуха в сентябре, как наиболее благоприятном месяце для уборки, понижалась до минус 8°C, а октябре до минус 10°C. За рассматриваемый период выпадало от 59 до 243 мм осадков, а в отдельные годы за тот же период их практически не наблюдалось, что приводило к пониженной влажности почвы (до 12%). За период наблюдений отмечено, что в отдельные годы в сентябре и октябре продолжительность выпадения осадков превышало по 16-17 дней. При этом в отдельные сутки выпадало до 23 мм или около 40% к месячной норме. Максимальное количество осадков 128 мм (27% годовых) наблюдалось в сентябре-октябре [119]. Поэтому в годы с большим количеством выпадавших осадков период уборки сахарной свеклы растягивается

более чем на три месяца. При этом возможно, что значительная часть площадей остается не убранной. При повышенной влажности почвы (более 30%) теряют работоспособность большинство распространенных свеклоуборочных комплексов. Это объясняется налипанием влажной почвы на выкапывающие рабочие органы и залипанием и забиванием сепарирующих и транспортирующих органов уборочных машин. Дисковые и вильчатые копачи, установленные на самоходных комбайнах типа КС-6, РКС-6 теряют работоспособность при уборке с повышенной влажностью почвы (28-30%). В связи с этим рекомендуется применять копатели с фронтальной прямоточной схемой с вибрационными копачами, шнековыми или роторными сепарирующими и транспортирующими рабочими органами.

При повышенной влажности почвы лимитирующими факторами, наряду с ухудшением агротехнических показателей, являются показатели очистительной и пропускной способности рабочих органов, тягово-мощностные и сцепные свойства уборочных машин, оснащенных различными типами движителей.

На переувлажненных полях значительно снижается технологическая надежность уборочных машин и их производительность, увеличиваются потери урожая и загрязненность почвой корнеплодов и ботвы, чаще возникают отказы машин из-за забивания рабочих органов и перегрузок.

В засушливых условиях, при влажности почвы менее 12%, технологическими ограничениями являются: засоренность вороха корнеплодов комьями земли, достигающая 40-50%, и недопустимые потери урожая за счет обрыва хвостовой части корнеплодов (до 5-15%). Поэтому перед уборкой сахарной свеклы рекомендуется проводить послойное рыхление междурядий, что позволит уменьшить потери и повреждения корнеплодов, засоренность комьями земли, а также исключить поломки выкапывающих рабочих органов машин.

Необходимым условием качественной работы машин свеклоуборочного комплекса является выравненность поверхности поля и её взрыхленность до требуемой плотности почвы.

Основными показателями, характеризующими состояние свекловичных плантаций, являются: густота насаждений растений; равномерность распределения

корнеплодов вдоль рядка и их отклонение от его осевой линии; прямолинейность рядка; варьирование размеров и массы корнеплодов; расположение головок корнеплодов относительно уровня поверхности почвы; развитие и состояние ботвы; отклонение ширины основных междурядий; засоренность сорняками; сортовые особенности сахарной свеклы, биологическая урожайность корнеплодов.

На изреженных посевах сахарной свеклы высота головок корнеплодов относительно уровня поверхности почвы и их размеры и масса оказываются различными, что приводит к неравномерному и косому срезу ботвы по высоте. При малом расстоянии между корнеплодами в рядке и наличии двойников не успевают срабатывать копиры ботвосрезающих устройств, что исключает срезание ботвы с отдельных корнеплодов.

При равномерном распределении растений в рядке корнеплоды формируются одинаковых размеров и массы с одной и той же высотой расположения головок над почвой.

Отклонение корнеплодов от осевой линии рядка и несоблюдение заданной ширины междурядий приводят к потерям и повреждениям корнеплодов. Чем больше число отклонений ширины междурядий и корнеплодов от осевой линии рядка на величину, превышающую допускаемую агротехническими требованиями, тем больше потери и повреждения корнеплодов.

Развитие и состояние (конус, розетка) ботвы определяют способ её дальнейшего использования (на корм скоту, органические удобрения), а также технологию её уборки, и режимы работы ботвоуборочных машин.

Технологическая надежность уборочных машин снижается при повышенной засоренности свекловичных плантаций высокостебельными сорняками, отмершей и подвяленной ботвой, превышающая агротехнические требования.

На качественные показатели работы машин свеклоуборочных комплексов кроме названных факторов влияют конструкция выкапывающих, сепарирующих и транспортирующих органов и режимы их работы, а также точность вождения машин по рядкам. Последний фактор определяется квалификацией операторов.

5.2.2 Обоснование оптимальной продолжительности и начала уборки сахарной свеклы

Для установления оптимальных сроков уборки в конкретных условиях необходимы объективные критерии оценки зрелости сахарной свеклы. Обычно рекомендуют начинать уборку при наступлении технической спелости сахарной свеклы, которая характеризуется получением не только максимального сбора сахара с определенной площади, но и корнеплодов с высокими технологическими качествами. При этом отмечают также размыкание рядков растений, пожелтение и отмирание нижних листьев.

В Центрально-Черноземной зоне техническая спелость корнеплодов достигает не ранее 1 сентября [150]. Начинать и заканчивать уборку сахарной свеклы при достижении корнеплодами наивысшей массы и сахаристости. Сахарная свекла считается спелой при условии повышения в течение нескольких дней энергии корнеплодами больше на дыхание, чем на образование новых запасных веществ ассимиляцией.

При отмирании ботвы из-за заморозков, засухи или поражения болезнями (церкоспороз или мучнистая роса) уборку начинают до момента формирования новых листьев за счет запасов энергии в корнеплодах. При уборке ботвы на корм её начинают в ранний срок, который обеспечивает наименьшие потери при уборке и хранении, наименьшие уплотняющие воздействия на почву уборочной техникой.

Чтобы определить оптимальные сроки уборки, необходимо выявить динамику изменения массы и накопления сахара, начиная с 10 июля и до 1 октября. Максимальная масса корнеплода и сахаристость наблюдается в третьей декаде сентября.

Динамику прироста корнеплодов и их сахаристость определяют в лабораториях сахарных заводов. В условиях Центрально-Черноземной зоны по данным [150, 152] наиболее интенсивный прирост корнеплодов и накопление в них сахара происходят в сентябре. Так, за первую декаду (с 1 по 10 сентября) масса корнеплода в целом по зоне увеличилась на 69 грамм, сахаристость – на 1,6%,

вторую (с 11 по 20 сентября), соответственно, на 32 и 0,63, третью (с 21 по 30 сентября) – на 23 и 0,61%. Максимальная масса корнеплода и сахаристость наблюдается в третьей декаде сентября. Следовательно, экономически обоснованными сроками уборки сахарной свеклы в зоне следует считать с 20 сентября по 20 октября.

За основной комплексный показатель, по которому определяют сроки и продолжительность уборки, принимают накопление сахара на тот или иной календарный срок. Динамика накопления сахара в корнеплодах определяется средней массой корнеплода и её среднесуточным приростом на ту же дату. Эти показатели характеризуются биологическими особенностями возделываемых сортов и гибридов сахарной свеклы. В среднем накопление сахара до момента резкого изменения погодных условий в неблагоприятную сторону в середине октября можно считать равномерным.

Биологический сбор сахара со всей уборочной площади определяется густотой насаждений сахарной свеклы на момент начала уборки. За начало отсчета обычно принимают дату, когда корнеплоды достигают «технической спелости», при которой начинают уборку и переработку. Для Центрально-Черноземной зоны эта дата определяется 1 сентября.

Вместо исчисления сбора сахара за тот или иной период предлагается [150] определять относительные потери в процентах от наибольшего сбора сахара (при уборке всей свеклы в последний день, то есть при равенстве числа дней от назначенной даты, соответствующих началу и окончанию уборки) по выражению:

$$\eta = (T_2 - T_1) \cdot \frac{[1,5 \cdot (\Delta M + \Delta C) + \Delta M \cdot \Delta C \cdot (3T_2 + 1)] \cdot 100}{3 \cdot [1 + (\Delta M + \Delta C) \cdot T_2] + 4 \cdot \Delta M \cdot \Delta C \cdot T_2^2}, \quad (5.2)$$

где η – относительные потери сахара, %;

T_1 – дата начала уборки;

T_2 – дата окончания уборки;

ΔM – среднесуточный прирост массы корнеплода, (доля от начальной массы корнеплода);

ΔC – среднесуточный прирост сахаристости, (доля от начальной сахаристости).

По выражению (5.2) с учетом принятых для конкретного хозяйства допустимого уровня биологических потерь сахара определенного сорта или гибрида сахарной свеклы отечественной или иностранной селекции и назначенного срока окончания уборки находят оптимальный момент начала уборки и её продолжительность.

Для примера определим относительные потери сахара от наибольшего его сбора у гибрида РМС-70. Биологические потери сахара в среднем приняты на уровне 5%. Назначаем срок начала уборки 22 сентября, а окончания 10 октября, т.е. продолжительность уборки составит 18 суток. Если же начало уборки назначить на 5 сентября, принятое для большинства свеклосеющих хозяйств Тамбовской области, то потери сахара, согласно расчету составят около 13%.

Определенные по расчету сроки начала уборки и её продолжительность хозяйство должно сопоставить со своими возможностями, убрать свеклу за определенный срок, исходя из оснащенности уборочной техникой, определяемой по выражению:

$$n = S_{уб} / [W_c \cdot (T_2 - T_1)] \quad (5.3)$$

где n – количество уборочных комплексов, шт.;

$S_{уб}$ – площадь уборки сахарной свеклы в хозяйстве, га;

W_c – суточная наработка уборочного комплекса, га.

Для нашего примера площадь, занятую под сахарной свеклой в хозяйстве примем в 500 га, суточную наработку одного уборочного комплекса 7,5-8 га и 15-25 га. Тогда при продолжительности уборки в 18 суток хозяйству необходимо иметь 4 свеклоуборочных комплекса, а при повышенной наработке хозяйству потребуется два самоходных комбайна.

Если хозяйство имеет три малопродуктивных комплекса, то оно своими силами уберет сахарную свеклу за 22 суток. В этом случае начало уборки можно сместить на более ранний срок или привлечь недостающие уборочные комплексы со стороны на условиях аренды, оказания услуг специализированными формированиями или воспользоваться соседской помощью.

В случае привлечения уборочных комплексов со стороны необходимо сопоставить дополнительный сбор сахара от сокращения биологических потерь с дополнительными затратами денежных средств от сокращения продолжительности уборки сахарной свеклы.

Дополнительный сбор сахара при уборке всей свеклы в последний день (при $T_1=T_2$) определяют по выражению [150]:

$$\Delta C_{\text{дс}} = \Delta\eta \cdot G_p \cdot M_1 \cdot C_1 \left\{ 3 \cdot [1 + (\Delta M + \Delta C) \cdot T_2] + 4\Delta M \cdot \Delta C \cdot T_2^2 \right\}, \quad (5.4)$$

где $\Delta\eta$ – уменьшение биологических потерь благодаря уменьшению продолжительности уборки, в процентах от наибольшего сбора сахара (для нашего примера $\Delta\eta = 2\%$).

В денежном выражении дополнительную прибыль от снижения биологических потерь сахара можно определить по выражению:

$$C_{\text{п}} = \Delta C_{\text{дс}} \cdot C_c, \quad (5.5)$$

где C_c – цена сахара, руб. за 1 т.

Для нашего примера дополнительная прибыль от снижения потерь сахара составит 6340 руб./га при цене сахара 14 тыс. руб. за 1 т.

Как видно из выражений (5.2), (5.4), (5.5) дополнительная прибыль, получаемая хозяйством от снижения биологических потерь сахара, зависит от динамики накопления сахара в корнеплодах, определяемая средней массой корнеплода и ее среднесуточным приростом на определенную дату, а также средней сахаристостью корнеплода и среднесуточным приростом на ту же дату. Эти показатели определяются биологическими особенностями возделываемых сортов и гибридов сахарной свеклы. Дополнительные удельные эксплуатационные затраты на привлекаемые уборочные комплексы для сокращения продолжительности уборки определяют по выражению:

$$\mathcal{E}_{\text{кд}} = n \cdot \mathcal{E}_{\text{к}_1} / S_{\text{уб}}, \quad (5.6)$$

где $\mathcal{E}_{к1}$ – эксплуатационные затраты одного привлекаемого уборочного комплекса, руб.

Экономическая целесообразность привлечения дополнительных уборочных комплексов для уборки сахарной свеклы за установленную продолжительность определяется разницей между эксплуатационными затратами на обслуживание привлекаемых машин ($\mathcal{E}_{кд}$) или ценой услуги специализированного формирования в расчете на 1 га и дополнительной прибылью от снижения биологических потерь сахара ($C_{п}$), т.е. $\mathcal{E}_{кд} < C_{п}$.

5.2.3 Определение потребности в блочно-модульных агрегатах при двухфазной уборке сахарной свеклы

Потребность в блочно-модульных уборочных агрегатах определяется исходя из объема предстоящих работ с учетом метода уборки, наличия и технического состояния машин и транспортных средств. При этом необходимо располагать информацией о размерах уборочной площади, биологической урожайности сахарной свеклы, планируемых сроках и продолжительности уборки, а также эксплуатационно-технологических показателях используемых машин уборочного комплекса.

Потребное количество агрегатов уборочного комплекса можно определить как аналитически, так и с помощью номограмм [44, 205, 206].

При двухфазной уборке сахарной свеклы с укладкой корнеплодов в валок используют блочно-модульные свеклокопатели, навешиваемые на интегральное энергетическое средство, потребность в которых можно определить аналитически по предложенному нами выражению:

$$n_k = 1,03 \cdot F_y / (V_p \cdot T_c \cdot K_c \cdot D_y), \quad (5.7)$$

где n_k – количество блочно-модульных агрегатов, шт.;

F_y – площадь уборки, га;

V_p – рабочая скорость уборочного агрегата, м/с;

T_c – продолжительность использования уборочного агрегата в течение суток, ч;
 K_c – коэффициент использования времени работы агрегата, учитывающий все простои агрегата по различным причинам;
 D_y – длительность уборочного процесса, дни.

Потребность в блочно-модульных свеклокопателях или самоходных комбайнах с использованием выражения (5.7) определяют по номограмме с помощью ключа, представленного на Рисунке 5.3.

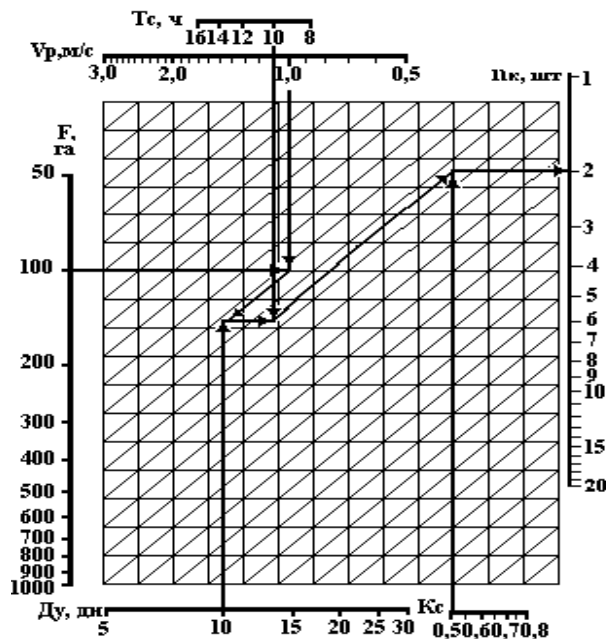


Рисунок 5.3 – Номограмма для определения количества блочно-модульных свеклокопателей

Для определения количества свеклокопателей, работающих на скорости 1 м/с на уборке сахарной свеклы, например, на площади в 100 га при 10 часовом использовании в течение 10 дней находят отметки по шкалам номограммы соответствующие условию рассматриваемого примера. После чего из отметки на шкале F проводят горизонтальную линию до пересечения с линией, проведенной под углом 90° от отметки на шкале V_p соответствующей рассматриваемому примеру. Из точки пересечения линий проводят наклонную линию под углом 45° до пересечения с линией, проведенной под углом 90° из отметки на шкале D_y . Из точки пересечения этих линий проводят горизонтальную линию до пересечения с

линией, проведенной под углом 90° из отметки на шкале T_c . Из точки пересечения линий проводят наклонную линию под углом 45° до пересечения с линией, проведенной под углом 90° из отметки на шкале K_c . Далее из полученной точки пересечения этих линий проводят горизонтальную линию до пересечения со шкалой n_k , где находят искомый ответ – $n_k = 2$.

Подбор валков корнеплодов сформированных свеклокопателями осуществляется с использованием блочно-модульных подборщиков-погрузчиков (бункерных погрузчиков) в агрегате с колесными энергетическими средствами, количество которых аналитически определяют по предложенному нами выражению:

$$n_{\text{пп}} = 0,276 \cdot F_y \cdot U / (q_v \cdot V_{\text{пп}} \cdot T_c \cdot K_c \cdot D_y), \quad (5.8)$$

где $n_{\text{пп}}$ – количество подборщиков-погрузчиков (бункерных погрузчиков), шт.;

U – биологическая урожайность корнеплодов, т/га;

q_v – масса одного погонного метра валка корнеплодов, кг/м;

$V_{\text{пп}}$ – рабочая скорость подборщика-погрузчика, м/с.

Потребное количество подборщиков-погрузчиков (бункерных погрузчиков) определяют с помощью номограммы (Рисунок 5.4), построенной по выражению (5.8) с использованием ключа, который описан при построении номограммы (Рисунок 5.3).

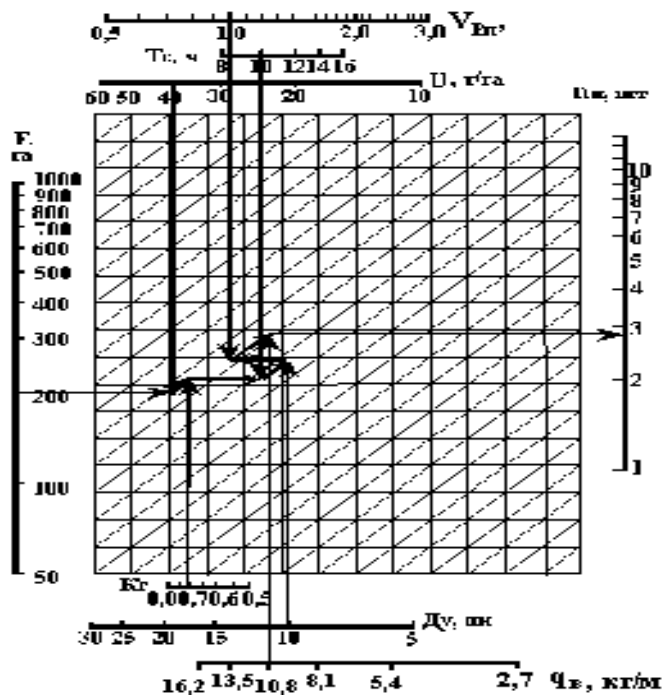


Рисунок 5.4 – Номограмма для определения количества блочно-модульных подборщиков-погрузчиков

Для нашего примера потребное количество блочно-модульных подборщиков-погрузчиков можно принять после округления равным 3.

Для определения биологической урожайности корнеплодов рекомендуется к применению разработанная нами номограмма [206], которая представлена на Рисунке 5.5.

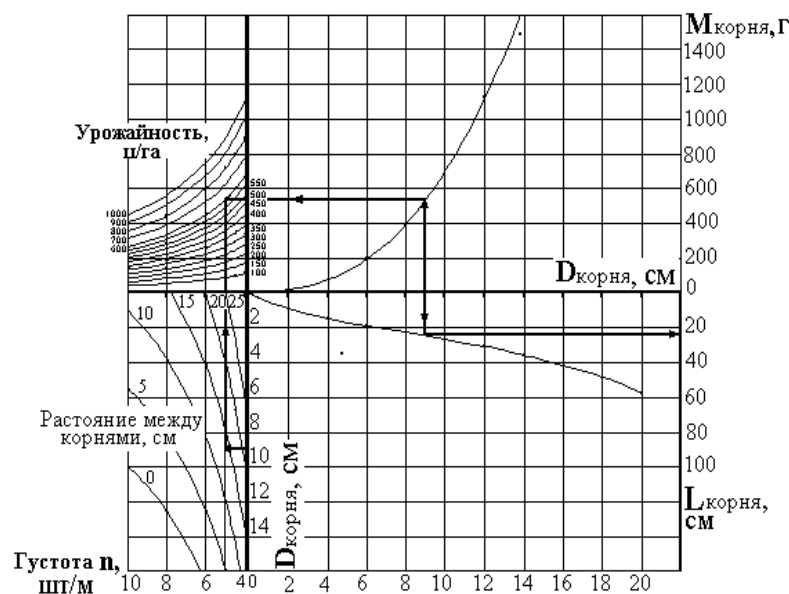


Рисунок 5.5 – Определение биологической урожайности корнеплодов сахарной свеклы

Для безостановочной работы подборщика-погрузчика необходимо согласовать продолжительность накопления корнеплодами кузова транспортного средства (бункерного подборщика) с продолжительностью их транспортировки до места разгрузки, выгрузки и движения обратно к подборщику-погрузчику, а также продолжительности смены тракторно-транспортного агрегатов при условии:

$$t_{об} = t_n + t_c, \quad (5.9)$$

где $t_{об}$ – продолжительность оборота тракторно-транспортного агрегата, мин.;

t_n – продолжительность накопления кузова транспортного средства (бункерного подборщика) корнеплодами, мин;

t_c – продолжительность смены тракторно-транспортного агрегатов у подборщика-погрузчика, мин.

С учетом грузоподъемности транспортного средства и коэффициента её

использования продолжительность накопления корнеплодами кузова (бункерного подборщика) определяют по предложенному нами выражению:

$$t_{\text{н}} = 16,68 \cdot \Gamma_{\text{т}} \cdot K_{\text{т}} / (q_{\text{в}} \cdot V_{\text{рп}}), \quad (5.10)$$

где $\Gamma_{\text{т}}$ – грузоподъемность транспортного средства), т;

$K_{\text{т}}$ – коэффициент использования грузоподъемности транспортного средства.

Количество тракторно-транспортных агрегатов необходимых для обслуживания подборщика-погрузчика корнеплодов определяют с учетом условия (5.9) по предложенному нами выражению:

$$n_{\text{ТС}} = 1 + \left[2,16 \cdot q_{\text{в}} \cdot V_{\text{ТС}} \cdot t_{\text{об}} / (\Gamma_{\text{т}} \cdot K_{\text{т}}) \right] \quad (5.11)$$

По выражению (5.11) при соблюдении условия равенства рабочих скоростей тракторно-транспортного агрегата и подборщика-погрузчика можно определить с помощью номограммы (Рисунок 5.6).

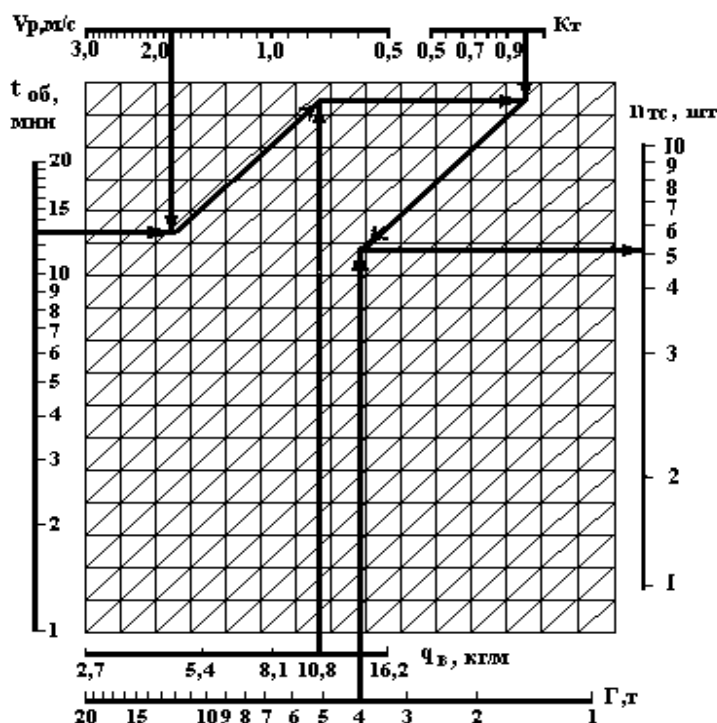


Рисунок 5.6 – Номограмма для определения количества тракторно-транспортных агрегатов

Порядок пользования номограммой показан на ключе. Например, требуется определить количество тракторно-транспортных агрегатов (тракторная тележка 2ПТС-4-887Б в агрегате с МТЗ-80/82) для обслуживания одного подборщика-погрузчика. Коэффициент использования грузоподъемности тележки равен 0,9. Рабочая скорость тракторно-транспортного агрегата – 1,8 м/с, а продолжительность его оборота 13 мин. Масса одного метра валка корнеплодов составляет 10,8 кг/м, что соответствует урожайности сахарной свеклы 40 т/га. С помощью ключа и в порядке, описанном при пользовании номограммой (Рисунок 5.1) определяют количество тракторно-транспортных агрегатов. Для нашего примера оно равно 5,2 или после округления принимают 6 тракторно-транспортных агрегатов.

Продолжительность оборота тракторно-транспортного агрегата определяют по выражению:

$$t_{об} = 0,0166(L_T / V_T + L_X / V_X) + t_p, \quad (5.12)$$

где L_T, L_X – путь, пройденный тракторно-транспортным агрегатом соответственно с грузом (до кагат) без груза, м;

V_T, V_X – скорость движения тракторно-транспортного агрегата соответственно с грузом и без груза, м/с;

t_p – продолжительность разгрузки транспортного средства, мин.

Продолжительность оборота тракторно-транспортного агрегата можно определить по номограмме (Рисунок 5.7), пользование которой осуществляется по представленному ключу. Например, необходимо определить продолжительность оборота тракторно-транспортного агрегата при перевозке сахарной свеклы от подборщика-погрузчика до полевых кагат, и обратно. При этом путь, пройденный тракторно-транспортным агрегатом с грузом, составляет 400 м. Скорость движения агрегата – 1,63 м/с. Обратно агрегат проходит путь равный 500 м со скоростью 1,93 м/с. Продолжительность разгрузки кузова транспортного средства со всеми подготовительными и заключительными операциями составляет 3 мин. В нашем примере продолжительность оборота тракторно-транспортного агрегата равна 19 мин.

Путь, пройденный тракторно-транспортным агрегатом с грузом и без груза L_T и L_X , определяют исходя из схемы размещения кагат, а их количество можно определить по соотношению длины гона L_T к расстоянию накопления L_H , т.е.

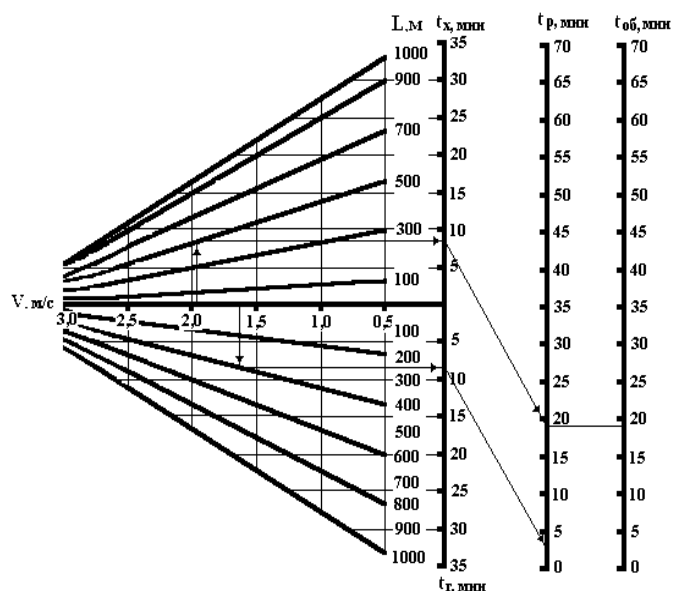
$$n_{KT} = L_T / L_H.$$


Рисунок 5.7 – Номограмма для определения времени оборота тракторно-транспортного агрегата

Искомые величины L_H и n_{KT} можно определить по номограмме, Рисунок 5.8, с учётом предложенного нами выражения:

$$L_H = 167 \cdot \Gamma_T \cdot K_T / q_B. \quad (5.13)$$

Ключ пользования совмещенной номограммой представлен на Рисунке 5.8. Например, требуется определить расстояние, на протяжении которого будет заполнен кузов транспортного средства выбранной грузоподъёмностью ($\Gamma_m = 9$ т) с заданным коэффициентом ее использования ($K_T = 0,9$) при линейной массе корнеплодов рядка $q_B = 1,35$ кг/м (урожайность–30т/га). Используя ключ номограммы, определяют искомое расстояние L_H , которое в нашем примере равно 1000 м.

Расчет количества кагатов $n_{\text{кт}}$ на длине гона $L_{\text{Г}}$ осуществляют по правой части совмещенной номограммы, которая представляет собой Z – номограмму. На определенном расстоянии, от полученной оси $L_{\text{н}}$, параллельно размещают ось $L_{\text{Г}}$ с противоположным расположением числовых отметок на ней. Так как количество кагатов $n_{\text{кт}}$ является частным от деления длины гона $L_{\text{Г}}$ на расстояние накопления $L_{\text{н}}$, то его отражают на ответной наклонной шкале. Наклонную прямую строят по двум точкам, которые находят, соединяя прямой линией такие отметки чисел на вертикальных шкалах, частное от деления которых было бы круглым числом. В нашем примере – это отметки чисел 1000 и 1000, 100 и 100. Пересечение линий, соединяющих эти отметки чисел, дает первую точку наклонной прямой. Вторую точку находят аналогичным образом, соединяя отметки чисел 100 и 1000, 200 и 2000. Соединением этих точек получают наклонную прямую, на которой строят ответную шкалу. Отметки этой шкалы находят геометрически, путем соединения определенных точек вертикальных шкал. Частные от деления длины гона и расстояния накопления проставляют в местах пересечения линий, соединяющих эти числа с наклонной шкалой.

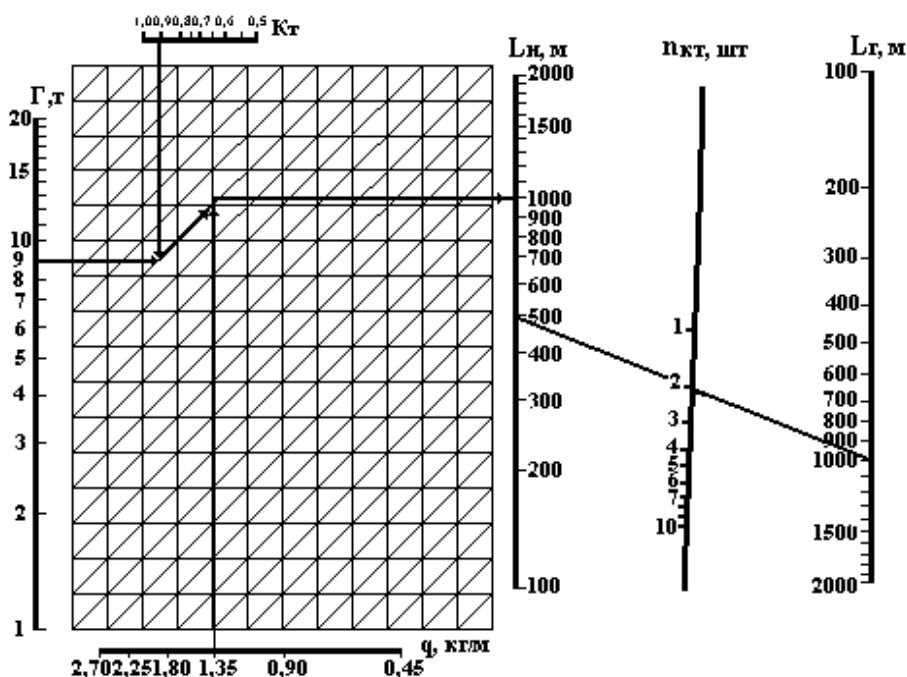


Рисунок 5.8 – Номограмма для определения расстояния накопления и количества полевых кагатов

С использованием описанных номограмм была определена потребность в блочно-модульных агрегатах уборочного комплекса, используемых при валковой технологии уборки сахарной свеклы в СПК «Голицинский» Никифоровского района Тамбовской области в 2000-2002 гг. Уборочная площадь в этом хозяйстве составляла 560 га, а урожайность корнеплодов – 35 т/га. Агрегаты использовались в течение суток по 10-12 часов на протяжении от 15 до 30 дней. Результаты расчёта сведены в Таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Потребность в блочно-модульных свеклоуборочных агрегатах в СПК «Голицинский» Никифоровского района Тамбовской области

Свеклоуборочные агрегаты	Потребное количество агрегатов, шт.			
	Продолжительность уборки, дни			
	15	20	25	30
ЛТЗ-155+КВС-6	4	3	2	2
МТЗ-80+L-6 (ППК-6)+ +МТЗ-80+2ПТС-4	3	2	2	1
	9	6	6	3
или ЛТЗ-155+ЛВ-13	3	2	2	1

5.2.4 Использование блочно-модульных свеклоуборочных агрегатов в составе машинно-технологической станции

На основании результатов, проведенных автором исследований, были обоснованы состав и структура комплекса машин для созданной на базе ОАО «Тамбовремтехпред» специализированной машинно-технологической станции (МТС) по уборке сахарной свеклы. МТС на договорных условиях осуществляла уборку в свеклосеющих хозяйствах близлежащих к областному центру районов.

Договорами предусматривались обязательства сторон по выполнению уборочных работ на конкретной площади с приемлемым состоянием свекловичных плантаций для использования машин МТС, качеству и срокам уборки, размеру и форме оплаты выполненных работ (в натуральной форме в размере не менее 22-23% убранный урожай корнеплодов с 1 га), обеспечению жилищно-бытовых

условий и питанию работников МТС, ответственность сторон за выполнение договорных обязательств и санкции в случае их ненадлежащего исполнения [30, 31].

Перед началом уборки руководство МТС обследовало состояние свекловичных плантации хозяйств, с которыми заключены договоры, на предмет определения биологической урожайности сахарной свеклы, засоренности посевов, определяло автомобильные маршруты для вывозки урожая и состояние дорог.

Для МТС акционерное общество приобрело по лизингу два свеклоуборочных комплекса производства ПО «Гомсельмаш», гусеничные тракторы свекловичной модификации ВТ-100ДС, колесные тракторы МТЗ-82. Кроме того, акционерное общество предоставляло МТС технологический транспорт и большегрузные автомобили КАМАЗ-5320 для вывозки урожая. Для доставки навесных свеклоуборочных комбайнов КСН-6 и гусеничных тракторов с территории акционерного общества (с постоянного места базирования) до места работы МТС использовало принадлежащие акционерному обществу полуприцеп-тяжеловоз с автомобилем-тягачом КАМАЗ-54112, автомобильный кран. Подборщики-погрузчики ППК-6 доставлялись к месту работы собственными колесными тракторами МТЗ-82.

Использование названных комплексов предусматривало проведение уборки сахарной свеклы по двухфазному способу с укладкой корнеплодов и ботвы в валок. Производительность свеклоуборочных агрегатов ВТ-100ДС + КСН-6 за 1 час эксплуатационного времени в зависимости от погодных условий и состояния свекловичных плантаций составляла 0,65-0,75 га, а суточная выработка агрегатов достигала 15 га. На подборе корнеплодов из валков производительность подборщика-погрузчика за 1 час эксплуатационного времени была около 1,5 га, поэтому два свеклоуборочных агрегата обслуживал один подборщик-погрузчик. Машинами уборочного комплекса управляли семь механизаторов.

Сезонная наработка на один свеклоуборочный агрегат составила в среднем 100-120 га. За пять сезонов работы МТС была убрана сахарная свекла с площади более 1000 га.

Заправка тракторов собственными дизельным топливом и маслами осуществлялась топливозаправщиком МТС. Для оперативного устранения последствий сложных отказов машин уборочного комплекса было создано звено из двух слесарей-ремонтников на оборудованном автомобиле УАЗ-3303. Для круглогодичной занятости работники МТС осуществляли ремонт ботвоуборочных машин, поставляемых хозяйствами области.

5.2.5 Обоснование потребности в свеклоуборочных агрегатах при квотированном приёме корнеплодов сахарным заводом

Суточной производительностью сахарного завода и сроком хранения корнеплодов в буртах на заводских площадках определяется квота на приём от хозяйств сахарной свеклы. Срок хранения корнеплодов на открытых площадках без специальной обработки на заводе зависит от погодных условий и сортовых особенностей возделываемой сахарной свеклы. Хозяйства области применяют в основном дражированные семена иностранной селекции. Поэтому полученные корнеплоды не приспособлены к длительному хранению при повышенных температурах воздуха, что приводит к потерям их массы и сахаристости.

Прием корнеплодов до 10 сентября сахарные заводы области осуществляют без ограничения объемов суточного поступления. После указанного срока заводы устанавливают квоту на приёмку корнеплодов от 5 до 300 тонн (иногда до 500-600 тонн) хозяйствам различных форм собственности, причем меньшей объем для фермерских хозяйств.

Квоты на приём корнеплодов сахарным заводом вынуждают хозяйства значительно увеличивать продолжительность уборки, которая смещается на неблагоприятный период года (выпадение обильных осадков, пониженные температуры и заморозки). Это в конечном итоге приводит к значительным потерям не только корнеплодов, но и сахара.

Так, например, при установленной сахарным заводом квоте, на суточный приём корнеплодов в объёме 100 тонн, при урожайности сахарной свеклы в 30 т/га, продолжительность уборки на площади 100 га составит более одного месяца (Рисунок 5.9), а при увеличении площади, например до 500 га, продолжительность уборки достигает 150 суток [15, 31, 35, 36].

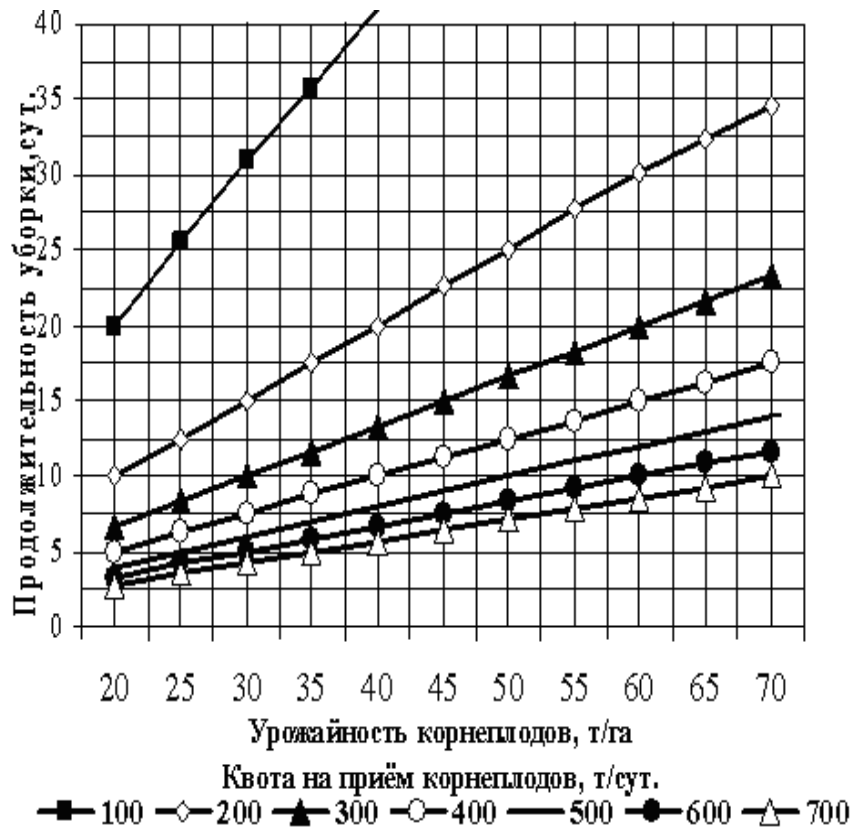


Рисунок 5.9 – Продолжительность уборки сахарной свеклы на площади 100 га одним агрегатом при квотированном приёме корнеплодов

Как видно из представленной номограммы на Рисунке 5.9 для обеспечения квотированного приёма корнеплодов с увеличением их урожайности и одинаковой квоте будет увеличиваться продолжительность уборки из-за снижения суточной наработки свеклоуборочных агрегатов.

Увеличение квоты на приём корнеплодов до 300 тонн позволит хозяйству с площади в 100 га убрать сахарную свеклу в течение 10 дней при суточной наработке агрегата в 10 га.

Потребность в свеклоуборочных агрегатах с различной суточной наработкой при квотированном приёме корнеплодов была определена по предложенному нами выражению:

$$n_{\text{кк}} = Q_{\text{к}} / U \cdot V_{\text{п}} \cdot T_{\text{с}} \cdot K_{\text{с}}, \quad (5.14)$$

где $n_{\text{кк}}$ – потребное количество уборочных агрегатов при квотированном приёме корнеплодов, шт.;

$Q_{\text{к}}$ – суточная квота на приём корнеплодов, т;

U – урожайность корнеплодов, т/га.

На Рисунке 5.10 представлены результаты численного эксперимента по определению потребности в агрегатах при суточной наработке одного комбайна 15 га/сут.. на уборке сахарной свеклы с различными урожайностью и квотами на прием корнеплодов.

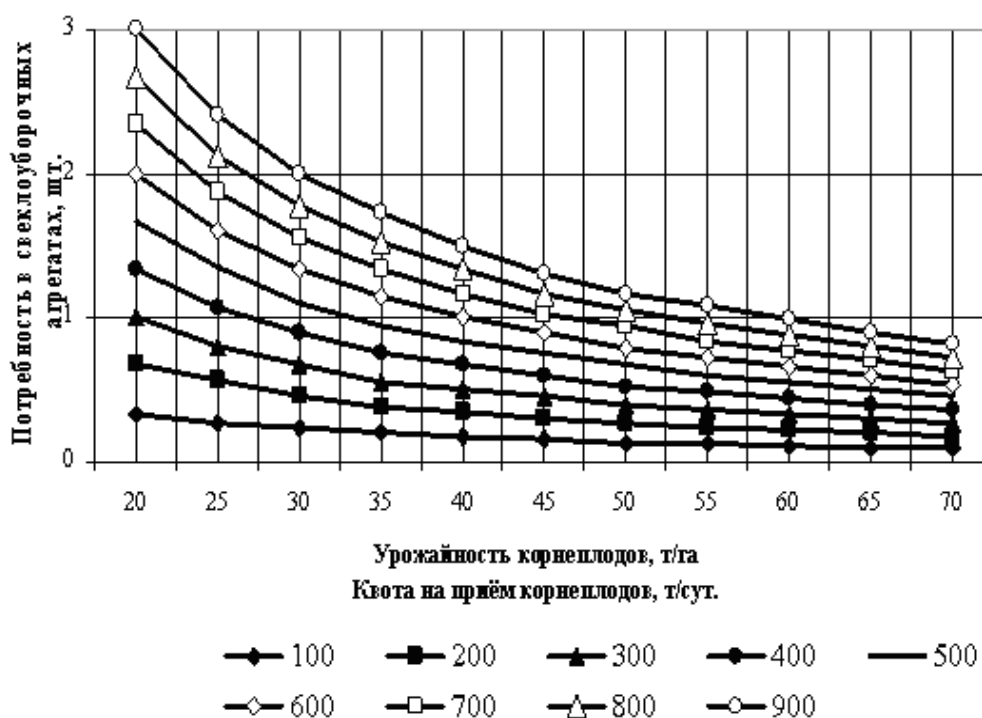


Рисунок 5.10 – Суточная потребность в свеклоуборочных агрегатах при квотированном приёме корнеплодов и при наработке одного комплекса 15 га/сут.

При этой наработке один свеклоуборочный агрегат способен убрать корнеплоды, с урожайностью начиная с 20 т/га при суточной квоте в 300 тонн, а при этой же урожайности и квоте 900 тонн потребуется три агрегата, при

увеличении урожайности до 60 т/га и квоте 900 т потребуется один агрегат. Дальнейшее увеличение урожайности при неизменной квоте повлечет за собой уменьшение потребности в уборочных агрегатах. Так, при квоте на приём корнеплодов в 500 тонн и различной суточной наработке агрегатов в зависимости от урожайности сахарной свеклы потребность в уборочных агрегатах варьирует от одного до трех. (Рисунок 5.11).

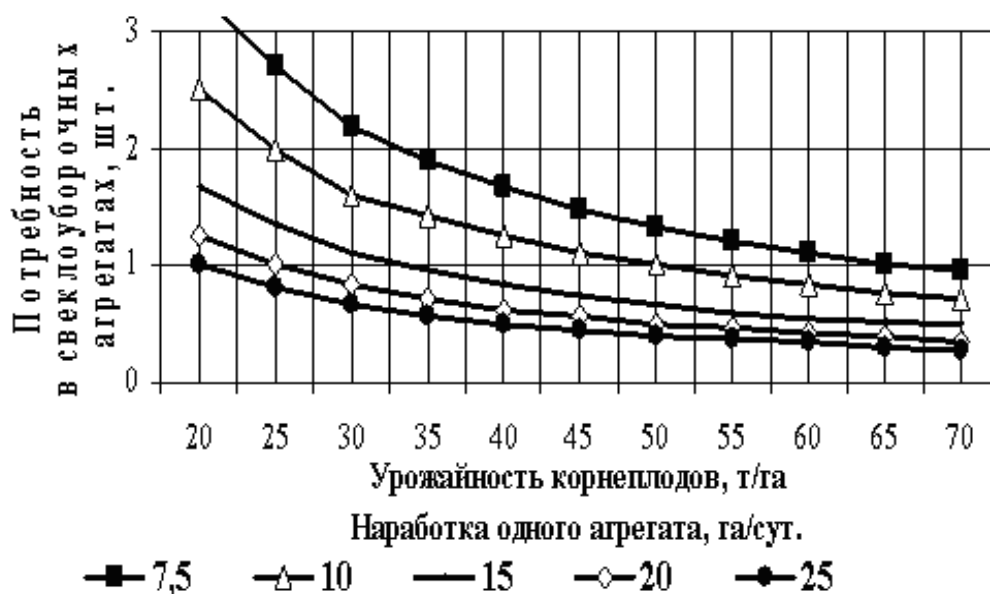


Рисунок 5.11 – Расчетная суточная потребность в свеклоуборочных агрегатах (при квоте на приём корнеплодов 500 т/сут.)

С увеличением наработки до 25 га в сутки необходимо хозяйству иметь не более трех агрегатов, а начиная с урожайности 50 т/га хозяйству, потребуется один агрегат при круглосуточном использовании. При суточной наработке одного свеклоуборочного комплекса в 7,5 га он может убрать сахарную свеклу с урожайностью корнеплодов в 25, 40, 55 и 65 т/га при суточной квоте соответственно 200, 300, 400 и 500 тонн.

При организации уборочных отрядов при сахарных заводах необходимо определить потребность в свеклоуборочных комбайнах с учетом сложившихся условий квотированного приема корнеплодов. Так, при средней урожайности корнеплодов в хозяйствах района в 50 т/га и суммарных квотах, доведенных до них,

при определенной суточной наработке комбайнов потребность в них будет различной (Рисунок 5.12).



Рисунок 5.12 – Расчетная суточная потребность в свеклоуборочных комплексах при квотированной приёмке корнеплодов сахарным заводом (при урожайности корнеплодов 50 т/га)

Из номограммы на Рисунке 5.12 видно, что четыре самоходных комбайнов типа Holmer Terra Dos с средней суточной наработкой в 25 га при уборке сахарной свеклы, при урожайности 50 т/га, могут обеспечить сбор корнеплодов в объёме 4000 т, который требуется для суточной работы сахарного завода. В этих условиях при использовании комбайнов типа КС-6 потребность в них увеличивается до 11 единиц.

5.2.6 Определение потребности в самоходных свеклоуборочных комбайнах при однофазной уборке сахарной свеклы

В свеклосеющих хозяйствах Тамбовской области нашими исследованиями установлена длина гона большинства полей от 800 до 2000 м при среднем значении

в 1352 м, а более 70% площадей полей варьирует от 100 до 250 га, а средняя площадь составляет 175 га. Средняя урожайность корнеплодов сахарной свеклы по районам области за последние два года более 44 т/га. Поэтому для хозяйств области рекомендуется приобретать комбайны германской фирмы Holmer Terra Dos T2 или T3 (вместимость бункера 24-28 м³) [32, 37, 50].

С учетом размеров посевных площадей под сахарной свеклой на перспективу по районам области и прогнозной сезонной наработки одного комбайна, нами определена потребность в комбайнах типа Holmer Terra Dos при круглосуточном их использовании в течение месяца, которая по районам области составит от 2 до 16 единиц (Таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Прогнозная потребность Тамбовской области в самоходных свеклоуборочных комбайнах Holmer Terra Dos

№	Наименование районов области	При сезонной наработке одного комбайна, га			
		750	500	250	150
1	Бондарский	1	2	3	5
2	Гавриловский	4	6	12	20
3	Жердевский	15	23	45	75
4	Знаменский	10	15	30	50
5	Инжавинский	1	2	3	5
6	Кирсановский	7	10	21	35
7	Мичуринский	2	3	6	10
8	Мордовский	8	12	24	40
9	Моршанский	2	3	6	10
10	Мучкапский	7	11	22	33
11	Никифоровский	8	12	24	40
12	Первомайский	2	3	6	10
13	Петровский	4	6	12	20
14	Пичаевский	1	2	3	5
15	Рассказовский	6	10	18	30
16	Ржаксинский	16	25	48	80
17	Сампурский	8	12	24	40
18	Сосновский	2	3	6	10
19	Староюрьевский	3	5	9	15
20	Тамбовский	4	6	12	20
21	Токаревский	13	20	39	65
22	Уваровский	11	16	33	55
23	Умётский	5	8	16	24
Итого по области:		140	215	422	697

Для эффективного использования свеклоуборочных комбайнов при непосредственной выгрузке корнеплодов в кузов транспортного средства необходимо добиваться соответствия вместимости бункера и кузова и исключать выгрузку корнеплодов на ходу движущего комбайна с целью исключения потерь.

Увеличить сезонную наработку зарубежных самоходных свеклоуборочных комбайнов до 1200-1500 га возможно при их использовании в составе в уборочных отрядов организованных при сахарных заводах, что подтверждается опытом работы подобных формирований в Липецкой, Тамбовской области и других свеклосеющих регионах России.

5.2.6.1 Определение вместимости бункера самоходного свеклоуборочного комбайна

Для уборки сахарной свеклы наряду с наиболее распространенными комплексами на базе комбайнов типа КС-6 или РКС-6 (МКК-6) в хозяйствах России используются бункерные самоходные комбайны различных иностранных фирм. Приобретая эти комбайны, хозяйства руководствуются в основном финансовыми возможностями, поэтому в настоящее время на уборке сахарной свеклы можно встретить комбайны с различной вместимостью бункеров, которая варьирует от 4,5 м³ (М-41МН) до 40-52 м³ (Ropa Euro Tiger, Agrifac WKM Octa, Holmer T4). При этом в большинстве случаев недостаточно полно учитываются производственные условия использования комбайна в конкретном хозяйстве. К ним наряду с методом уборки необходимо отнести площадь свекловичных полей и длину гона, урожайность корнеплодов и порядок их приёмки сахарным заводом, транспортное обслуживание.

Нами предлагается с достаточной для практических целей точностью определять вместимость бункера комбайна с учетом принятых допущений, одним из которых является предположение, что по длине рядка корнеплоды распределяются равномерно с одинаковой урожайностью.

Исходя из этого, вместимость бункера шести рядного самоходного свеклоуборочного комбайна предлагается определять по выражению [25, 26]:

$$Y_6 = 0,27 \cdot L_n \cdot U_k / \beta_6 \cdot \rho, \quad (5.15)$$

где Y_6 – вместимость бункера комбайна, м³;

0,27 – переводной коэффициент (при определении вместимости бункера 12-тирядного комбайна равен 0,54);

L_n – расстояние накопления бункера корнеплодами, км;

U_k – урожайность корнеплодов, т/ га;

β_b – коэффициент заполнения бункера корнеплодами;

ρ – плотность корнеплодов в бункере комбайна, т/м³.

По выражению (5.15) нами была определена требуемая вместимость бункера свеклоуборочного комбайна при уборке сахарной свеклы с различной урожайностью корнеплодов, которая в графическом виде представлена на Рисунке 5.13.

Как видно из графиков Рисунка 5.13, построенных по результатам численного эксперимента, например, бункер свеклоуборочного комбайна SF-10-2 (вместимостью 15 м³) будет заполнен корнеплодами с урожайностью от 35 до 65 т/га при прохождении по полю на расстоянии от 500 до 1050 м соответственно. При использовании на уборке сахарной свеклы комбайна Holmer Terra Dos T3 с этой же урожайностью, его бункер вместимостью 28 м³ будет заполнен после прохождения от 1 до 2 км, соответственно, а при использовании комбайна Rora Euro Tiger (вместимость бункера 40 м³) это расстояние составит от 1,4 до 2,8 км, соответственно.

Для лучшей организации транспортировки корнеплодов на сахарный завод при неблагоприятных погодных условиях целесообразно организовать выгрузку корнеплодов из бункеров комбайнов в кузов большегрузного автомобиля или полевой кагат на концах гонов ближе к дорогам. Кроме того, это позволит значительно снизить уплотнение почвы ходовыми системами комбайнов и автомобилей при излишнем перемещении уборочных агрегатов и транспорта для выгрузки корнеплодов из бункеров комбайнов или формирования полевых кагат на поле при недостаточном транспортном обеспечении уборочного процесса, устранить буксование большегрузного транспорта при перемещении его по полю с разбросанной ботвой.

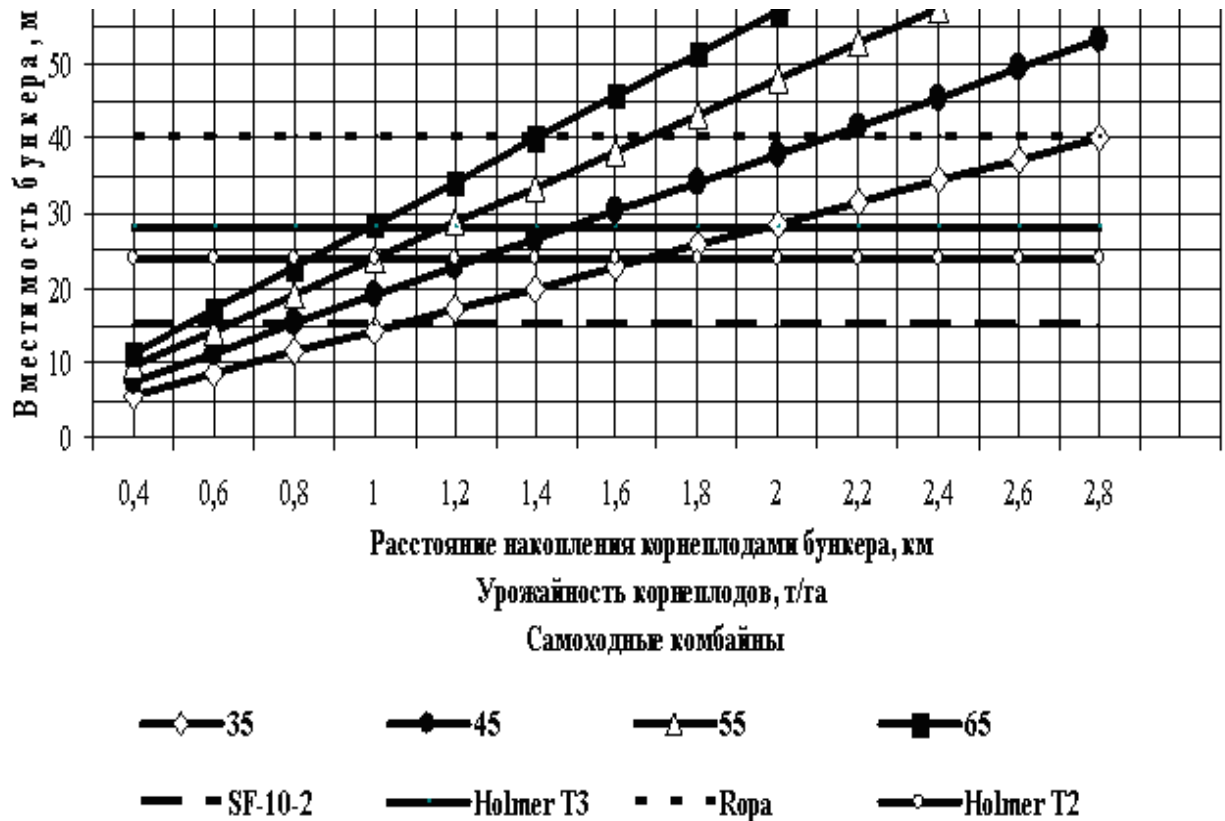


Рисунок 5.13 – Требуемая вместимость бункера свеклоуборочного комбайна при проходе по полю с различной урожайностью корнеплодов

Для определения расстояния, при прохождении которого будет полностью заполнен корнеплодами бункеры других комбайнов, воспользуемся выражением:

$$L_H = 3,7 \cdot Y_6 \cdot \rho \cdot \beta_6 / U_K, \quad (5.16)$$

где 3,7 – переводной коэффициент;

L_H – расстояние, которое проходит самоходный свеклоуборочный комбайн при полном заполнении бункера корнеплодами, км.

Как видно из представленных графиков на Рисунке 5.14, построенных по результатам численного эксперимента по выражению (5.16), бункеры комбайнов, имеющие малую вместимость, при любой урожайности корнеплодов будут заполнены полностью при прохождении комбайном по рядкам сахарной свеклы расстояния от 100 до 500 м.

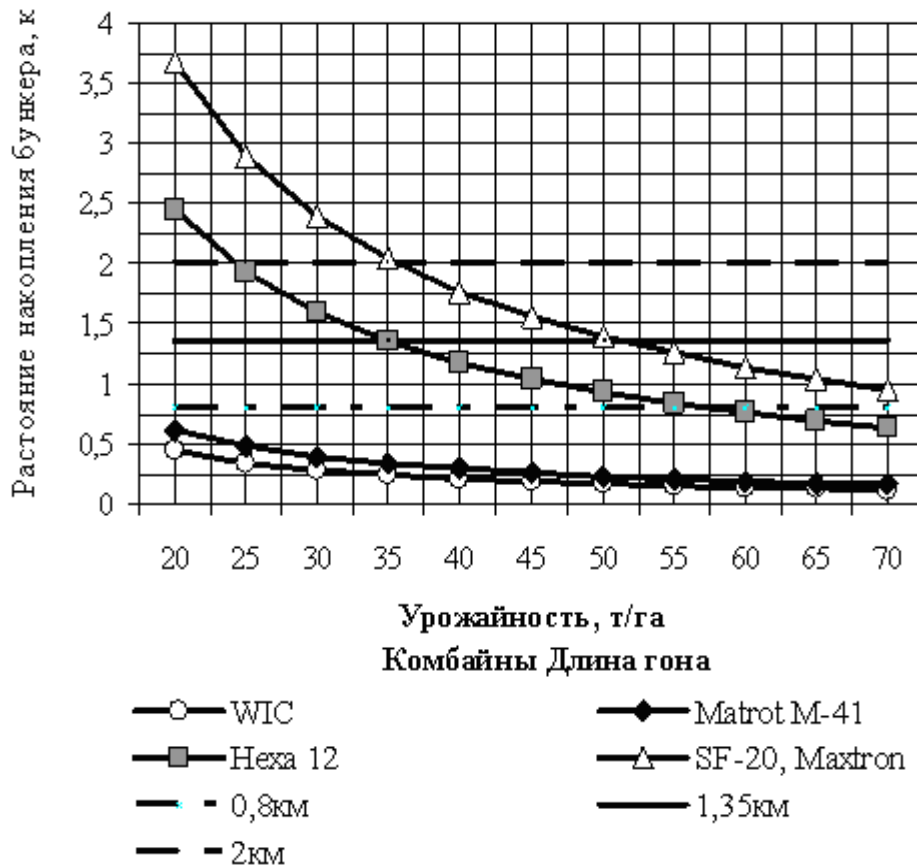


Рисунок 5.14 – Расстояние, пройденное комбайном при полном наполнении бункера корнеплодами

Для обеспечения формирования полевых кагатов на поворотных полосах и для эффективной работы этих комбайнов обязательно наличие технологического транспорта. Наряду с комбайном Holmer Terra Dos в хозяйствах Тамбовской области целесообразно при выгрузке корнеплодов на концах поля целесообразно использовать шестирядные комбайны SF-20 и Maxtron и двенадцатирядный Неха 12, которые по цене значительно превосходят Holmer Terra Dos.

Продолжительность накопления бункера самоходного комбайна корнеплодами можно определить по следующему выражению:

$$T_{\text{н}} = 61,8 \cdot Y_{\text{б}} \cdot \rho \cdot \beta_{\text{б}} / V_{\text{р}} \cdot U_{\text{к}}, \quad (5.17)$$

где $T_{\text{н}}$ – продолжительность заполнения бункера корнеплодами, мин.;

V_p – рабочая скорость движения комбайна, м/с.

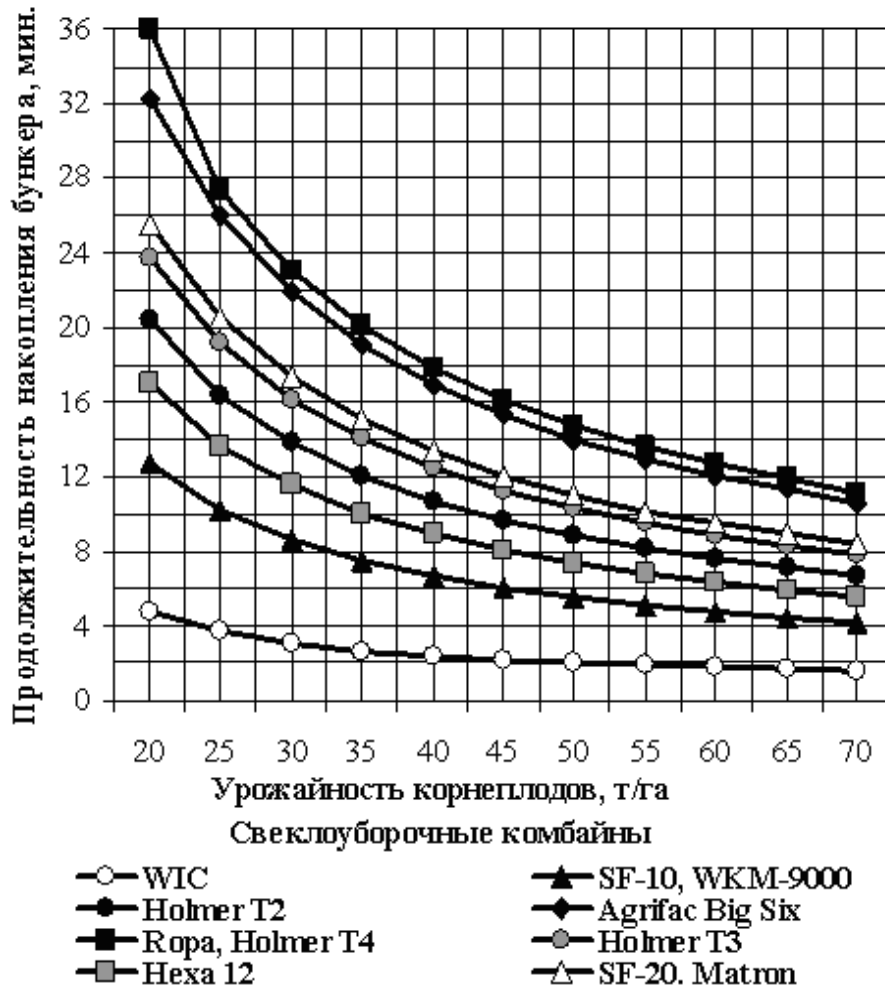


Рисунок 5.15 – Продолжительность заполнения бункера самоходного комбайна корнеплодами

Как видно из представленных графиков на Рисунке 5.15, построенных по результатам численного эксперимента по выражению (5.17), на продолжительность заполнения бункеров самоходных комбайнов существенное влияние оказывают урожайность корнеплодов. Так, при малой урожайности 20-25 т/га продолжительность заполнения корнеплодами бункеров различной вместимости варьирует от 5 до 36 минут, а при большой урожайности (65-70 т/га) продолжительность заполнения сокращается более чем в три раза.

Накопленный производственный опыт и результаты наших исследований показывают, что рациональный выбор технологий и технических средств как отечественных, так и зарубежных позволяет возделывать сахарную свеклу с

требуемым качеством и своевременностью проведения полевых работ. Это в сочетании с внесением оптимального количества удобрений, мелиорантов и регуляторов роста, применением высококачественных семян наиболее продуктивных сортов и гибридов и соблюдением требований агротехники создает условия для повышения урожайности корнеплодов, возделываемых в ЦФО до 40-50 т на 1 га в зачетном весе.

При этом общие затраты на производство свеклы, включая накладные расходы и своевременную оплату кредитов, могут быть на уровне 22-28 тыс. руб. на 1 га. При среднем уровне закупочных цен около 1000 руб. за 1 т хозяйство может получить прибыль с 1 га в размере 40-50 тыс. руб., что примерно, вдвое больше производственных затрат. Если при уборке и сдаче на завод потери урожая достигнут 25% и с 1 га будет получено 30-38 т корнеплодов, то даже при этом рентабельность их производства составит в среднем около 80-90%.

5.3 Выводы по главе

1. Предложены аналитические выражения по определению потребности в блочно-модульных агрегатах посевного комплекса, учитывающие естественно-производственные условия, агротехнические и организационно-технологические критерии и факторы, а также конструктивно-технологические параметры, используемых агрегатов. В зависимости от размеров обрабатываемой площади в пределах от 100 до 500 га и ширины захвата машин для предпосевной обработки почвы и посева требуется от одного до восьми агрегатов. Для уборки сахарной свеклы с площади в 560 га в зависимости от её продолжительности потребуется от двух до четырех блочно-модульных свеклокопателей, от одного до трех подборщиков-погрузчиков и тракторно-транспортных агрегатов от трех до девяти или при использовании бункерных подборщиков их потребуется не более трех. С практически достаточной точностью, не производя специальных расчетов по полученным аналитическим выражениям, можно определить потребное количество блочно-модульных агрегатов по каждой технологической операции с

учетом складывающихся производственных условий их использования с помощью номограмм.

2. По результатам численного эксперимента с учетом квотированного приёма сахарным заводом качественных корнеплодов были определены прогнозная продолжительность уборки сахарной свеклы на конкретной площади одним агрегатом, которая увеличивается пропорционально с увеличением урожайности корнеплодов, и при одинаковой квоте будет снижаться необходимая суточная наработка свеклоуборочных агрегатов. Например, при квоте на приём корнеплодов в 500 тонн и различной суточной наработке агрегатов в зависимости от урожайности сахарной свеклы потребность в свеклоуборочных агрегатах варьирует от одного до трех.

3. Потребность в самоходных свеклоуборочных комбайнах по районам Тамбовской области с учетом сезонной наработки одного комбайна типа Holmer Terra Dos, составит от 2 до 16 комбайнов при круглосуточном их использовании в течение месяца.

4. Определена требуемая вместимость бункера свеклоуборочного комбайна при движении по полю на расстоянии, на котором будет полностью заполнен корнеплодами с различной урожайностью. Так, например, бункер комбайна Holmer Terra Dos T3 будет заполнен корнеплодами урожайностью 55 т/га при прохождении 1,2 км пути.

6 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

6.1 Методика оценки эффективности использования предлагаемого комплекса машин для возделывания и уборки сахарной свеклы

Совершенствование технологии возделывания и уборки сахарной свеклы осуществляется в направлении совмещения совпадающих по агротехническим срокам технологических операций при использовании существующих и разрабатываемых высокопроизводительных машинно-тракторных агрегатов блочно-модульного построения на базе интегрального энергетического средства. Использование блочно-модульных агрегатов, скомплектованных из предлагаемых автором почвообрабатывающих, посевных, по обработке посевов и уборке урожая машин, позволяет качественно выполнить технологические операции в соответствии с агротехническими требованиями.

Технико-экономическая оценка технологического комплекса машин проводилась в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53056-2008 и методик [90, 94, 95] которыми предусматривалось определение эксплуатационных затрат по каждому предлагаемому агрегату при выполнении определенной технологической операции и исходным данным, представленным в приложении Б6 при условии одинакового расхода технологического и вспомогательного материалов (семена, удобрения, гербициды).

В соответствии с ГОСТом [90] в прямые эксплуатационные затраты на единицу наработки агрегата включались затраты денежных средств на: оплату труда обслуживающего персонала, топливо-смазочные материалы, ремонт и техническое обслуживание и амортизацию энергетического средства и машин агрегата.

При определении затрат на оплату труда обслуживающего персонала включали количество и часовую ставку занятых работников при выполнении

технологической операции с учетом её сложности, начисления на заработную плату, а также производительность агрегата за час сменного времени.

По удельному расходу дизельного топлива и с учетом коэффициент расхода смазочных материалов к нему при выполнении конкретной технологической операции, их цены определяли денежные затраты на топливно-смазочные материалы.

Затраты на техническое обслуживание и ремонт техники определяли исходя из цены машины без НДС, принятого коэффициента отчислений в процентах от балансовой стоимости с учетом производительности агрегата за 1 час эксплуатационного времени и фактической годовой загрузки машин.

Амортизация по каждому машинно-тракторному агрегату рассчитывали по принятому коэффициенту отчислений от балансовой стоимости машин с учетом производительности агрегата за 1 час эксплуатационного времени и фактической годовой загрузки машин.

По известным выражениям по [90] определялись затраты труда при выполнении каждой технологической операции и срок окупаемости дополнительных капитальных вложений по предлагаемым машинам.

При этом стоимость машин, используемых в хозяйствах, определялась по ценам годов с учетом поправочного коэффициента на 2016 год, а новых машин по прайс-листам дистрибьюторов (Приложение Б6).

6.2 Результаты определения технико-экономических показателей эффективности предлагаемых технических средств

Результаты расчетов эксплуатационных затрат по каждому из предлагаемых агрегатов представлены в Таблице 6.1.

Из анализа результатов расчетов (Таблица 6.1) по каждому из предлагаемых агрегатов при возделывании и уборке сахарной свеклы можно заключить следующее, что по всем агрегатам выявлена экономия удельных эксплуатационных затрат от 145 до 2806 рублей в расчете на один гектар обрабатываемой площади.

Таблица 6.1– Удельные эксплуатационные затраты по предлагаемому комплексу машин, руб./га

Статьи затрат	Предпосевная обработка почвы и посев дражированных семян				Посев капсулированных семян	
	ЛТЗ-155+АКШ-6Г; ЛТЗ-155+СТВС-18	КРШ-8,1Г+НП-5,4А+ +ЛТЗ-155+СТВС-18	ЛТЗ-155+ +ССТ-12Б	ЛТЗ-155+ +ССТ-12М+ СКВС	МТЗ-82+ Сеялка для лука СЛС-12	МТЗ-82+ Эксперимен- тальная сеялка
Оплата труда с начислениями	604	211	24,0	20,0	61	31
Топливо-смазочные материалы	355	130	254	239	373	199
Техническое обслуживание, ремонт и хранение	3707	3491	2836	2772	3192	1951
Амортизационные отчисления	4759	4157	2919	2857	3593	2235
Эксплуатационные затраты	9425	7989	6033	5888	7219	4416
Снижение эксплуатационных затрат		1436		145		2803

Продолжение Таблицы 6.1

Статьи затрат	Обработка посевов		Уборка	
	ЛТЗ-155+ культиватор для ленточного внесения жидких удобрений и пестицидов КЛ-4,2-00	ЛТЗ-155+ комбинированная машина на базе УСМК-5,4 с аппликаторами	Т-70С+БМ-6+КС-6Б+МТЗ-80+2ПТС-4	ЛТЗ-155+КВС-6+МТЗ-80+ ППК-6+МТЗ-80+2ПТС-4
Оплата труда с начислениями	28	24	269	180
Топливо-смазочные материалы	278	253	2255	1573
Техническое обслуживание, ремонт и хранение	2303	2186	8158	7569
Амортизационные отчисления	2462	2274	9525	8616
Эксплуатационные затраты	5071	4737	20207	17938
Снижение эксплуатационных затрат		334		2269

Экономия эксплуатационных затрат в расчете на 100 га, при использовании агрегата ЛТЗ-155+АКШ-6Г на обработке почвы под посев сахарной свеклы агрегатом ЛТЗ-155+СТВС-18, составила более 143 тыс. руб. Исследованиями было установлено, что производительность посевного агрегата, работающего по качественно обработанной поверхности почвы, повысилась на 17,5%, снизился погектарный расход топлива на обработке почвы на 18,6% и на посеве – 11,6%. Кроме того, качественная, предпосевная обработка почвы и посев способствуют повышению урожайности сахарной свеклы на 20-30%.

Предлагаемое совмещенное выполнение предпосевной обработки почвы и посева, согласно исследованиям автора, позволяет исключить разрыв во времени проведения технологических операций, уменьшить число проходов комбинированного агрегата по полю, что сокращает с 27 до 6% долю уплотняемой колёсами агрегата обрабатываемой площади и. уменьшает почти в 1,5 раза расход топлива в сравнении с использованием однооперационных агрегатов. Это способствует повышению полевой всхожести семян на 4-10% и урожайности свеклы на 10-20 ц/га.

При полевых исследованиях на посеве сахарной свеклы дражированными семенами с использованием широкорядного блочно-модульного комбинированного агрегата определялась его производительность за 1 час сменного времени, которая составляла 3,5-3,9 га/ч. Кроме того, использование этих агрегатов в хозяйстве позволит уменьшить на 23% удельные эксплуатационные затраты по сравнению с использованием 12-рядных однооперационных агрегатов.

При экономической оценке экспериментальной сеялки с высевальными аппаратами для капсулированных семян за базовый вариант была принята сеялка для посадки лука-севка из-за схожести по размерным и по физико-механическим свойствам с капсулами.

Снижение эксплуатационных затрат при использовании экспериментальной сеялки, на посеве капсулированных семян, в сравнении с сеялкой для лука-севка на площади 100 га составило в сумме 280 тыс. руб., а срок окупаемости

дополнительных капитальных вложений при модернизации серийной для посева капсулированных семян не более 0,31 года.

Результаты экономической оценки использования модернизированной сеялки оборудованной системой контроля высева семян в составе агрегата на посевах сахарной свеклы ЛТЗ-155+ССТ-12М+СКВС показали, что на площади в 100 га снижение эксплуатационных затрат составит в сумме 14,5 тыс. руб.

Результаты производственной проверки макетного образца аппликатора подтвердили целесообразность совмещенной обработки посевов сахарной свеклы, при выполнении которой увеличивается на 30 % производительность и снижается на 20% расход топлива по сравнению с использованием однооперационных агрегатов. Кроме того, совмещенное внесение жидких удобрений и регуляторов роста и гербицидов, позволит за счёт уменьшенной дозы их внесения соответственно на 16-37% и на 50% снизить себестоимость обработки, а также минимизировать негативное влияние гербицидов от попадания их на листовую поверхность растений сахарной свеклы.

Снижение эксплуатационных затрат при использовании аппликатора на площади 100 га при трехкратной обработке посевов сахарной свеклы в сравнении с культиватором, оборудованным приспособлением для ленточного внесения жидких удобрений и пестицидов составит более 33 тыс. руб. и срока окупаемости дополнительных капитальных вложений до 0,36 года.

Оптимизация режимов работы уборочного агрегата на базе тракторов ЛТЗ-155 и свеклокопателя КВС-6 обеспечивает повышение производительности на 6-8% при снижении расхода топлива на 5-6,5%, сокращение удельных эксплуатационных затрат на 2269 руб./га при сроке окупаемости дополнительных капитальных вложений в 0,91 года.

При научном сопровождении автора в соответствии с приказом Минсельхоза России № 91 «О пилотных проектах» описанная предлагаемая технология производства сахарной свеклы внедрена в СПК «Голицинский» Никифоровского района Тамбовской области. Результаты исследований рекомендованы Департаментом технической политики Министерства сельского хозяйства РФ к внедрению в хозяйствах

Центрального Федерального округа России (Приложение В1).

Использование комплекса машин для предлагаемой технологии производства сахарной свеклы в хозяйстве на протяжении исследуемого периода (в течение трёх лет) в сравнении с однооперационными агрегатами составленными из серийных машин и энергетических средств позволили снизить на 45-53% общие затраты труда и на 23-36% расход дизельного топлива в расчете на 1 га.

6.3 Выводы по главе

Предлагаемый комплекс машин для возделывания и уборки сахарной свеклы, с использованием комбинированных машин и агрегатов, 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 при обработке 100 га.

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 посеве 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 технологический 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 загрязненности 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 агрегируемые 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агапов, А.Н. Динамика перераспределения тяговых нагрузок при работе трактора в составе комбинированных агрегатов [Текст] / А.Н. Агапов, А.А. Ногтиков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2004.– № 11. – С. 22.
2. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Программированное введение в планирование эксперимента / Ю.П. Адлер, А.Н. Захаров, В.Г. Горский // Науч. совет по комплексной проблеме «Кибернетика». Секция «Применение кибернетики и вычислительной техники в химии». – М.: Наука, 1971. – 282 с.
3. Анчин, В.Л. Организационно-экономические меры по обеспечению сбалансированной работы предприятий свеклосахарного подкомплекса / В.Л. Анчин, Т.С. Евсеева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2. – С. 56-60.
4. Балашов, А.В. Трактор ЛТЗ-155 помощник свекловода / А.В. Балашов, А.С. Дурманов, А.Г. Рамазанов // Сельский механизатор. – 2003. – №12. – С. 12-14.
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. Использование комбинированных агрегатов для предпосевной обработки почвы при точном высева сахарной свеклы / А.В. Балашов, Ю.А. Тырнов // 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.
7. Балашов, А.В. Обоснование конструктивных параметров высевающего аппарата для посева капсулированных семян / А.В. Балашов, Ю.А. Тырнов, В.П. Белогорский // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: Матер. Междунар. науч. практ. конф. 23-25 апреля 2014 года. – Мичуринск: Изд-во Мичуринского госагроуниверситета, 2014. – С. 27-32.
8. Балашов, А.В. Анализ факторов, влияющих на потери урожая и сахаристости корнеплодов сахарной свеклы / А.В. Балашов // Инженерное обеспечение инновационных

технологий в АПК: матер. Междунар. Науч. практ. Конф. 15-17 октября 2015 года. – Мичуринск: Издательство «2Д Мичуринск». – 2016. – С. 153-161.

9. Балашов, А.В. Контроль высева семян на пропашных сеялках / А.В. Балашов, Н.Ю. Пустоваров // Интеллектуальные технологии и техника в АПК: материалы Международной науч.-практ. конф. 18-20 октября 2016 года. – Мичуринск: ООО «БИС», 2016. – С. 217-225.

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

11. 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.

12. Балашов, А.В. Агрегаты для предпосевной обработки почвы / А.В. Балашов // Сельский механизатор. – 2005. – №1. – С. 12-13.

13. Балашов, А.В. Аналитическое обоснование уравнения деформации почв с реологической моделью упруго-пластичных тел: сб. науч. докл. XIII междунар. науч.-практич. конф. «Новые технологии и техника для ресурсосбережения и повышения производительности труда в сельскохозяйственном производстве» (15-16 сентября 2005 г., Тамбов) / А.В. Балашов, А.Н. Агапов // М.: Изд-во ВИМ, 2005. – С. 75-80.

14. Балашов, А.В. Взаимосвязь параметров и режимов работы свеклоуборочных комбайнов с критериями эффективности и качества работ: сб. науч. тр. ГНУ ВИАТИН вып. №16 / А.В. Балашов, Д.А. Гуцин. Тамбов: Першина, 2009. – С. 5-9.

15. Балашов, А.В. Влияние сроков уборки на потребность в свеклоуборочных комбайнах при квотированной поставке корнеплодов сахарным заводом: сб. науч. докл. XVII междунар. науч. – практич. конф. 24-25 сентября 2013 года, г. Тамбов / А.В. Балашов, В.А. Минкин. Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2013. – С. 150-152.

16. 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.

17. Балашов, А.В. Использование модернизированных сеялок ССТ-12М на посеве сахарной свеклы: сб. науч. докл. XIII междунар. науч.-практич. конф. «Новые технологии и техника для ресурсосбережения и повышения производительности труда в сельскохозяйственном производстве» (15-16 сентября 2005 г., Тамбов) / А.В. Балашов, Ю.А. Тырнов, А.А. Ногтиков. М.: Изд-во ВИМ, 2005. – С. 80-83.

18. Балашов, А.В. Исследование коэффициента силы трения покоя капсулированных семян: сб. науч. докл. XVIII междунар. науч. – практич. конф. 23-24 сентября 2015 года, г. Тамбов / А.В. Балашов, А.А. Синельников, В.П. Белогорский, С.П. Стрыгин. Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2015. – С. 67-69.

19. Балашов, А.В. Номографический расчет потребности в машинах свеклоуборочного комплекса: Научные труды ВИМ, т. 141, ч. I / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.С. Орлов // М.: ВИМ, 2002. – С. 226-235.

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. Обоснование конструктивно-режимных параметров высевающего аппарата для капсулированных семян / А.В. Балашов, С.П. Стрыгин, С.Г. Хайрулина // Повышение эффективности и экологические аспекты использования ресурсов в сельскохозяйственном производстве: сб. науч. докладов Международной научно-практической конференции, 6-7 октября 2016 года, г. Тамбов: Изд-во Першина Р.В. – С. 129-131.

22. Балашов, А.В. Обоснование конструктивных параметров высевающего диска со сводоразрушителем: сб. науч. докл. XVII междунар. науч.-практич. конф. 24-25 сентября 2013 года, г. Тамбов / А.В. Балашов, Ю.А. Тырнов, В.П. Белогорский, С.П. Стрыгин, Ж.Ж. Зайнушев. Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2013. – С. 143-146.

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

24. Балашов, А.В. Обоснование состава и структуры машинно-тракторного парка в крестьянских хозяйствах растениеводческого направления (на примере

Тамбовской области): автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Александр Владимирович Балашов. – Саратов, 1996. – 19 с.

25. Балашов, А.В. Определение вместимости бункера самоходного свеклоуборочного комбайна: сб. науч. докл. XV междунар. науч.-практич. конф. (18-19 сентября 2009 года, г. Тамбов) РАСХН; ГНУ ВИИТиН / А.В. Балашов // Тамбов: Першина, 2009. – С. 123-127.

26. Балашов, А.В. Определение ёмкости бункера свеклоуборочного комбайна / А.В. Балашов // Механизация и Электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 5. – С. 34.

27. Балашов, А.В. Определение коэффициентов трения капсулированных семян о различные поверхности / А.В. Балашов, А.А. Синельников, В.П. Белогорский, С.П. Стрыгин // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: матер. Междунар. науч. практ. конф. 15-17 октября 2015 года. – Мичуринск: Издательство «2Д Мичуринск». – С. 146-153.

28. Балашов, А.В. Определение параметров вибрации почвы, вызываемой подвижной нагрузкой; сб. науч. докл. XIII междунар. науч.-практич. конф. «Новые технологии и техника для ресурсосбережения и повышения производительности труда в сельскохозяйственном производстве» (15-16 сентября 2005 г., Тамбов) / А.В. Балашов, А.Н. Агапов. М // Изд-во ВИМ, 2005. – С. 80-83.

29. Балашов, А.В. Определение пропускной способности рабочих органов свеклоуборочного комбайна: сб. науч. докл. XVI междунар. науч.-практич. конф. 20-21 сентября 2011 года, г. Тамбов / А.В. Балашов // Тамбов: изд-во Першина Р.В., 2011. – С. 131-133.

30. Балашов, А.В. Опыт работы специализированного подразделения по уборке сахарной свеклы в хозяйствах Тамбовской области / А.В. Балашов, Н.Д. Нестеренко // МТС машинно-технологическая станция, 2004, № 5(8). – С. 11-13.

31. Балашов, А.В. МТС для уборки сахарной свеклы / А.В. Балашов, Н.Д. Нестеренко // Техника и оборудование для села, 2005, № 6. – С. 33.

32. 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.

33. Балашов, А.В. Повышение качества посева пропашных культур пневматическими сеялками: сб. науч. докл. XVIII междунар. науч.-практич. конф. 23-24 сентября 2015 года, г. Тамбов / А.В. Балашов, А.В. Крищенко, С.П. Стрыгин. Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2015. – С. 63- 67.

34. Балашов, А.В. Потребность в машинах посевного комплекса / А.В. Балашов // Сахарная свекла. – 2004. – № 2. – С. 14-15.

35. Балашов, А.В. Потребность в свеклоуборочных комплексах при квотированных поставках корнеплодов на сахарный завод / А.В. Балашов // Сахарная свекла. – 2007. – №7.- С. 22-23.

36. 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.

37. Балашов, А.В. Производительность самоходных свеклоуборочных комбайнов при различных видах технического обслуживания / А.В. Балашов, А.А. Синельников // Наука в Центральной России, 2015, №3. – С. 31-36.

38. Балашов, А.В. Распределение основных видов работ и их продолжительность при сервисном обслуживании свеклоуборочных комбайнов: сб. науч. тр. ГНУ ВИИТи Н вып.№16 / А.В. Балашов, Д.А. Гуцин, С.А. Хапров. Тамбов: Першина, 2009. – С. 38-41.

39. 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.

40. Балашов, А.В. Результаты лабораторно-стендовых исследований высевающего аппарата для капсулированных семян пропашных культур / А.В. Балашов, С.П. Стрыгин // Наука в центральной России, 2015 – №6. – С. 78 – 84.

41. 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.

42. Балашов, А.В. Сетевое планирование при техническом обслуживании зарубежных комбайнов: сб. науч. докл. XVI междунар. науч.-практич. конф. 20-21

сентября 2011 года, г. Тамбов / А.В. Балашов, А.А. Синельников. Тамбов: изд-во Першина Р.В., 2011. – С. 134-136.

43. Балашов, А.В. Система контроля высева семян «Ритм»: сб. науч. докл. XIII междунар. науч.-практич. конф. «Новые технологии и техника для ресурсосбережения и повышения производительности труда в сельскохозяйственном производстве» (15-16 сентября 2005 г., Тамбов) / А.В. Балашов, Ю.А. Тырнов, А.А. Ногтиков, А.В. Крищенко. М.: Изд-во ВИМ, 2005. – С. 90-91.

44. Балашов, А.В. Сколько техники необходимо для высоких темпов уборки / А.В.Балашов // Сахарная свекла. – 2004. – № 7. – С. 40-43.

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

46. Балашов, А.В. Сравнительная эксплуатационно-технологическая оценка показателей качества работы зарубежных свеклоуборочных комбайнов. Анализ воздействия ходовых систем комбайнов на почву: сб. науч. докл. XVII междунар. науч.-практич. конф. 24-25 сентября 2013 года, г. Тамбов / А.В. Балашов, Ю.А. Тырнов, Д.А. Гуцин, В.А Минкин. Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2013. – С. 135-137.

47. Балашов, А.В. Теоретический анализ распространения вибрации в почвах, представленных реологической моделью жестко-пластичных тел: сб. науч. докл. XIII междунар. науч.-практич. конф. «Новые технологии и техника для ресурсосбережения и повышения производительности труда в сельскохозяйственном производстве» (15-16 сентября 2005 г., Тамбов) / А.В. Балашов, А.Н. Агапов // М.: Изд-во ВИМ, 2005. – С. 71-74.

48. 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.

49. Балашов, А.В. Характеристика сервисного обслуживания свеклоуборочных комбайнов HOLMER / А.В.Балашов, Д.А. Гуцин // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – №6. – С. 13-14.

50. Балашов, А.В. Эксплуатация зарубежных свеклоуборочных комбайнов на полях Тамбовской области: материалы междунар. науч.-практич. конф. 26-28

февраля 2007 г. Т.2/ А.В. Балашов, Д.А. Гушин. Мичуринск: Изд-во ФГОУ ВПО МичГАУ, 2007. – С. 210-214.

51.Балашов, А.В. Энергетический баланс самоходного свеклоуборочного комбайна Holmer / А.В. Балашов, Ю.А. Тырнов, Д.А. Гушин // Механизация и Электрификация сельского хозяйства. – 2013.– № 3. – С. 24-25.

52.Балашов, А.В. Использование блочно-модульного агрегата для предпосевной обработки почвы // Наука в центральной России, №1, 2018. – С. 14-20.

53.Балашов, А.В., Синельников А.А. Использование и обслуживание комбайнов Holmer Terra Dos на уборке сахарной свеклы в хозяйствах Центрального Черноземья/ А.В. Балашов, А.А. Синельников // Наука в центральной России, №3, 2018. – С. 29-35.

54. Бауман, Э. Измерение силы электрическим методом / Пер. с нем. М.: Мир, 1978. – 430 с.

55.Бидерман, В.Л. Теория механических колебаний / В.Л. Бидерман // М.: Высшая школа, 1980. – 408 с.

56.Блочно-модульный и блочно-агрегатный принципы конструирования. Машиностроение энциклопедия Том I-5 Стандартизация и сертификация в машиностроении Раздел I Инженерные методы расчетов. Изд. 2[Электронный ресурс]- Режим доступа: <http://mash-xxl.info/article/338402/>.

57.Бузенков, Г.М. Машины для посева сельскохозяйственных культур / Г.М. Бузенков, С.А. Ма.- М., «Машиностроение»,1976. – 272 с.

58.Бурченко, П.Н. К теории развращивающейся лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга / П.Н. Бурченко // Сборник научных докладов ВИМ. Том 3, часть 1. – М.: ВИМ, 2001 г. – С. 38-51.

59.Василенко, С.В. Совершенствование процесса высева семян сахарной свеклы ячеисто-дисковым аппаратом: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / С.В. Василенко. – Воронеж, 2000. – 23 с.

60.Вахрамеев, Ю.И. Локальное внесение удобрений / Сост. М.Н. Марченко под. общ. ред. Б.А. Нефедова и др. // М.: Росагропромиздат, 1990г. – 144 с.

61.Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментальных исследований и обработка опытных данных. М.: Колос, 1970, с. 136

62. Веденяпин, Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: «Колос», 1968. – 343 с.
63. Велецкий, И.Н. Технология применения гербицидов / И.Н. Велецкий. – JL: Агропромиздат, 1989. – 176 с.
64. Ворохобин, А.В. Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства. М.: КНОРУС, 2018. Отечественные и зарубежные тракторы интегральной компоновочной схемы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bstudy.net/644063/tehnika>.
65. Высоцкий, А.А. Динамометрирование сельскохозяйственных машин (современные конструкции приборов и методы измерений) / А.А. Высоцкий. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиз., 1968. – 291 с.
66. Гребнев, В. П. Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства : учебное пособие / В. П. Гребнев, О. И. Поливаев, А. В. Ворохобин ; под общ.ред. О.И. Поливаева. – 2-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2016. – 260 с.
67. Гряник, Г.Н. Исследование работы вибрирующих копачей на уборке сахарной свеклы комбайном СКН-2 в условиях Лесостепи УССР. Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Воронеж: 1966. – 22 с.
68. Гуреев, И.И. Современные технологии возделывания и уборки сахарной свёклы: Практическое руководство / И.И. Гуреев // М.: Печатный Город, 2011. – 256 с.
69. Гуреев, И.И. Инновационный опыт производства сахарной свеклы в Центрально-Черноземном регионе / И.И. Гуреев, Е.Л. Ревякин/х/ М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 140 с.
70. Гуреев, И.И. Ресурсосберегающий технолого-технический комплекс для производства сахарной свеклы: учебное пособие / И.И. Гуреев // Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2009. – 219 с.
71. Гуреев, И.И. Последствия нарушения агротехники в свекловодстве / И.И. Гуреев // Сахарная свекла. 2014. № 2. – С. 24-27.
72. Гуреев, И.И. Функциональная диагностика потребности растений в питательных веществах / И.И. Гуреев, М.Н. Жердев, А.Л. Брежнев, В.Г. Черноногов, В.Н. Солоничкин // Земледелие. 2015. № 4. – С. 26-29.

73.Гуреев, И.И. Механический высевающий аппарат для точного посева сахарной свеклы / И.И. Гуреев // Сахарная свекла. 2015. № 10. – С. 24-26.

74.Гуреев, И.И. Эффективность обработки сахарной свеклы гербицидами группы Бетанала – оригинальными и дженериками / И.И. Гуреев // Сахар. 2016. № 9. – С. 17-19.

75.Гусинцев, Ф.Г. Технологические основы механизации посева и формирование густоты насаждений пропашных культур: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / Ф.Г. Гусинцев. – Л., 1971. – 42 с.

76.Гущин, Д.А. Влияние квалификации комбайнеров на показатели использования комбайнов Holmer Terra Dos / Д.А. Гущин // Повышение эффективности использования свеклоуборочных комбайнов зарубежного производства: Сб. науч. тр. ГНУ ВИИТиН: вып. № 16. Тамбов: 2009 – С. 30-33.

77.Годжаев, З.А. Выбор параметров шин сверхнизкого давления для мобильных средств химизации / З.А. Годжаев, А. Ю. Измайлов, В. И. Прядкин // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 4. – С. 14-17.

78.Годжаев, З.А. Перспективы развития ходовых систем современных мобильных энергосредств сельскохозяйственного назначения / З.А. Годжаев, А.М. Погожина // Тракторы и сельхозмашины. – 2018. – № 5.– С. 76-84.

79.Годжаев, З.А. Снижение воздействия ходовых систем на почву / З.А. Годжаев, Н. Е. Евтюшенков // Сельский механизатор. – 2016. – № 8. – С. 38-39.

80.ГОСТ 20915-75 (СТ СЭВ 5630-86) Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 34 с.

81.ГОСТ 24055-88 (СТ СЭВ 5628-86) Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 47 с.

82.ГОСТ 24059-88 Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 47 с.

83.ГОСТ 26817-86. Тракторы сельскохозяйственные. Общие технические требования. М.: Изд-во стандартов, 2006. – 8 с.

84.ГОСТ 31345-2007. Сеялки тракторные. Методы испытаний. Введ. 2009-01-01. – М.: Издательство стандартов, 2008. – 57 с.

85.ГОСТ 7057-2001. Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний. М.: Государственный комитет по стандартам, 1991. – С. 61.

86.ГОСТ ИСО 5682-1-2004. Оборудование для защиты растений. Оборудование распылительное. Часть I. Методы испытаний распылительных насадок. М.: Стандартиформ, 2006. – 14 с.

87.ГОСТ Р 52777-2007. Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки – М.: Стандартиформ, 2008. – 12 с.

88.ГОСТ Р 52778-2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. М.: Стандартиформ, 2008. – 24 с.

89. ГОСТ Р 53053-2008 Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний. М.: Стандартиформ, 2009. – 42 с.

90.ГОСТ Р 53056-2008 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки М.: Стандартиформ, 2009. – 24 с.

91.Динамика свеклосахарного производства в России (Российский статистический ежегодник. Сельское хозяйство, охота и охотничье хозяйство, лесоводство в России. <http://www.gks.ru>).

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

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

94.Драгайцев, В.И. Методика экономической оценки технологий и машин в сельском хозяйстве / В.И. Драгайцев, Н.М. Морозов и др. М.: РАСХН, 2010. – 146 с.

95.Драгайцев, В.И. Экономическая оценка технологий возделывания сахарной свёклы и работы свеклоуборочных комбайнов / В.И. Драгайцев, К.И. Алексеев // Сахарная свёкла. 2010. № 5. – С. 8-15.

96.Дурманов, А.С. Далекое прошлое и недавнее будущее... из истории создания тракторов интегральной схемы в России. /А.С. Дурманов. – Липецк: ООО «Липецкая Печатная компания». – 2014. – 304 с.

97.Дурманов, А.С. Тракторы РТМ-160 и РТМ-160У. Конструкция,

эксплуатация и техническое обслуживание / А.С. Дурманов, Ю.А. Коцарь, Г.А. Головащенко и др. – Саратов: ООО «Тесар-издат», 2007. – 283 с.

98.Завражнов, А.И. Технология и комбинированное средство для ухода за посевами сахарной свеклы / А.И. Завражнов, К.А. Манаенков, С.В.Соловьёв, А.Н. Омаров, А.В. Балашов // Наука в центральной России. Наука в центральной России, №2, 2016. – С. 5-11.

99.Завражнов, А.И. Определение конструктивных параметров аппликаторов для локальной обработки посевов сахарной свеклы / А.И. Завражнов, А.В. Балашов, С.В. Дьячков, А.Н. Омаров, С.П. Стрыгин // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т.31. №1. – С. 52-55.

100.Завражнов, А.И. Производственное использование сеялок для пропашных культур с системой контроля высева семян / А.И. Завражнов, А.В. Балашов, А.В. Крищенко, Н.Ю. Пустоваров // Повышение эффективности и экологические аспекты использования ресурсов в сельскохозяйственном производстве: сб. науч. докл. Международной науч.-практ. конф., 6-7 октября 2016 года, г. Тамбов: Изд-во Першина Р.В. – С. 125-129.

101.Завражнов, А.И. Результаты исследований элементов системы контроля высева семян пропашных культур // А.И. Завражнов, А.В. Балашов, Н.Ю. Пустоваров // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: Материалы Международной научно-практической конференции 25-27 октября 2017 года: сб. науч. тр. / под общ. ред. В.А. Солопова. – Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2017. – С. 32-39.

102. Завражнов, А.И. 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.Н.Омаров, А.В. Балашов. Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2015. – С. 61-63.

103. Завражнов, А.И. Система контроля высева семян [Текст] / А.И. Завражнов, А.В. Балашов, С.П. Стрыгин, А.В. Крищенко, Н.Ю. Пустоваров // Сельский механизатор. 2017. – №12. – С. 18-21.

104. Завражнов, А.И. Результаты исследований параметров датчиков, используемых в системе контроля высева семян пропашных культур / А.И. Завражнов, А.В. Балашов, Н.Ю. Пустоваров // Наука в центральной России, №5(29), 2017.– С. 28-35.

105. Инновационная технология и техника производства сахарной свеклы: монография / А.И. Завражнов, В.И. Горшенин, С.В. Соловьев, А.В. Балашов [и др.]; под общ. ред. А.И. Завражнова – Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2018. – 149 с.

106. Ресурсосберегающая технология и техника производства сахарной свеклы: Монография / А.И. Завражнов, В.И. Горшенин, С.В. Соловьев, А.В. Балашов [и др.] под ред. А.И. Завражнова – Санкт-Петербург: Лань», 2019. – 164 с.: ил. – Учебники для вузов, Специальная литература).

107. Завражнов, А.И. Модернизированная система контроля высева семян / А.И. Завражнов, А.В. Балашов, С.П. Стрыгин, А.В. Крищенко, Н.Ю. Пустоваров // Наука в центральной России. Наука в центральной России, №2, (38), 2019. – С. 53-60.

108. Зазуля, А.Н. Повышение эффективности вспашки поворотным плугом / А.Н. Зазуля, Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, С.В. Марнов, В.П. Белогорский // Техника в сельском хозяйстве, 1, 2013. – С. 4-6.

109. Зазуля, А.Н. 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.

110. Зазуля, А.Н. Энергосберегающая технология возделывания сахарной свеклы / А.Н. Зазуля, А.В. Балашов, В.П. Белогорский // Наука в центральной России, №3(15), 2015. – С. 86-95.

111. Зазуля, А.Н. Эффективность использования поворотных плугов для гладкой вспашки почвы / А.Н. Зазуля, А.В. Балашов, В.П. Белогорский, С.В. Марнов, Н.В. Михеев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – Мичуринск: 2013. 1. – С. 48.

112. Зазуля, А.Н. Действие сил на рабочие органы поворотного плуга с переменной шириной захвата и его тяговое сопротивление / А.Н. Зазуля, А.В.

Балашов, В.П. Белогорский, С.В. Марнов, Н.В. Михеев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – Мичуринск: 2013, 1. – С. 56.

113. Зазуля, А.Н. Выбор рациональных способов механизации возделывания сахарной свеклы / А.Н. Зазуля, В.А. Макаров, О.В. Макарова // Наука в центральной России, №1(37), 2019. – С. 41-49.

114. Заммoeв, А.У. Основы проектирования блочно-модульных машин для горного и предгорного садоводства и некоторые перспективы разработки / А.У. Заммoeв, Р.А. Балкаров, А.Н. Медовник, С.А. Твердохлебов // Научный журнал КубГАУ, №97(03), 2014 года. – <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/63.pdf>.

115. Зарубежные интегральные тракторы [Электронный ресурс] – Режим доступа:

http://naukatehnika.com/files/vse_zhurnaly/zhurnalu_2006/pdf.

116. Злотников, А.К. Альбит: новый комплексный высокоэффективный препарат для сахарной свёклы / А.К. Злотников, А.В. Лебедев, В.Т. Алехин, В.Р. Сергеев // Сахарная свекла. – 2005. – № 7. – С. 36-38.

117. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве. Рук. Анискин В.И., Артюшин А.А. /В.П. Елизаров, Н.М. Антышев, П.Н. Бурченко и др. // М.: Росинформагротех, 2005. – 270 с.

118. Коробейников, А.Т. Испытания сельскохозяйственных тракторов / А.Т. Коробейников, В.С. Лихачев В.С., В.Ф. Шолохов // М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.

119. Коновалов, Н.Д. Динамика изменения погоды за 1891-2000 гг. на территории Тамбовской области и урожайность полевых культур. – Жемчужный. 2000. – 113 с.

120. Коновалов, В.В. Практикум по обработке результатов научных исследований с помощью ПЭВМ / В.В. Коновалов. – Пенза: ПГСХА, 2003. – 176 с.

121. Концепции развития свеклосахарного комплекса в Российской Федерации (2008-2020гг.). Сахарная свекла. №3, 2009. – С. 4-10.

122. Корниенко, А.В. Современные технологии производства сахарной свёклы. Рекомендации / А.В. Корниенко, А.К. Нанаенко, М.Г. Мазепин // М.: – 2002. – 15 с.

123. Краснощеков, Н.В. Блочно-модульные принципы создания сельскохозяйственной техники / Н.В. Краснощеков, А.А. Артюшин, Н.М. Антышев, Н.И. Бычков, Ю.А. Цой, В.М. Стариков // М.: Информагротех, 1998. – 104 с.

124. Крючин, Н.П. Высевающий аппарат непрерывного дозирования / Н.П. Крючин, А.Н. Андреев // Сельский механизатор. 2014. № 10. – С. 8-9.

125. Крючин, Н.П. Обоснование конструктивно-технологических параметров высевающего аппарата непрерывного дозирования лопастного типа / Н.П. Крючин, А.С. Демин // Научное обозрение. 2015. № 20. – С. 37-40.

126. Крючин, Н.П. Селекционная сеялка для трудносыпучих мелкосемянных культур / Н.П. Крючин, С.В. Вдовкин, П.В. Крючин // Сельский механизатор. 2015. № 3. – С. 17.

127. Крючин, Н.П. Результаты исследований влияния конструктивно-технологических параметров дисково-штифтового высевающего аппарата на равномерность дозирования семян / Н.П. Крючин, А.Н. Крючин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4. – С. 34-38.

128. Кряжков В.М. Парк тракторов: состояние и направления развития / В.М. Кряжков, З.А. Годжаев, В.Г. Шевцов, Г.С. Гурылёв, А.В. Лавров // Сельский механизатор. – 2015. – № 9. – С. 3-5.

129. Ксеневиц, И.П. О перспективах развития агрегатной унификации и создания модульных энергетических средств / И.П. Ксеневиц, В.В. Яцкевич // Тракторы и сельхозмашины, 1987. № 12. – 64 с.

130. Кузьмин, В.Н. Разработка программ технического оснащения сельского хозяйства в рыночной экономике. – М.: «Росинформагротех», 2014. – 304 с.

131. Логинов, В.И. Электрические измерения механических величин / В.И. Логинов. – М.: Энергия, 1976. – 104 с.

132. Лобачевский, Я.П. Фундаментальные принципы агроинженерного обеспечения производства сахарной свеклы / Я.П. Лобачевский, В.П. Елизаров, В.В. Михеев, Н.И. Кусова, Н.А. Еремин // М.: – ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2017. – 160 с.

133. Мазитов, Н.К. Методика разработки блочно-модульных почвообрабатывающих и посевных машин / Н.К. Мазитов, Н.Г. Ковалев, Ф.М.

Садриев, В.Р. Алфеев, З.С. Рахимов, А.Ю. Измайлов, Л.З. Шарафиев // Земледелие. – 2006. – №3. – С. 6-7.

134. Мазитов, Н.К. Теоретические основы проектирования унифицированных блочно-модульных почвообрабатывающих машин / Н.К. Мазитов, Л.З. Шарафиев, Ф.М. Садриев, З.С. Рахимов, С.Ю. Дмитриев, Р.Ф. Садриев, Н.Х. Галяутдинов // Фундаментальные основы научно-технической и технологической модернизации АПК (ФОНТ и ТМ-АПК-13): Материалы Всероссийской научно-практической конференции (6-7 июня 2013 г). Часть I. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2013. – С. 30-41.

135. Макаров, В.А. Определение оптимальных параметров сводообрушителя бункера комбикорма / В.А. Макаров, М.Б. Латышенок, М.Ю. Костенко, К.В. Гайдуков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2014. № 2. С. 22-23.

136. Макаров, В.А. Инновационная техника для внесения минеральных удобрений / В.А. Хрипин, В.А. Макаров // Техника и оборудование для села. 2015. № 3. – С. 10-13.

137. Макаров, В.А. К вопросу применения биоконтейнеров в органическом земледелии / О.И.Журавлева, В.А. Хрипин, В.А. Макаров // Проблемы механизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства. 2015. № 8. – С. 236-239.

138. Макаров, В.А. Влияние способов обработки почвы на урожайность картофеля / В.А. Макаров, В.А. Хрипин, О.И.Журавлева // В сборнике: Картофелеводство Материалы научно-практической конференции. Под редакцией С.В. Жеворы. 2017. – С. 120-125.

139. Макаров, В.А. Сажалка для оригинального семеноводства картофеля / В.А. Хрипин, В.А.Макаров, О.И.Журавлева, Г.В. Пшенникова // В сборнике: Картофелеводство Материалы научно-практической конференции. Под редакцией С.В. Жеворы. 2017. – С. 106-113.

140. Манаенков, К.А. Методика изучения процесса локального внесения растворов в посевах свеклы и обработки полученных данных / К.А. Манаенков, А.И. Завражнов, С.В. Соловьёв, А.Н. Омаров, А.В. Балашов // Научно-технический прогресс в АПК проблемы и перспективы: сборник научных статей Международной научно-практической конференции, в рамках XVIII Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал – 2016» (г.

Ставрополь, 30 марта – 1 апреля 2016 г.) / под общ. ред. А.Т. Лебедева. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского государственного аграрного университета, 2016. – С. 82-89.

141. Манжесов, В.И. Сохранность технологических качеств корнеплодов фабричной сахарной свеклы при хранении / В.И. Манжесов, М.В. Аносов, Е.В. Саранцева // Сахарная свекла. – 2007. – №7. – С. 16-17.

142. Манохина, А.А. Разработка технологического процесса посадки картофеля с применением гранулированных органических удобрений (биоконтейнеров) / А.А. Манохина // Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук – Москва, 2012. – 19 с.

143. Мансуров, Р.Е. Современное состояние и развитие свеклосахарного подкомплекса России в перспективе до 2030 года. Международный научно-практический журнал «Агропродовольственная экономика. [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http:// arej.ru](http://arej.ru) (дата обращения: 26.07.2018).

144. Мартынов, В.М. Проектирование рабочих органов и машин для уборки корнеплодов / В.М. Мартынов // Уфа: Изд-во Башкирского ГАУ, 2011.

145. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях процессов. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

146. Минакова, О.А. Факторы и приемы повышения продуктивности сахарной свеклы / О.А. Минакова [и др.] // Сахарная свекла. – 2011. – № 10.

147. Нанаенко, А.К. Будущее за прогрессивными технологиями / А.К. Нанаенко // Сахарная свекла. – 1996. – № 11. – С. 11-12.

148. Нанаенко, А.К. Междурядные обработки и засоренность / А.К. Нанаенко, П.Н. Ренгач, А.И. Лоскутов // Сахарная свекла. – 2003. – № 5. – С. 21–22.

149. Нанаенко, А.К. Сочетание методов борьбы с сорняками / А.К. Нанаенко, Г.А. Нанаенко // Сахарная свекла. – 2009. – №5. – С. 24-26.

150. Нанаенко, А.К. Обоснование оптимальной продолжительности и начала уборки сахарной свеклы / А.К. Нанаенко, Д.В. Сапельников // Техника в сельском хозяйстве. – 1998. – № 1. – С. 32-35.

151. Национальная научная концепция устойчивого развития свекловодства в России до 2030 года. – Рамонь. – ВНИИСС. – 2001. – 40 с.

152. Никитин, А.Ф. Оптимальные сроки уборки / А.Ф. Никитин и др. //

Сахарная свёкла. 1993. № 5. – С. 16-18.

153. Никитин, А.Ф. Уборка сахарной свеклы /А.Ф. Никитин // Сахарная свекла – 2004. – №7. – С. 36-40.

154. Омаров, А.Н. Обоснование возможности и условий применения импульсного метода внесения жидких рабочих растворов: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию Конституции Республики Казахстан и Ассамблеи народа Казахстана «Наука и образование XXI века: опыт и перспективы». Часть II. 20-21 қараша/ноябрь/november. / А.Н. Омаров, А.И. Завражнов, А.В. Балашов, М.К. Бралиев. Орал, Уральск, Uralsk, 2015. – С. 322-325.

155. Омаров, А.Н. Исследование распылительных форсунок при обработке пропашных культур / А.Н. Омаров, Завражнов А.И., Соловьев С.В., Балашов А.В. // В сбор. докл. «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции-новые технологи и техника нового поколения для растениеводства и животноводства». – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2015. – С. 61-63.

156. ОСТ 10.4.1-2001 Стандарт отрасли. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для глубокой обработки почвы – М.: Изд. стандартов 2002. – 43 с.

157. ОСТ 10.5.1-2000 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Методы оценки функциональных показателей Машины посевные: Методы оценки функциональных показателей: Стандарт отрасли: ОСТ 10 5.1-2000: Утв. М-вом сел. хоз-ва и продовольствия Рос. Федерации 03. 03. 2000: Введ. 15.06.00: Взамен РД 10 5.1-91.

158. ОСТ 70.2.15-73 Испытание сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний – М., 1974. – С. 24.

159. Патент № 2542124 Российская Федерация, МПК А01В 79/02 Способ для внесения листовых удобрений и гербицидов / В.И. Горшенин, Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, А.Н. Омаров, А.Г. Абросимов, И.А. Дробышев, С.В. Соловьев, Н.В. Папихина, А.В. Алехин; заявитель и патентообладатель 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.

160. 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 ВНИИТиН. – №95103093/13, заяв. 02.03.1995; опубл. 20.01.1998, Бюл. № 2. – 6 с.

161. Патент №2264698 Российской Федерации, МПК А01 С 1/06, Способ капсулирования семян и установка для его осуществления / Ю.М. Лужков, Ш.А. Джафаров, А.Ю. Винаров [и др.]. Опубликовано 27.11.2005 Бюл. №33.

162. Патент №2277315 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 С 1/06. Капсула для проращивания и роста семян и способ ее получения / Ю.М. Лужков, Г.Н. Ворожцов, А.Н. Калиниченко; заявитель и патентообладатель Ю.М. Лужков, Г.Н. Ворожцов, А.Н. Калиниченко. – № 2004121085/12; заявл. 12.07.2004; опубл. 10.06.2006, Бюл. № 16. – 9 с.: ил.

163. Патент №2475012 Российская Федерация, МПК А01С 7/04. Устройство для посадки семян в капсулах / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский, Стрыгин С.П., А.А. Сухов; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. – № 2011132723, заяв.03.08.2011; опубл. 20.02.2013, Бюл. №5. – 7 с.

164. Патент №2488094 Российская Федерация, МПК G01N19/02. Прибор для определения коэффициента силы трения покоя / Н.П. Тишанинов, А.Г. Амелянц, А.В. Анашкин, К.А. Растюшевский; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. – № 2012107007/28; заявл. 27.02.2012; опубл. 20.07.2013, Бюл. №20. – 6 с.: ил.

165. Патент №2490844 Российская Федерация, МПК А01В 15/00 А01В 3/28. Плужный корпус / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский, С.В. Марнов; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. – №2012125297/13, заяв.18.06.2012; опубл. 27.08. 2013, Бюл. №24. – 7 с.: ил.

166. Патент №2506732 Российская Федерация, МПК А01В 3/30 Плуг поворотный с переменной шириной захвата / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский, С.В. Марнов; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. – № 2012138513/13, заяв.07.09.2012; опубл. 20.02. 2014, Бюл. №5. – 8 с.:ил.

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

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

169. 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, Стрыгин С.П., Пустоваров Н.Ю.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИТиН. – № 2017132542, заяв.13.02.2017; опубл. 11.03.2019, Бюл. №8. – 7 с.

170. Петров, В.А. Свекловодство / В.А. Петров, В.Ф. Зубенко // М.: Колос, 1981. – 302 с.

171. Петров, Г.Д. Концепция создания и производства самоходных блочно-модульных машин / Г.Д. Петров, В.И. Славкин // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2001, №5. – С. 19-25.

172. Погорелый, Л.В. Свеклоуборочные машины. Конструирование и расчет / Л.В. Погорелый // Киев: Техника, 1983 – 168 с.

173. Протокол испытаний № 14-10-2000 (1080012) от 13 сентября 2000 г. приемочных испытаний сеялки свекловичной пневматической СТВС-18. Центрально-Черноземная государственная зональная машиноиспытательная станция. Пос. Камыши – 2000. – 44 с.

174. Протокол испытаний № 14-50-2002 (4020312) Агрегат комбинированный широкозахватный АКШ-6Г от 29 ноября 2002 года. Центрально-Черноземная государственная зональная машиноиспытательная станция, пос. Камыши. – 2002. – 43 с.

175. Протокол испытаний № 14-65-2000 (4080112) приемочных испытаний копателя-валкоукладчика сахарной свеклы КВС-6. Центрально-Черноземная государственная зональная машиноиспытательная станция, пос. Камыши, – 2000. – 43 с.

176. РД 10.2.2-89 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы энергетической оценки. КубНИИТиМ. 1989. – 27 с.

177. РД 10.8.6-90. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для уборки сахарной свеклы. Программа и методы испытаний. КубНИИТиМ. 1990. 173 с.

178. Результаты теста свеклоуборочной техники Beet Europe в Seligenstadt Германия [Электронный ресурс]/Режим доступа: / [http://www.субарист.рф/files/holmer/8 – Beet%20Europe%20Seligenstadt%202012.pdf](http://www.субарист.рф/files/holmer/8-Beet%20Europe%20Seligenstadt%202012.pdf).

179. Разработать методы адаптации машинно-тракторных агрегатов и новых энергетических средств к изменяющимся условиям их использования в технологиях производства сельскохозяйственных культур: отчет о НИР (промежуточ.) / Всерос. науч.-исслед. и проект.-технологич. ин-т по использованию техники и нефтепродуктов в с.-х.; рук. Клейменов О.А.; отв. исполн.: Балашов А.В.[и др.] – Тамбов, 2004.- 143 с.

180. Ревякин, Ю.Ю. Руководство к полевому плотномеру конструкции // Ревякин Ю.Ю. – Москва-1979. – С. 4.

181. Румшинский, Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента / Л.З. Румшинский // Наука, 1971. – 192 с.

182. Саакян Д.Н. Система показателей комплексной оценки мобильных машин / Д.Н. Саакян. – М.: Агропромиздат, 1988. – 415 с.

183. Сазонов, С.Н.. Межфермерская кооперация в использовании сельскохозяйственной техники / С.Н. Сазонов, А.В. Балашов, Д.Д. Сазонова // Инженерно-техническое обеспечение АПК. – 1995. – № 3. – С. 14-17.

184. Сазонов, С.Н. Повышение эффективности использования комбинированных почвообрабатывающе-посевных машин / С.Н. Сазонов, А.В. Балашов, А.А. Ногтиков и [др.]. – Тамбов: ВИИТиН, 1995. – 83 с.

185. Сазонов, С.Н. Теоретические проблемы повышения эффективности использования техники в крестьянских хозяйствах / С.Н. Сазонов, А.В. Балашов, Д.Д. Сазонова, О.Н. Попова, и [др.]. – Саратов: ЦНТИ, 1997. – 73 с.

186. Сазонов, С.Н. Теория и практика использования техники в крестьянских хозяйствах / С.Н. Сазонов, А.В. Балашов, Д.Д. Сазонова и [др.]. – Тамбов: ВИИТиН,

1996. – 66 с.

187. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года. Том I. Растениеводства (Проект) – М.: ВИМ, 2012. – 304 с.

188. Соловьёв, С.В. Усовершенствованная технология возделывания сахарной свёклы в условиях северо-востока центрального Черноземья: автореф. дис. доктора с-х. наук: 06.01.01 / Соловьёв Сергей Владимирович. – Саратов, 2013. – 43 с.

189. Соловьёва, Н.Ф. Технологии и технические средства для возделывания кукурузы на зерно / Н.Ф. Соловьёва // М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 80 с.

190. Солошенко, Р.В. Современный уровень развития и устойчивости российского свеклосахарного подкомплекса / Р.В. Солошенко, О.Н. Выдрина, Н.В. Попадьяна, И.Г. Дорогавцева // Сахарная свекла, 2013. – №10. – С. 2-6.

191. Солошенко, Р.В. Тенденции развития и перспективы производства сахарной свеклы фабричной в основных свеклосеющих регионах страны / Р.В. Солошенко, Д.А. Зюкин, О.Н. Выдрина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 9. – С. 27-31

192. Старовойтов, В.И. Агрегат для высева семян в биоконтейнерах / В.И. Старовойтов, О.А. Старовойтова, А.А. Манохина, В.А. Макаров // Сельский механизатор. – 2011. – № 9. – С. 10-11.

193. Стрыгин С.П. Определение конструктивно-режимных параметров аппарата для высева капсулированных семян / С.П. Стрыгин, А.И. Завражнов, А.В. Балашов, С.Г. Хайрулина // Наука в центральной России. Наука в центральной России, №4(22), 2016. – С. 5-9.

194. СТО АИСТ 4.1-2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей. М.: Росинформагротех, 2011 – ? с.

195. СТО АИСТ 4.3-2010 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для обработки пропашных культур. Методы оценки функциональных показателей. М.: Росинформагротех, 2011 – ? с.

196. СТО АИСТ 5.6-2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные и посадочные. Показатели назначения. Общие требования. – М.: Росинформагротех, 2011 – 72 с.

197. Сухов, А.А. Совершенствование процессов изготовления и использования семенных капсул на основе отходов животноводства и птицеводства: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Алексей Александрович Сухов. – Мичуринск-Наукоград, 2013. – 20 с.

198. Тарасова, В.В. Применение номограмм в сельском хозяйстве / В.В.Тарасова, И.В. Попович // М. «Колос», 1978. – 93 с.

199. Тензометрический усилитель ТАПА3-3-02, ТАПА3-3-001: Инструкция по эксплуатации / НПО «Прибор». – Апрельск, 1985. – 26 с.

200. Титовский, С.А. Результаты применения интенсивной технологии в Краснояружском районе Белгородской области / А.Г. Титовский // Сахарная свёкла. – 2008. – № 2. – С. 12–13.

201. Труфанов, В.В. Совершенствование высева драже люцерны ячеисто-дисковым аппаратом / В.В. Труфанов // Повышение эксплуатационной эффективности тракторов и с.х. машин. – Воронеж, 1995. – С. 147-152.

202. Тырнов, Ю.А. 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.

203. Тырнов, Ю.А. Высокоадаптированные машинные технологии и технические средства нового поколения для низкочатратного 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.

204. Тырнов, Ю.А. Исследование показателей работы поворотного плуга для гладкой вспашки почвы / Ю.А. Тырнов, А.Н. Зазуля, А.В. Балашов, В.П. Белогорский, С.В. Марнов // Техника в сельском хозяйстве, 1, 2013. – С. 23-24.

205. Тырнов, Ю.А. 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.

206. Тырнов, Ю.А. 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.

207. Тырнов, Ю.А. 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.

208. Тырнов, Ю.А. Модернизированные пропашные сеялки ССТ-12М и СУПН-8М. Показатели применения в ЦФО / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов // Продовольственный рынок Черноземья, 2009, № (06)48. – С. 10-11.

209. Тырнов, Ю.А. Диск для капсулированных семян / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский, С.П. Стрыгин // Сельский механизатор, 2012. – №4. – С. 9.

210. Тырнов, Ю.А. 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.

211. Тырнов, Ю.А. Использование капсулированных семян при посеве пропашных культур / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, А.А. Сухов // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 16-17 октября 2013 г.). В 3 т. Т.1. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства» – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2014. – 368 с. – С. 161-166.

212. Тырнов, Ю.А. Конструктивные параметры высевающего диска сеялки для посева капсулированных семян / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский, С.П. Стрыгин // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – №1. – С. 5-6.

213. Тырнов, Ю.А. Механическая сеялка для посева капсулированных семян / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский, А.А. Сухов, С.П. Стрыгин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2014. – № 5. – С. 18-19.

214. Тырнов, Ю.А. 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.

215. Тырнов, Ю.А. Обоснование конструктивных параметров высевающего диска со сводоразрушителем / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский, С.П. Стрыгин // Техника в сельском хозяйстве, 2012. – №6. – С. 8 – 10.

216. Тырнов, Ю.А. Поворотный плуг для гладкой вспашки с переменной шириной захвата: сб. науч. докл. XVII междунар. науч. – практич. конф. 24-25 сентября 2013 года, г. Тамбов / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский, С.В. Марнов, В.А. Минкин // Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2013. – С. 140-142.

217. Тырнов, Ю.А. Посев кукурузы в капсулах / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский. С.П. Стрыгин, А.А. Сухов // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – Новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: Сборник научных докладов XVI международной научно-практической конференции, 20-21 сентября 2011 года, г. Тамбов. – С. 129-130.

218. Хаберланд, Р. Сахарная свекла: тонкости технологии / Р. Хаберланд // Новое сельское хозяйство. – 2004, №1. – С. 37-40.

219. Хитров, А.Н. Проблемы качества механизированной уборки сахарной свеклы в европейских странах / А.Н. Хитров // Сахарная свекла. – 1985. – № 9. – С. 37-38.

220. Чикильдин, В.Н. Совершенствование процесса высева семян пропашных культур пневматической сеялкой (на примере кукурузы): автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / В.Н. Чикильдин. – Ставрополь, 2011. – 22 с.

221. Шпаар, Д. Сахарная свекла (выращивание, уборка, хранение) / Д. Шпаар, Д. Дрегер, А. Захаренко и др. Под общей редакцией Д. Шпаара // Мн.: ЧУП «Орех», 2004. – 326 с.

222. Шпаар, Д. Сахарная свёкла (Выращивание, уборка, хранение) / Д. Шпаар, Д. Дрегер, А. Захаренко и др.; Под общей редакцией Д. Шпаара. – М.: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2006. – 315 с.

223. Шпаар, Д. Сахарная свекла / Д. Шпаар, Д. Дрегер, А. Захаренко и др., под общей редакцией Д. Шпаара // Мн.: «ФУАинформ», 2000. – 264 с

224. Эллер, В.И. Электрические измерения неэлектрических величин полупроводниковыми тензорезисторами / Пер. с нем. – М.: Мир, 1974. – 285 с.

225. Василенко, В.В. Результаты производственных испытаний оборотного плуга / В.В. Василенко, С.В. Василенко, И.И. Рыльков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. –2013. №4 (39). – С. 99-101.

226. Василенко, В.В. Плуг с полным оборотом пластов / В.В. Василенко, С.В. Василенко, А.Н. Хахулин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4 (47). – С. 122-125.

227. Василенко, В.В. Регулирование устойчивости глубины хода навесного плуга / В.В. Василенко, В.И. Посметьев, С.В. Василенко, М.А. Латышева // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. –2016 (2). – С. 125-129.

228. Василенко, В.В. Определение силы для расширения борозды при вспашке / В.В. Василенко, С.В. Василенко, А.Н. Хахулин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2017 (2). – С. 61-64.

229. Василенко, В.В. Теория и расчёт рабочих органов сельскохозяйственных машин / В.В. Василенко, А.М. Гиевский, А.В. Чернышов // Электронный ресурс: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 35.03.06 – Агроинженерия, профилям «Технические системы в агробизнесе» и «Технический сервис в АПК». – Воронеж, 2019. (2-е издание, исправленное и дополненное).

230. Годжаев, З.А. Опыт и инновации по снижению воздействия сельскохозяйственной техники на почву / З.А. Годжаев, З.А. Русанов, А.В. Казакова, В.А. Шинкевич // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2019. – № 6. – С. 39-48.

231. Lemken online Электронный ресурс. Электрон, дан. – Lemken the agrovision company. 2010. – Режим доступа: <http://www.lemken.ru>.

232. Moldboard plows / Surrey: John Deere UK ltd, 1990.

233. Kverneland group Russia Электронный ресурс. Электрон, дан. -Kverneland ASA. 2006. – Режим доступа: [http:// http://www.kvernelandgroup.com/ru](http://www.kvernelandgroup.com/ru).
234. Merkes R., Kröhl, M., Muggele, H., Sauer, M. Produktionstechnik zu Zuckerrüben im Jahr 2000 – Kostensenkung, Umweltschonung, Nachhaltigkeit. Zuckerindustrie, 126, 2001, 804-811.
235. Gruber W. Trends bei der Technik für die Zuckerrübenernte // Landtechnik. – 2001. – Jg. 56. – №6. – S. 380-381.
236. Márquez L. Maquinaria para la recolección de la remolacha // Agrotécnica, 2007, Abril. – P. 42-46; Julio. – P. 32-39; Agosto. – P. 24-31; Septiembre. – P. 2-11.
237. Маркес. Moitzi G., Boxberger J. Vermeidung von Bodenschadverdichtungen beim Einsatz von schweren Maschinen – eine aktuelle Herausforderung // Ländlicher Raum, 2007. – S. 1-27.
238. Gorshenin, V. Technologies and means of mechanization for sowing sugar beet belt under the Central Chernozem Russia / V. Gorshenin, S. Soloviev, A. Abrosimov, I. Drobyshev, O. Ashurkova // London Review of Education and Science, 2015, № 2(18), (July-December). Volume VII. «Imperial College Press», 2015. – P. 804-811.
239. Morishita, D.W. Weed thresholds and weed emergence patterns in sugar beet/D.W.Morishita, M.J. Wille, S.L. Young Presented at the Snake River Sugar Beet Conference, 2000. – P. 287-289.
240. Borthakur M.Y., Baruah Y.C.S. Spraying Technique / Tuo and a bud. 2015, Vi. S. 18-21.
241. Märländer B. Bestandesdichte von Zuckerrüben und Intensität der verunkrautung – erster Ansatz integrierter Unkrautregulierung / B. Märländer, H Bräutigam// Gesunde Pflanzen, 46. – 1994. – S. 117-122.
242. Hembree, K. Sugar Beet Research Accomplishments. 1997 Weed science workgroup report.-University of California / K. Hembree. – Davis. – 1997. – P. 216-225.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 101 906** (13) **C1**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ, ПАТЕНТАМ
И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(51) МПК

A01C 7/20 (1995.01)(21)(22) Заявка: **95103093**, **2.03.1995** г.(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
2.03.1995 г.Дата регистрации:
20.01.1998 г.Адрес для переписки:
**392022, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, 28,
ФГБНУ ВНИИТиН, Балашову А.В.**(72) Автор(ы):
**Ногтиков А.А.,
Сазонов С.Н.,
Балашов А.В.**(73) Патентообладатель(и):
**Всероссийский научно-исследовательский
и проектно-технологический институт
по использованию техники и
нефтепродуктов в сельском хозяйстве**

RU 2101906 C1

(54) СОШНИК ДЛЯ РАЗБРОСНОГО ВЫСЕВА СЕМЯН И УДОБРЕНИЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности к сошникам сеялок для подпочвенно-разбросного посева сельскохозяйственных культур и удобрений. Сошник состоит из лапы 1, прикрепленной к стойке 2, к которой крепится семяпровод 5. Рассекатель 6 представляет собой трехгранную пирамиду, задняя грань которой – равносторонний треугольник, а две другие при вершине составляют угол 125°. Отражатель 7 представляет цилиндрическую поверхность. Сущность: позволяет повысить качество посева за счет точного направления потока семян на распределитель. 3 ил.

RU 2101906 C1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 475 012** ⁽¹³⁾ **C1**(51) МПК
A01C 7/04 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2011132723/13, 03.08.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
03.08.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.08.2011

(45) Опубликовано: 20.02.2013 Бюл. № 5

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 24333 U1, 27.08.2003. SU 886785 A1,
12.07.1981. RU 2127032 C1, 10.03.1999. US
7669539 B2, 02.03.2010. SU 676208 A1,
30.07.1979.

Адрес для переписки:

392022, г.Тамбов, пер. Ново-Рубежный, 28,
ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, Ю.А.
Тырнову

(72) Автор(ы):

Тырнов Юрий Алексеевич (RU),
Балашов Александр Владимирович (RU),
Белогорский Василий Петрович (RU),
Стрыгин Сергей Петрович (RU),
Сухов Алексей Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский
институт использования техники и
нефтепродуктов Российской академии
сельскохозяйственных наук (ГНУ
ВНИИТиН Россельхозакадемии) (RU)

RU 2 4 7 5 0 1 2 C 1

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОСАДКИ СЕМЯН В КАПСУЛАХ

(57) Реферат:

Устройство для посадки семян в капсулах содержит бункер с распределительной камерой для капсул, корпус, в котором на горизонтальной оси вращения установлен цилиндрический диск с ячейками и ворошителями. Цилиндрический диск закреплен на зубчатке посредством болтов через отверстия. Ячейки диска выполнены на его боковой поверхности, на которой также

выполнена галтель. На боковой поверхности ячеек по ходу вращения диска выполнена фаска под углом естественного откоса капсул. Ворошители выполнены криволинейными и закреплены на торцевой поверхности диска. Использование изобретения позволит повысить равномерность распределения капсул по длине рядка за счет повышения заполняемости ячеек и разрушения сводообразования. 3 ил.

RU 2 4 7 5 0 1 2 C 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 490 844** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК
A01B 15/00 (2006.01)
A01B 3/28 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012125297/13, 18.06.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.06.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.06.2012

(45) Опубликовано: 27.08.2013 Бюл. № 24

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 1739867 A1, 15.06.1992. SU 341423 A1,
21.08.1972. RU 2091994 C1, 10.10.1997. US
3667550 A, 06.06.1972.

Адрес для переписки:

392022, г.Тамбов, пер. Ново-Рубежный, 28,
ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, Ю.А.
Тырнову

(72) Автор(ы):

Тырнов Юрий Алексеевич (RU),
Балашов Александр Владимирович (RU),
Белогорский Василий Петрович (RU),
Марнов Сергей Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский
институт использования техники и
нефтепродуктов Российской академии
сельскохозяйственных наук (ГНУ
ВНИИТиН Россельхозакадемии) (RU)

(54) ПЛУЖНЫЙ КОРПУС

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности к рабочим органам поворотных плугов для гладкой пахоты. Плужный корпус поворотного плуга содержит (шарнирно соединенную с) брус; стойку в виде правильной призмы. На верхнем основании стойки закреплены ось поворота и опорная площадка, рычаг с пальцем. Палец шарнирно соединен со штангой. Башмак выполнен в виде равностороннего треугольника. Через ортоцентр башмака проходит ось поворота стойки. Башмак закреплен к нижнему основанию стойки посредством двух

кронштейнов. Вдоль боковых сторон башмака закреплены состыкованные между собой два седла. На седлах с помощью носков установлены соединенные между собой лемеха и отвалы левого и правого оборота пласта. Отвалы состыкованы под углом друг другу полевыми обрезами с помощью груди. Грудь имеет криволинейную режущую кромку и закреплена к передней грани стойки. К задней грани стойки крепится распорка для соединения крылья отвалов. Такое конструктивное решение направлено на упрощение конструкции корпуса и механизма поворота, а также позволяет снизить удельное тяговое сопротивление корпуса. 4 ил.

RU 2 4 9 0 8 4 4 C 1

RU 2 4 9 0 8 4 4 C 1

ПРИЛОЖЕНИЕ А4

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU**⁽¹¹⁾ **2 506 732**⁽¹³⁾ **C1**(51) МПК
A01B 3/30 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012138513/13, 07.09.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.09.2012

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 07.09.2012

(45) Опубликовано: 20.02.2014 Бюл. № 5

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1036258 A, 23.08.1983. SU 1732826 A1, 15.05.1992. RU 2376735 C2, 27.12.2009. US 3305025 A, 21.02.1967. US 2834274 A, 13.05.1958. FR 2244392 A1, 18.04.1975. CN 2011350016 Y, 22.10.2008.

Адрес для переписки:
392022, г.Тамбов, пер. Ново-Рубежный, 28,
ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, Ю.А.
Тырнову

(72) Автор(ы):
Тырнов Юрий Алексеевич (RU),
Балашов Александр Владимирович (RU),
Белогорский Василий Петрович (RU),
Марнов Сергей Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Государственное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский
институт использования техники и
нефтепродуктов Российской академии
сельскохозяйственных наук (ГНУ
ВНИИТиН Россельхозакадемии) (RU)

RU 2 506 732 C1

RU 2 506 732 C1

(54) ПЛУГ ПОВОРОТНЫЙ С ПЕРЕМЕННОЙ ШИРИНОЙ ЗАХВАТА

(57) Реферат:
Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности к поворотным плугам для гладкой пахоты. Плуг поворотный с переменной шириной захвата содержит несущую раму (1) с центральной продольной балкой (2). Рама (1) шарнирно соединена с поворотным брусом (3) с возможностью его отклонения на угол α в пределах 0-45° в обе стороны относительно оси (4) поворотного бруса (3). На брус (3) установлены плужные корпуса (5) с возможностью их поворота на оси (6) на угол β в пределах 0-30° в обе стороны против хода или по ходу часовой стрелки. В передней части бруса (3) закреплен ползун (7). Дугообразная направляющая (9) закреплена на нижней части

несущей рамы (1) и содержит отверстия (10) на обоих концах для установки упора ползуна (15). Плужные корпуса (5) гидроцилиндрами (17 и 18) через штанги (12) установлены с возможностью согласованного поворота на осях (6) с жестко закрепленными на них рычагами (13) и пальцами (14), шарнирно соединенными со штангой (12). Поворот плужных корпусов (5) ограничивается упором штанги (16). Плужные корпуса (5) включают установленные на поворотной стойке под углом друг другу отвалы с крыльями левого (20) и правого (21) оборота пласта, левого (22) и правого (23) лемеха. Такое решение позволяет упростить конструкцию и повысить эксплуатационную надежность поворотного плуга. 2 ил.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 526 272** ⁽¹³⁾ **C1**(51) МПК
A01C 1/06 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013102319/13, 17.01.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.01.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.01.2013

(45) Опубликовано: 20.08.2014 Бюл. № 23

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 95956 U1, 20.07.2010. RU 2314666
C1, 20.01.2008; . RU 2423036 C1, 10.07.2011. SU
1085538 A1, 15.04.1984. US 4628633 A1,
16.12.1986

Адрес для переписки:

404120, Волгоградская обл., г. Волжский, пр-кт
Ленина, 98, кв. 25, Сухову А.А.

(72) Автор(ы):

Сухов Алексей Александрович (RU),
Фоменко Николай Александрович (RU),
Тырнов Юрий Алексеевич (RU),
Балашов Александр Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Сухов Алексей Александрович (RU)

(54) КАПСУЛА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ВЫСЕВА СЕМЯН

(57) Реферат:

Изобретение относится к области растениеводства и может быть использовано для хранения посевного материала и для высева семян сельскохозяйственных, лекарственных и других культур. Капсула представляет собой коническую усеченную полость для размещения семени, закупоренную пробкой. Полость выполнена в виде сквозного отверстия, закрыта со стороны загрузки семени конической пробкой на глубину, исключая прикосновение основания пробки с семенем и предотвращающую выпадение

семени. С другой стороны отверстия семя сообщается с атмосферой. Капсула спрессована из химико-биологического порошкообразного материала, содержащего компоненты, соответствующие составу почвы в районе высева семян. Изобретение позволит обеспечить оптимальные условия для прорастания семян после высева, тем самым повысить эксплуатационные свойства посевного материала, что приведет к повышению урожайности. 3 ил.

RU 2 5 2 6 2 7 2 C 1

RU 2 5 2 6 2 7 2 C 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 542 124** ⁽¹³⁾ **C2**(51) МПК
A01B 79/02 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013111175/13, 12.03.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.03.2013

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 12.03.2013

(43) Дата публикации заявки: 20.09.2014 Бюл. № 26

(45) Опубликовано: 20.02.2015 Бюл. № 5

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2019073 C1, 15.09.1994. RU 2269885
C1, 20.02.2006. RU 2101902 C2, 20.01.1998. RU
2054231 C1, 20.02.1996. BY 5159 C1, 30.06.2003

Адрес для переписки:
393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул.
Интернациональная, 101, ФГБОУ ВПО
"Мичуринский государственный аграрный
университет"

(72) Автор(ы):
Горшенин Василий Иванович (RU),
Гырнов Юрий Алексеевич (RU),
Балашов Александр Владимирович (RU),
Омаров Акылбек Нурлыбекович (KZ),
Абросимов Александр Геннадиевич (RU),
Дробышев Игорь Анатольевич (RU),
Соловьев Сергей Владимирович (RU),
Папихина Надежда Владимировна (RU),
Алехин Александр Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Мичуринский государственный аграрный
университет" (RU)

RU 2 542 124 C 2

(54) СПОСОБ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ЛИСТОВЫХ УДОБРЕНИЙ И ГЕРБИЦИДОВ

(57) Реферат:
Изобретение относится к области механизации
сельскохозяйственного производства. Способ
характеризуется тем, что осуществляют
опрыскивание листьев пропашных культур
растворами удобрений и вносят лентой
гербициды. Опрыскивание листьев пропашных
культур осуществляют порционно раствором
минеральных удобрений, а внесение гербицидов
- с двух сторон симметрично относительно ряда

растений в пределах защитной зоны с
перекрытием. Для предотвращения попадания
раствора гербицида на листья пропашных
культур их поднимают и подводят в зону действия
защитных щитков устройства для внесения
удобрений и гербицидов. Способ обеспечит
повышение качества опрыскивания, а также
минимизирует негативное влияние гербицидов на
пропашные вегетирующие культуры. 2 ил.

RU 2 542 124 C 2

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 556 722** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) МПК
A01C 7/04 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014121410/13, 27.05.2014
(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.05.2014
Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 27.05.2014
(45) Опубликовано: 20.07.2015 Бюл. № 20
(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2475012 C1, 20.02.2013. RU 24333
U1, 27.08.2003. SU886785 A1, 12.07.1981. RU
2127032 C1, 10.03.1999. US 7669539 B2,
02.03.2010; . SU 676208 A1, 30.07.1979
Адрес для переписки:
392022, г.Тамбов, пер. Ново-Рубежный, 28, ГНУ
ВНИИТиН Россельхозакадемии, Зазуле А.Н.

(72) Автор(ы):
Балашов Александр Владимирович (RU),
Белогорский Василий Петрович (RU),
Зайнушев Жумажан Жусупкалиевич (KZ)
(73) Патентообладатель(и):
Государственное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский
институт использования техники и
нефтепродуктов Российской академии
сельскохозяйственных наук (ГНУ
ВНИИТиН Россельхозакадемии) (RU)

(54) ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ

(57) Реферат:
Изобретение относится к высевающим
аппаратам сеялок для точного высева
дражированных семян пропашных культур.
Высевающий аппарат содержит бункер,
расположенные под ним распределительную
камеру и корпус. В корпусе на горизонтальной
оси вращения установлен диск с галтелью,
ячейками с фасками и сводоразрушителями. На
корпусе закреплена распределительная камера с
наклонным днищем с окном. В днище
расположена часть боковой поверхности диска.
Внутри распределительной камеры на боковых

стенках на горизонтальной оси установлен
счесывающий ролик с зазором относительно
галтели диска. При этом горизонтальные оси
диска и ролика расположены в одной
вертикальной плоскости. Изобретение позволит
обеспечить повышение равномерности
распределения дражированных семян в рядке за
счет дозированного поштучного заполнения всех
ячеек из подвижного организованного ряда,
сформированного в распределительной камере.
4 ил.

RU 2 556 722 C1

RU 2 556 722 C1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 585 850** ⁽¹³⁾ **C1**(51) МПК
A01C 7/04 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015109563/13, 18.03.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.03.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.03.2015

(45) Опубликовано: 10.06.2016 Бюл. № 16

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2475012 C1, 20.02.2013. SU 886785
A1, 07.12.1981. SU 676208 A1, 30.07.1979. RU
24333 U1, 10.08.2002. RU 2127032 C1, 10.03.1999.
US 7669539 B2, 02.03.2010.

Адрес для переписки:

392022, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, 28,
ФГБНУ ВНИИТиН, Зазуле А.Н.

(72) Автор(ы):

Завражнов Анатолий Иванович (RU),
Зазуля Александр Николаевич (RU),
Балашов Александр Владимирович (RU),
Белогорский Василий Петрович (RU),
Стрыгин Сергей Петрович (RU),
Синельников Александр Алексеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Всероссийский научно-
исследовательский институт использования
техники и нефтепродуктов в сельском
хозяйстве" (ФГБНУ ВНИИТиН) (RU)

(54) ВЫСЕВАЮЩИЙ ДИСК ДЛЯ КАПСУЛИРОВАННЫХ СЕМЯН

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению и может быть использовано в высевальных аппаратах сеялок точного высева семян пропашных культур в капсулах. Высевающий диск для капсулированных семян выполнен цилиндрическим. На боковой поверхности диска с ячейками выполнена галтель по профилю капсулы. Галтель заглублена на величину радиуса

капсулы. На торцевой поверхности диска установлен криволинейный ворошитель. На внешней окружности ворошителя с равномерным окружным шагом выполнены разные по размеру и подобные по форме крючкообразные выступы. Изобретение позволит обеспечить повышение заполняемости ячеек капсулированными семенами. 3 ил.

RU 2 5 8 5 8 5 0 C 1

RU 2 5 8 5 8 5 0 C 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 681 570**⁽¹³⁾ **C1**(51) МПК
A01C 7/00 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
A01C 7/00 (2018.08); A01C 7/208 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2017132542, 13.02.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.02.2017Дата регистрации:
11.03.2019Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 13.02.2017

(45) Опубликовано: 11.03.2019 Бюл. № 8

Адрес для переписки:
392022, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, 28,
ФГБНУ ВНИИТиН, Зазуле А.Н.

(72) Автор(ы):

Крищенко Андрей Владилениович (RU),
Завражнов Анатолий Иванович (RU),
Балашов Александр Владимирович (RU),
Стрыгин Сергей Петрович (RU),
Пустоваров Никита Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Всероссийский
научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в
сельском хозяйстве" (ФГБНУ ВНИИТиН)
(RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 66145 U1, 10.09.2007. RU
2444863 C1, 10.03.2012. RU 121420 U1,
27.10.2012. RU 157803 U1, 10.12.2015. UA 83471
U, 10.09.2013. RU 112807 U1, 27.01.2012.

RU 2 681 570 C 1

RU 2 681 570 C 1

(54) СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, а именно к устройствам для контроля и информации о ходе выполнения технологического процесса высева семян. Система контроля высева семян содержит датчики высева семян, датчик пути, контроллер и блок сбора и обработки информации. Датчики высева семян соединены кабельной разводкой и закреплены в полостях сошников высевающих аппаратов. Датчик пути закреплен посредством кронштейна на раме

сеялки. Контроллер установлен в кабине трактора и включает быстродействующий микропроцессор, операционную программу и монитор со светодиодными матричными модулями. Последние выполнены разноцветными и размещены на мониторе контроллера в один ряд. Блок сбора и обработки информации установлен на раме сеялки. Между щек каждого сошника установлена распорная втулка. Изобретение обеспечивает повышение надежности и улучшение информативности процесса высева семян. 3 ил.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б1

Технология возделывания и уборки сахарной свеклы с использованием агрегатов блочно-модульного построения на базе интегрального энергетического средства (на примере трактора РТ-М-160) и показатели их использования

Таблица Б1

Процессы	Технологические операции	Агросроки	Агротехнические требования	Состав агрегата	Эксплуатационно-технологические показатели агрегата
1	2	3	4	5	6
1. ОСНОВНАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ Осенняя обработка почвы по способу полупара (при благоприятном увлажнении)	1. Лушение жнивья на 6-8 см дисковым орудием (1-2 раза	28.07.±2	Глубина обработки 4-8 см + 1,0; Глубина впадин поперек прохода агрегата – 4,0 см + 1,0; Количество неподрезанных сорняков – не более 3 шт/м ²	РТ-М-160+ЛДГ-10А РТ-М-160+БДТ-3	$W_0=8,7; V=8,7; q=19,9$ $W_0=3,53; V=11,8; q=22,7$
	2. Внесение основной дозы минеральных удобрений	3.08±2	Норма внесения 450 кг/га; 80 % под глубокую вспашку (азотных – 132, фосфорных – 104, калийных – 124	РТ-М-160+МВУ-8 ПГТ-360	$W_0=7,21; V=4,8; q=18$
	3 Внесение гербицидов по взлущенному полю	16.08±2	Норма расхода рабочей жидкости – 150-200 л/га. Отклонение нормы расхода отдельными распылителями ±5-10	РТ-М-160+ПОМ-1200	$W_0=11,47; V=7,1; q=12,9$
	4. Глубокая вспашка на 30-32 см	20.08	Отклонение средней глубины от заданной до ±1 см, пласт почвы должен быть обернут, раскрошен на мелкие комки и плотно уложен без образования пустот. Отклонение от конструктивной ширины захвата плуга не более 10 %.	РТ-М-160+ПЛН-4-35	$W_0=1,1; V=7,9; q=22,1$
	5. Выравнивание борозд и свальных гребней	30.08	Высота гребней и глубина впадин не должна превышать 2 см. Толщина разрыхленного слоя почвы не более 3 см.	РТ-М-160+ВПН-5,6	$W=3,36; V=7,8; q=1,6$

Продолжение таблицы Б1					
1	2	3	4	5	6
	6. Поверхностная обработка зяби на 5-10 см при отрастании сорняков	10.09	Среднее отклонение от заданной глубины ± 1 см. Полное подрезание сорняков. Перекрытия между смежными проходами агрегата 10-20 см. Огрехи не допускаются	РТ-М-160+СП-11У+ +2КПС-4+8БЗСС4-1,0	$W_0=7,27; V=9,7; q=28,1$
1..2. Осенняя обработка почвы по способу улучшенной зяби после занятого пара	1. Лушение сте рни на 6-8см	28.07	Глубина обработки 4-8 см+ 1 см; глубина впадин поперек прохода агрегата 4 см + 1 см; Количество неподрезанных сорняков не более 3 шт/м ²	РТ-М-160+ЛДГ-10А РТ-М-160+БДТ-3	$W_0=8,7; V=8,7; q=19,9$ $W_0=3,53; V=11,8; q=22,7$
	2. Лушение с терни на 12-14 см	13.08.	Отклонение от заданной глубины лушения ± 2 см; полное подрезание сорных растений, заделка пожнивных остатков в почву на глубину 7-8 см, равномерная гребнистость поверхности	РТ-М-160+ППЛ-7-25	$W_0=1,7; V=9,9; q=28,9$
	3. Внесение основной дозы минеральных удобрений	15.08 \pm 2	Норма внесения 450 кг/га; 80 % под глубокую вспашку (азотных – 132, фосфорных – 104, калийных – 124) неравномерность распределения удобрений ± 25 %	РТ-М-160-МВУ-8 ПГТ-360	$W_0=7,21; V=4,8; q=18$
	4. Внесение гербицидов по взлущенному полю	16.08 \pm 2	Норма расхода рабочей жидкости – 150-200 л/га. Отклонение нормы расхода распылителями $\pm 5 \dots 10$ %	РТ-М-160+ПОМ-1200 РТ-М-160+Каруэль-2500	$W_0=11,47; V=7,1; q=12,9$ $W_0=20; V=5; q=15,3$

Продолжение таблицы Б1					
1	2	3	4	5	6
	5. Глубокая вспашка на 30-32 см	20.08.	Отклонение средней глубины от заданной до ± 1 см, пласт почвы должен быть обёрнут, раскрошен на мелкие комки и плотно уложен без образования пустот. Отклонение от конструктивной ширины захвата плуга не более 10 %.	РТ-М-160+ПЛН-4-35	$W_0=1,11; V=7,9; q=22,1$
	6. Выравнивание борозд и свальных гребней	30.08.	Высота гребней и глубина впадин не должна превышать 2 см. Толщина разрыхленного слоя почвы не более 3 см	РТ-М-160+ВПН-5,6	$W_0=3,36; V=7,8; q=1,6$
	7. Поверхностная обработка зяби на 5-10 см при отрастании сорняков	10.09	Среднее отклонение от заданной глубины ± 1 см. Полное подрезание сорняков. Перекрытия между смежными проходами агрегата 10-20 см. Огрехи не допускаются.	РТ-М-160+СП-11У+ +2КПС-4+8БЗСС- 1,0	$W_0=7,27; V=9,7; q=28,1$
1.3. Зимние мелиорации	Задержка (уплотнение) и валкование снега	01.02.	При толщине снега 10-15 см - уплотнение полосами, более 30-40 см – образование валов через 4-6 м, валкование поперек склона до снегопадов и перед таянием снега	РТ-М-160+СВУ--2,6А	$W_0=2,6; V=10; q=6,1$

Продолжение таблицы Б1					
1	2	3	4	5	6
1.4. Предпосевная обработка почвы и посев	1. Ранневесеннее боронование	29.03.	При подсыхании верхнего 3 см слоя почвы и отсутствия прилипания почвы. Срок 1-2 дня. Глубина обработки 3...4 см, комков почвы более 20 мм – не более 80 %. Уничтожение сорняков не менее 70 %. Пропусков не допускается. Выравнивание (шлейфование) почвы после закрытия влаги.	РТ-М-160+СПП-11+ +12БЗСС-1,0	$W_0=11,5; V=10; q=11,3$
	2. Подвоз семян и удобрений	25.04.	Семена в мешках. Удобрения россыпью или в мешках.	ЛТЗ-60+2ПТС-4	$W_0=3; V=8; q=2,0$
	3. Посев с предпосевной культивацией и внесением гербицидов	25.04.±3	Сплошное поверхностное внесение гербицидов. Норма расхода рабочей жидкости 150-200 л/га. Культивация на глубину 3...4 см во влажный слой почвы. Фракции семян 3,5-4,5 мм и 4,5-5,5 мм. Посев на конечную густоту нормой 8-10 шт. семян 1 класса на 1 м. Распределение семян в рядке с коэффициентом вариации не более 70 %. Слабая засоренность поля.	КРШ-8,1+НП-5,4А+ +РТ-М-160+СТВС-18+ +ПОМ-1200	$W_0=5,05; V=8,2; q=17,4$

Продолжение таблицы Б1					
1	2	3	4	5	6
1.5. Обработка посевов	1. Довсходовая обработка посевов	28.04±3	При появлении сорняков и корки на почве, на 4-5 день после посева при величине проростков свеклы не более 5 мм. Глубина 1-2 см меньше глубины посева. Уничтожение сорняков не менее 80...95 %. Кратность 1...2 раза в зависимости от состояния почвы и всходов. Изреживание свеклы не более 5 %. Подолжительность работы до 2 дней. Смещения семян не допускается.	РТ-М-160+СП-11+ +30 ЗОР-0,7	$W_0=11,1; V=5,3 q=5,5$
	2. Обследование посевов на предмет состояния почвы, заражения болезнями, наличия вредителей, сорняков	4.05.	Фаза всходов – вилочка. Поражение всходов корнеедом не более 5 %. Свекловичных блошек не более 1 жука на 4-5 растений. Наличие корки толщиной до 0,5 см		
	3. Защита растений свеклы от вредителей и сорняков	5.05	При появлении на краевых полосах посевов шириной 20-60 м свекловичных блошек (1 жук на 4-5 растений в фазе вилочки).	РТ-М-160+ПОМ-1200	$W_0=11,47; V=7,1; q=12,9$
		5.05	Обработка посевов инсектицидами – сплошная. При появлении 3-5 шт. сорняков на 1 м рядка внесение лентами или вспloшную гербицида бетанала в дозе 2-3 кг/га. Фаза развития – вилочка.	РТ-М-160+Каруэль- 2500	$W_0=20; V=5; q=15,3$

Продолжение таблицы Б1					
1	2	3	4	5	6
	4. Первая междурядная обработка – шаровка	12.05.	При видимости рядков свеклы. Глубина рыхления почвы 4-5 см. Защитная зона до 5-6 см (с одной стороны). Уничтожение сорняков	РТ-М-160+КРШ-8,1Г	$W_0=4,29; V=5,3; q=9,6$
	5. Химическая обработка	17.05	Фаза 1-2 пары листьев. Засоренность посевов на 1 м рядка, особенно после дождей. Внесение гербицидов лентами по рядку или сплошную. Гербицид от вида засорения.	РТ-М-160+ПОМ-1200 РТ-М-160+Каруэль-2500	$W_0=11,47; V=7,1; q=12,9$ $W_0=20; V=5; q=15,3$
	6. Прореживание всходов, рыхление почвы в рядках, вдоль-рядное или сплошное	23.05.	Фаза 2-3 пары листьев. Густота всходов более 5 шт/м. Засоренность более 3 шт. сорняков на 1 м. Наличие корки более 5 мм. Кратность обработок 1-2 раза. Повреждение всходов не более 10 %.	РТ-М-160+КРШ-8,1Г(КСМ-8,1) ПСШ-8,1+РТ-М-160+ +КРШ- 8,1Г	$W_0=4,29; V=5,3; q=9,6$ $W_0=4,46; V=5,2; q=19,9$
	7. Междурядная обработка с подкормкой и первым окучиванием	11.06	Фаза 2-4 пары листьев свеклы. Наличие 3-5 шт. сорняков на 1 м. Защитная зона до 8 см. Глубина рыхления до 4 см. Подкормка до 10 % от нормы азотных удобрений 45 кг д.в. Валик почвы при окучивании 3-4 см. Присыпание растений не допускается	КРШ-8,1Г+НП-5,4А+ +РТ-М-160+КРШ-8,1Г+ +ПОМ-1200	$W_0=4,46; V=5,5; q=19,9$

Продолжение таблицы Б1					
1	2	3	4	5	6
	8. Междурядная культивация со вторым окучиванием и глубоким рыхлением почвы	9.07.	Фаза – перед смыканием листьев свеклы. Защитная зона до 12 см. Высота почвенного валика 4-5 см. Глубина рыхления 10-12 см.	РТ-М-160+КРШ-8,1Г	$W_0=5,41; V=6,7 q=14,1$
	9. Предуборочное глубокое рыхление почвы	5.09	Непосредственно перед уборкой. Глубина 10-12 см.	РТ-М-160+КРШ-8,1Г (КСМ-8,1)	$W_0=4,29; V=5,3; q=9,6$
1.6. Уборка урожая	1. Уборка ботвы и корнеплодов	10.09.	Срез головок корнеплодов: прямой – 90%, гладкий – 98%, без сколов – 100%. Плоскость среза – не ниже уровня основания нижних зеленых черешков ботвы. Количество корнеплодов со срезом выше 2 см от вершины его головки – 5%. Отходы массы головок в ботву при обрезке – 5% (-2%). Общие потери зеленой массы ботвы – 10%. Количество земли в ворохе ботвы от ее массы – 0,5%. Полнота выкапывания корнеплодов – 98,5%. Повреждение корнеплодов – 20% ($\pm 5\%$). Загрязненность убранного вороха корнеплодов: общая – 10% ($\pm 2\%$), в т.ч. зеленой массой 3% (-1,5%)	РТ-М-160+КВС-6 (КР-6-П; КСН-6)	$W_0=1,2-1,8$ (в зависимости от влажности почвы); $V=5,6-6,8; q=27,3$

Продолжение таблицы Б1					
1	2	3	4	5	6
	2. Перевозка ботвы к местам использования на корм скоту	10.09.	Потери ботвы при перевозке не более 0,5%.	ЛТЗ-60+2ПТС-4	$W_0=0,3; V=5,6-7,2; q =2,0$
	3. Погрузка и перевозка корнеплодов в полевой бурт (на сахарный завод)	10.09.	Потери корнеплодов при погрузке и перевозке не более 0,5%. Формирование бурта шириной не более 3 м, высотой 1,2 м.	РТ-М-160+KL-6	$W_0=1,6-2; V=5,6-7,2; q =17,9$
				ЛТЗ-60+ПТС-4	$W_0=0,3; V=5,6-7,2; q =2,0$
				РТ-М-160+LB-20(LB-13)	$W_0=1,6-2; V=5,6-7,2; q =22,6$
	4. Погрузка корнеплодов из полевых кагат	10.09	Полнота подбора корнеплодов не менее 99,5%. Содержание зеленой массы в погруженном ворохе не более 3%. Сильно поврежденных корнеплодов не более 5 %, по массе.	СПС-4,2	$W_0=200; V=0,05-0,74; q =17,5$
	5. Перевозка корнеплодов на сахарный завод	15.09.	Потери корнеплодов при перевозке не более 0,5 %	Большегрузный автомобильный транспорт	

Условные обозначения: W_0 – производительность агрегата за 1 час основного времени, га(т)/ч; V – рабочая скорость агрегата, км/ч; q - расход топлива, л/ч.

Примечание:

РТ-М-160* - на трактор устанавливаются сдвоенные колеса основной комплектации 16,9R30;

РТ-М-160* - на трактор устанавливаются сдвоенные колеса дополнительной комплектации (9,5-42; 11,2-42)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б2

Рекомендации по обеспечению рационального агрегатирования энергосредства с сельскохозяйственными машинами
при возделывании и уборке сахарной свеклы

Таблица Б2

Технологическая операция	Наименование и марка машин	Способ навески машин и параметры агрегатирования энергосредства	Типоразмер шин; рекомендуемая колея, мм	Давление в шинах, МПа	
				передних	задних
1	2	3	4	5	6
Предпосевная обработка почвы	Культиватор КРШ-8,1Г	ПНУ в нижнем положении с автосцепкой СА-2; длина продольных тяг 850 мм), навеска передняя НП-5,4А	9,5-42 сдв. 1800 внутр. 2700 наружн.	0,21	0,21
	Подкормщик-опрыскиватель ПОМ-1200	ТП, одна пара выводов ГНС, задний ВОМ 540 об/мин			
	Культиватор КРШ-8,1Г	ЗНУ с автосцепкой СА-2; длина продольных тяг 930 мм			
Посев	Сеялка СТВС-18	ЗНУ с автосцепкой СА-2, длина продольных тяг 930 мм, одна пара выводов ГНС для управления маркерами, задний ВОМ 540 об/мин	9,5-42 1800 внутр. 2700 нар	0,18	0,21
	Подкормщик-опрыскиватель ПОМ-1200	ТП, одна пара выводов ГНС, задний ВОМ 540 об/ми)			

Продолжение таблицы Б2					
1	2	3	4	5	6
Предпосевная обработка, посев с внесением удобрений	Культиватор КРШ-8,1Г	ПНУ в нижнем положении с автосцепкой СА-2, длина продольных тяг 850 мм, навеска передняя НП-5,4А	9,5-42 сдв. 1800 внутр. 2700 нар.	0,21	0,21
	Сеялка СТВС-18	ЗНУ с автосцепкой СА-2, длина продольных тяг 930 мм, одна пара выводов ГНС для управления маркерами, задний ВОМ 540 об/мин			
	Подкормщик-опрыскиватель ПОМ-1200	ТП, одна пара выводов ГНС, задний ВОМ 540 об/мин			
Довсходовое рыхление	Культиватор КРШ-8,1Г или КМС-8,1 с боронами ЗОР-07	ЗНУ с автосцепкой СА-2, длина продольных тяг 930 мм	9,5-42 сдв. 1800 внутр. 2700 нар.	0,10	0,17
Междурядная обработка с прореживанием	Культиватор КРШ-8,1Г	ПНУ в нижнем положении с автосцепкой СА-2, длина продольных тяг 750 мм), навеска передняя НП-5,4А	9,5-42 сдв. 1800 внутр. 2700 нар.	0,21	0,21
	Культиватор КРШ-8,1Г	ЗНУ с автосцепкой СА-2, длина продольных тяг 930 мм			
Междурядная обработка с подкормкой	Культиватор КРШ-8,1Г	ЗНУ с автосцепкой СА-2, длина продольных тяг 930 мм	9,5-42 сдв. 1800 внутр. 2700 нар.	0,10	0,21

Продолжение таблицы Б2					
1	2	3	4	5	6
	Подкормщик-опрыскиватель ПОМ-1200	ТП, одна пара выводов ГНС, задний ВОМ 540 об/мин		0,10	0,21
Глубокое рыхление	Культиватор КРШ-8,1Г	ЗНУ с автосцепкой СА-2, длина продольных тяг 930 мм)	9,5-42 сдв. 1800 внутр. 2700 нар.	0,10	0,21
Уборка (срезание ботвы и выкапывание корнеплодов)	Свеклоуборочный комбайн К6-II фирмы «Кляйне» (ФРГ) или КВС-6 (КСН-6)	энергосредство на реверсе, ЗНУ, длина продольных тяг 930 мм, вилки раскосов в наконечниках продольных тяг, задний ВОМ 1000 об/мин, одна пара ГНС)	16,9R30 1800	0,17	0,21
Подбор корнеплодов	Бункерный погрузчик LB-13/LB-20 фирмы «Кляйне» (ФРГ)	ЗНУ, ТСУ-1, длина продольных тяг 930 мм, одна пара выводов ГНС, задний ВОМ 540 об/мин, соединительная головка типа А пневмосистемы, штепсельная розетка ПС-300	16,9R30 1800	0,1	0,18
Уборка (срезание ботвы, выкапывание и подбор корнеплодов)	Свеклоуборочный комбайн К6-II фирмы «Кляйне» (ФРГ) или КВС-6 (КСН-6)	энергосредство на реверсе, ЗНУ, длина продольных тяг 930 мм, вилки раскосов в отверстиях наконечников продольных тяг, задний ВОМ 1000 об/мин, одна пара выводов ГНС	16,9R30 1800	0,17	0,21

Продолжение таблицы Б2					
1	2	3	4	5	6
	Подборщик корнеплодов L-6 фирмы «Кляйне» (ФРГ) или ППК-6	ЗНУ в верхнем положении, ТСУ-1, длина продольных тяг 930 мм, одна пара выводов ГНС, задний ВОМ 540 об/мин			
Работы общего назначения					
Пахота	Плуг ПУН-4-40	ЗНУ, СА-2, длина продольных тяг 930 м одна пара выводов ГНС на цилиндр) управления шириной захвата	16,9R30 1800	0,10	0,14
	Плуг ПЛН-4-35	ЗНУ, СА-2, длина продольных тяг 930 мм, кронштейны на плуге (верхний и два нижних) должны быть смещены вправо на 140 мм			
Лушение стерни	Плуг-луцильник ПЛ-7-25	ЗНУ, СА-2, длина продольных тяг 930 мм	16,9R30 1800	0,10	0,14
	Луцильник дисковый ЛДГ-10	Поперечина ЗНУ, длина продольных тяг 930 мм, одна пара выводов ГНС для перевода рабочих органов из рабочего в транспортное положение и изменения глубины обработки почвы			

Продолжение таблицы Б2					
1	2	3	4	5	6
Предпосевная обработка почвы	а) Рыхлитель-выравниватель – уплотнитель РВУ-6	ЗНУ, длина продольных тяг 930 мм	16,9R30 1800	0,10	0,10
	Комбинированный агрегат РВК-3,6	ЗНУ, шарниры продольных тяг кл. 3, длина продольных тяг 930 мм, две пары выводов ГНС			
Сплошная культивация	Культиватор КШУ-6/8	ЗНУ с СА-2, длина продольных тяг 1030 мм, одна пара выводов ГНС для подъема и опускания боковых секций)	16,9R30 1800	0,10	0,14
Внесение удобрений	а) Машина для внесения минеральных удобрений и извести МВУ-Ф-8	ЗНУ с ТСУ-2/3 корпусом вниз, задний верхний ВОМ 540 об/мин, соединительная головка типа А пневмосистемы, штепсельная розетка ПС-300А	16,9R30 1800	0,10	0,17
	б) Машина для внесения органических удобрений МТГ-Ф-8 или ПРТ-10-1	ЗНУ с ТСУ-2/3 корпусом вниз, задний верхний ВОМ 540 об/мин, соединительная головка типа А пневмосистемы, штепсельная розетка ПС-300А			
	в) Машина для внесения жидких органических удобрений МЖТ-Ф-8				

ПРИЛОЖЕНИЕ Б3

Технологические свойства капсулированных семян кукурузы.

Таблица Б3-1 – Размерные характеристики капсул

Диаметр капсулы, мм	Численность группы, шт.	Описательная статистика	
18,1 – 18,57	37	Среднее	20,002
18,57 – 19,04	40	Среднеквадратичное отклонение	0,933
19,04 – 19,51	94	Медиана	20,1
19,51 – 19,98	66	Дисперсия	0,871
19,98 – 20,45	110	Коэффициент эксцесса	0,096
20,45 – 20,92	68	Коэффициент асимметричности	-0,498
20,92 – 21,39	47	Коэффициент вариации	0,047
21,39 – 21,86	30	Минимум	18,1
21,86 – 22,33	5	Максимум	22,8
22,33 – 22,8	3	Интервал	0,47
		Сумма	500

Таблица Б3-2 – Определение угла естественного откоса (коэффициента внутреннего трения)

Вид материала	Диапазон углов (α), град	Среднее значение коэффициента трения	Среднее квадратичное отклонение (G)	Коэффициент вариации значений (ν)
Капсула диаметр 15 мм	17-25	0,357	0,046	0,128
Капсула диаметр 22 мм	20-28	0,449	0,05	0,127

Таблица Б3-4 – Определение прочностных свойств капсул

Показания индикатора, мм					Среднее значение, мм	G	ν	Среднее значение, Н
350	390	470	400	420	406	39,3	0,097	1327
440	460	400	420	410	426	21,5	0,051	1393
340	400	420	400	380	388	27,1	0,07	1268
					407	34	0,084	1328

Таблица Б3-5 – Объемная масса капсул

Значение опыта, грамм					Среднее значение, грамм	Среднее квадратичное отклонение (G)	Коэффициент вариации значений (ν)
508,9	517,6	523,2	536,3	533,8	524	11,36	0,022

Таблица Б3-6 – Результаты исследований коэффициента силы трения покоя капсулированных семян о различные поверхности и почву

Вид поверхности и почвы		Диапазон углов ската (α), град	Среднее значение коэффициента трения	Среднее квадратическое отклонение	Коэффициент вариации значений
Сталь неокрашенная		5-23	0,186	0,061	0,326
Сталь окрашенная		4-21	0,182	0,0634	0,35
Полистирол		3-20	0,188	0,069	0,367
Влажность почвы, % (обыкновенный чернозем)	15	5-22	0,213	0,068	0,318
	25	10-27	0,325	0,08	0,246
	30	9-36	0,393	0,117	0,298

“ Определение коэффициента вариации интервалов времени. ”

“ Листинг программы в Mathcad ”

“ Ввод данных ”

$x := \text{READEXCEL}(\text{".\2015.12.28.xlsx"}, \text{"2!P1:R329"})$

Количество данных, шт: $N := 329 \cdot 3$ $I := 0..N-1$ $J := 0..2$

Количество интервалов разбиения данных: $\text{bin} := \text{ceil}(1 + 3.322 \cdot \log(N)) = 11$

$j := 0.. \text{bin}$

Граница интервала (min/max): $\text{lower} := \min(x)$ $\text{lower} = 74$

$\text{upper} := \max(x)$ $\text{upper} = 702$

Медиана: $\text{Mo} := \text{median}(x)$ $\text{Mo} = 349$

Ширина интервала: $h := \frac{\text{upper} - \text{lower}}{\text{bin}}$ $h = 57.091$

Вектор, элементы которого задают сегменты построения гистограммы в порядке возрастания от минимума к максимуму: правые границы интервала

$$\text{int}_j := \text{lower} + h \cdot j$$

$$\text{int}_j =$$

“ Центры группировки ” $\text{in}_j := \text{int}_j - \frac{h}{2}$

Вектор частоты попадания данных в интервалы гистограмм - $\text{hist}(\text{int}, x)$.

$n := \text{hist}(\text{int}, x)$ $B := \text{histogram}(\text{int}, x)$ $\text{in} := B^{(0)}$

$\text{in}^T = [102.545 \ 159.636 \ 216.727 \ 273.818 \ 330.909 \ 388 \ 445.091 \ 502.182 \ 559.273 \ 616.364 \ 673.455]$

Задание границ сегментов разбиения столбцов гистограммы:

$$d := \frac{n}{N} = \begin{bmatrix} 0.007 \\ 0.006 \\ 0.007 \\ 0.031 \\ 0.611 \\ 0.332 \\ 0.004 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0.001 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 102.545 & 7 \\ 159.636 & 6 \\ 216.727 & 7 \\ 273.818 & 31 \\ 330.909 & 603 \\ 388 & 328 \\ 445.091 & 4 \\ 502.182 & 0 \\ 559.273 & 0 \\ 616.364 & 0 \\ 673.455 & 1 \end{bmatrix} \quad n = \begin{bmatrix} 7 \\ 6 \\ 7 \\ 31 \\ 603 \\ 328 \\ 4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Коэффициент эксцесса: $\text{skew}(x) = -1.698$

Коэффициент асимметрии: $\text{kurt}(x) = 21.651$

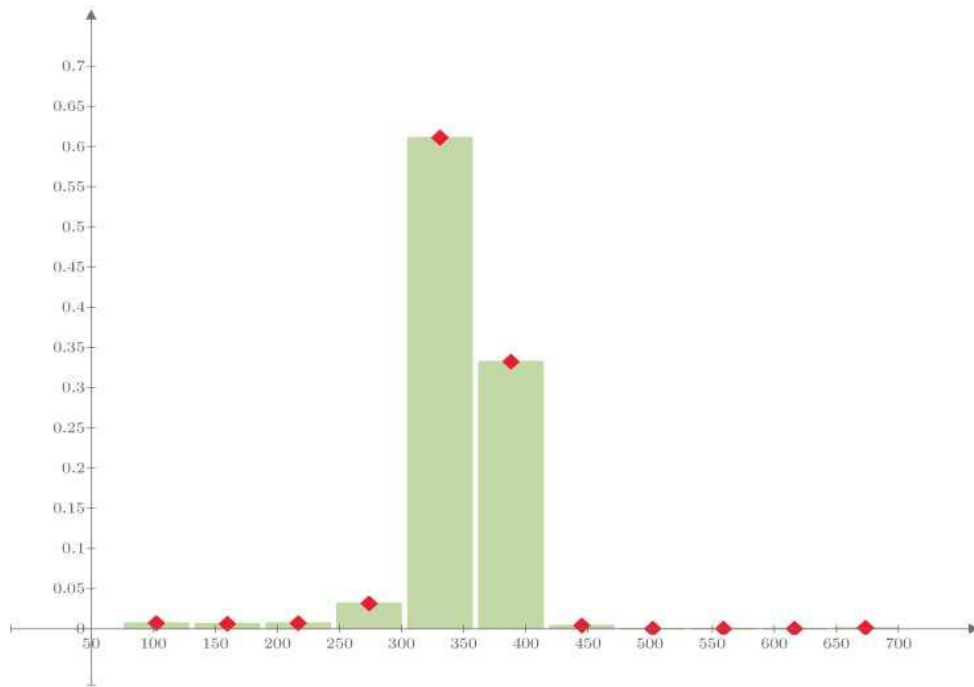
Выборочное среднее значение: $x_- := \text{mean}(x)$ $x_- = 346.298$

Выборочная дисперсия: $\text{var}(x) = 1.394 \cdot 10^3$

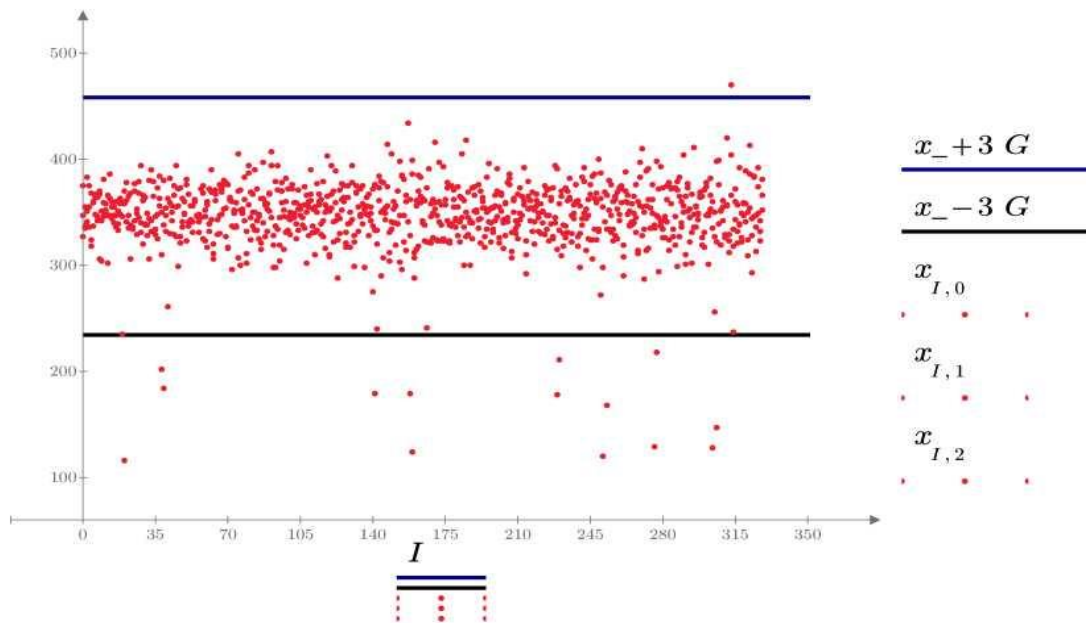
Среднеквадратичное (стандартное) отклонение: $G := \text{stdev}(x) = 37.332$

Коэффициент вариации $v := \frac{\text{stdev}(x)}{\text{mean}(x)} = 0.108$

"Гистограмма"



"Диаграмма рассеивания"



Реализован план Бокса В₄ для определения показателей полинома второго порядка (Листинг программы для Mathcad)

Количество строк в опыте:

$$N := 24$$

Количество факторов в результате парного взаимодействия:

$$n := 15$$

$$j := 0..n - 1$$

Матрица плана эксперимента:

$$i := 0..N - 1$$

$$x_{i,0} := 1$$

x := READPRN("E:\B4matrix.txt")

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1
2	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	1
3	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1
4	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1
5	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1
6	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1
7	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1
10	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1
11	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1
12	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1
13	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	1
14	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1
15	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
17	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
18	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
19	1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
20	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
21	1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
22	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
23	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Результаты проведения опыта:

y := READPRN("E:\Boks4.txt")

Среднее значение результата при количестве повторностей опыта:

$$k := 3$$

$$jj := 0..2$$

$$Y_{cp_i} := \frac{\sum_{jj} (y_{i,jj})}{k}$$

Дисперсия каждого опыта:

$$S_2_i := \left(\frac{1}{k-1} \right) \cdot \left[\sum_{jj} (y_{i,jj} - Y_{cp_i})^2 \right]$$

$$S_i := \sqrt{S_2_i}$$

	0	1	2
0	0.523	0.52	0.519
1	0.541	0.565	0.558
2	0.492	0.489	0.477
3	0.52	0.56	0.59
4	0.622	0.62	0.63
5	0.659	0.66	0.666
6	0.69	0.71	0.68
7	0.75	0.7	0.71
8	0.112	0.12	0.117
9	0.15	0.139	0.15
10	0.171	0.172	0.173
11	0.19	0.2	0.18
12	0.5	0.5	0.51
13	0.521	0.519	0.52
14	0.551	0.56	0.55
15	0.564	0.57	0.559
16	0.61	0.6	0.62
17	0.232	0.24	0.229
18	0.09	0.1	0.1
19	0.62	0.61	0.6
20	0.12	0.11	0.13
21	0.14	0.14	0.15
22	0.16	0.16	0.16
23	0.17	0.18	0.17

y =

	0
0	0.520667
1	0.554667
2	0.486
3	0.556667
4	0.624
5	0.661667
6	0.693333
7	0.72
8	0.116333
9	0.146333
10	0.172
11	0.19
12	0.503333
13	0.52
14	0.553667
15	0.564333
16	0.61
17	0.233667
18	0.096667
19	0.61
20	0.12
21	0.143333
22	0.16
23	0.173333

Ycp =

	0
0	0.002082
1	0.012342
2	0.007937
3	0.035119
4	0.005292
5	0.003786
6	0.015275
7	0.026458
8	0.004041
9	0.006351
10	0.001
11	0.01
12	0.005774
13	0.001
14	0.005508
15	0.005508
16	0.01
17	0.005686
18	0.005774
19	0.01
20	0.01
21	0.005774
22	0
23	0.005774

S =

	0
0	4.333333·10 ⁻⁶
1	0.000152
2	0.000063
3	0.001233
4	0.000028
5	0.000014
6	0.000233
7	0.0007
8	0.000016
9	0.00004
10	10·10 ⁻⁷
11	0.0001
12	0.000033
13	1·10 ⁻⁶
14	0.00003
15	0.00003
16	0.0001
17	0.000032
18	0.000033
19	0.0001
20	0.0001
21	0.000033
22	0
23	0.000033

S2 =

Дисперсия воспроизводимости эксперимента:

$$\sum_i S_2^2 = 0.003114$$

$$S_{2y} := \frac{\left(\sum_i S_2^2 \right)}{N}$$

$$S_{2y} = 0.0018$$

Наибольшее значение дисперсии:

$$S_{2\max} := \max(S_2)$$

$$S_{2\max} = 0.001233$$

Количество степеней свободы:

при

$$\alpha := 0.05$$

$$k_1 := k - 1 \quad k_1 = 2 \quad k_2 := N - 1 \quad k_2 = 23$$

Значение Кохрена:

$$G := \frac{S_{2\max}}{\left(\sum_i S_2^2 \right)}$$

$$G = 0.396103$$

Критическое (табличное) значение критерия Кохрена:

$$G_{\text{tab}} := 0.68$$

$$G < G_{\text{tab}} = 1$$

Поскольку условие оказалось не ложным, то гипотезу следует принять:

Построение матрицы, транспонированной x' :

$$x' := x^T$$

Умножим матрицу x на матрицу x' :

$$H := x' \cdot x$$

Умножим матрицу x' на матрицу $Y_{\text{ср}}$:

$$Xy := x' \cdot Y_{\text{ср}}$$

Обратная матрица:

$$C := (x' \cdot x)^{-1}$$

Значение коэффициентов регрессии:

$$b := C \cdot Xy$$

Расчетные значения по уравнению регрессии:

$$Y_{p_i} := \left[\sum_j (x_{i,j} \cdot b_j) \right]$$

	0
0	0.497275
1	0.54428
2	0.499188
3	0.548109
4	0.658595
5	0.69035
6	0.699424
7	0.733095
8	0.109947
9	0.133535
10	0.136609
11	0.162113
12	0.505183
13	0.513521
14	0.570762
15	0.581016
16	0.556685
17	0.286981
18	0.208278
19	0.498389
20	0.114315
21	0.149019
22	0.152352
23	0.180981

$Y_{\text{ср}} =$
0.520667
0.554667
0.486
0.556667
0.624
0.661667
0.693333
0.72
0.116333
0.146333
0.172
0.19
0.503333
0.52
0.553667
0.564333
0.61
0.233667
0.096667
0.61
0.12
0.143333
0.16
0.173333

$Y_p =$
0.497275
0.54428
0.499188
0.548109
0.658595
0.69035
0.699424
0.733095
0.109947
0.133535
0.136609
0.162113
0.505183
0.513521
0.570762
0.581016
0.556685
0.286981
0.208278
0.498389
0.114315
0.149019
0.152352
0.180981

$b =$	0
0	0.199854
1	0.134852
2	-0.145056
3	-0.017352
4	-0.014315
5	0.058479
6	0.006187
7	-0.005854
8	0.009729
9	-0.003812
10	0.000479
11	0.221979
12	0.153479
13	-0.068187
14	-0.033187

Средние значения результатов:

$$Y_{\text{ср}} := \frac{\left(\sum_i Y_{p_i} \right)}{N}$$

$$Y_{\text{срр}} := \frac{\left(\sum_i Y_{\text{ср}i} \right)}{N}$$

$$Y_{\text{ср}} = 0.405417$$

$$Y_{\text{срр}} = 0.405417$$

Остаточная сумма квадратов:

$$S2R := \sum_i (Y_{p_i} - Y_{\text{ср}i})^2$$

$$S2R = 0.036762$$

Коэффициенты ковариации, характеризующие статическую зависимость факторов:

$$\text{Cov} := C \cdot S2y$$

Дисперсии факторов:

Ошибка коэффициентов регрессии:

$$S2b_j := C_{j,j} \cdot S2y$$

$$Sb_i := \sqrt{\frac{S2b_i}{N \cdot k}}$$

	0		0		
S2bi =	0	0.00003	Sbi =	0	0.000643
	1	7.207562·10 ⁻⁶		1	0.000316
	2	7.207562·10 ⁻⁶		2	0.000316
	3	7.207562·10 ⁻⁶		3	0.000316
	4	7.207562·10 ⁻⁶		4	0.000316
	5	8.108507·10 ⁻⁶		5	0.000336
	6	8.108507·10 ⁻⁶		6	0.000336
	7	8.108507·10 ⁻⁶		7	0.000336
	8	8.108507·10 ⁻⁶		8	0.000336
	9	8.108507·10 ⁻⁶		9	0.000336
	10	8.108507·10 ⁻⁶		10	0.000336
	11	0.000051		11	0.000845
	12	0.000051		12	0.000845
	13	0.000051		13	0.000845
	14	0.000051		14	0.000845

Число степеней свободы:

$$v1 := N \cdot (k - 1) = 48$$

Критическое значение t-критериев:

$$T := qt(0.95, v1)$$

$$T = 1.677224$$

Значение t-критерия Стьюдента для получения коэффициентов регрессии:

$$b_{kpj} := T \cdot \sqrt{S2y} \cdot (\sqrt{C_{j,j}})$$

Проводим проверку значимости коэффициентов регрессии.

Незначимые коэффициенты принимаем равными нулю:

$$bb_j := \begin{cases} 0 & \text{if } b_{kpj} > |b_j| \\ |b_j| & \text{otherwise} \end{cases}$$

	0		0		
b _{kp} =	0	0.009145	b _b =	0	0.199854
	1	0.004503		1	0.134852
	2	0.004503		2	-0.145056
	3	0.004503		3	-0.017352
	4	0.004503		4	-0.014315
	5	0.004776		5	0.058479
	6	0.004776		6	0.006187
	7	0.004776		7	-0.005854
	8	0.004776		8	0.009729
	9	0.004776		9	0
	10	0.004776		10	0
	11	0.012019		11	0.221979
	12	0.012019		12	0.153479
	13	0.012019		13	-0.068187
	14	0.012019		14	-0.033187

Число значимых коэффициентов регрессии:

$$n := 13$$

Доверительный интервал для коэффициентов регрессии с 95% вероятностью:

$$Sy := S2y \quad Sy = 0.0018$$

Остаточная сумма квадратов:

$$S2ad := \frac{S2R}{N - (n + 1)} = 0.004085$$

F-критерий Фишера:

$$F := \frac{S2ad}{Sy}$$

$$F = 2.1$$

Число степеней свободы:

$$f1 := N - n - 1$$

$$f2 := N \cdot (k - 1)$$

Критическое значение F-критерия Фишера:

$$F_{kp} := qF\left(1 - \frac{\alpha}{2}, f1, f2\right)$$

$$F_{kp} = 2.392548$$

$$|F| < F_{kp} = 1$$

Поскольку условие оказалось не ложным, то гипотезу следует принять.

Скорректированные средние квадратичные отклонения результатов:

$$S_y := \sqrt{\frac{\sum_i (Y_{cрp} - Y_{cрi})^2}{N - 1}}$$

$$S_y = 0.224047$$

$$S_x := \sqrt{\frac{\sum_i (Y_{cрp} - Y_{p_i})^2}{N - 1}}$$

$$S_x = 0.220452$$

Выборочный корреляционный момент:

$$K_{xy} := \frac{\sum_i [(Y_{cрp} - Y_{cрi}) \cdot (Y_{cрp} - Y_{p_i})]}{N - 1}$$

$$K_{xy} = 0.048599$$

Коэффициент корреляции:

$$r := \frac{|K_{xy}|}{S_y \cdot S_x}$$

$$r = 0.983951$$

Корреляционное отношение:

$$\eta := \sqrt{1 - \frac{S_{2ad}}{S_{2y} + S_{2ad}}}$$

$$\eta = 0.175454$$

Множественная мера определенности: $r^2 = 0.968159$

Значения коэффициентов уравнения регрессии:

$$a0 := b_0 \quad a12 := b_5 \quad a11 := b_{11} \quad a1 := b_1 \quad a13 := b_6 \quad a22 := b_{12} \quad a2 := b_2 \quad a14 := b_7 \quad a33 := b_{13}$$

$$a3 := b_3 \quad a23 := b_8 \quad a44 := b_{14} \quad a24 := b_9 \quad a4 := b_4 \quad a34 := b_{10}$$

Поиск координаты оптимума.

Система дифференциальных уравнений:

$$F1(X1, X2, X3, X4) := a1 + 2 \cdot (a11 \cdot X1) + a12 \cdot X2 + a13 \cdot X3 + a14 \cdot X4$$

$$F2(X1, X2, X3, X4) := a2 + 2 \cdot (a22 \cdot X2) + a12 \cdot X1 + a23 \cdot X3 + a24 \cdot X4$$

$$F3(X1, X2, X3, X4) := a3 + 2 \cdot (a33 \cdot X3) + a13 \cdot X1 + a23 \cdot X2 + a34 \cdot X4$$

$$F4(X1, X2, X3, X4) := a4 + 2 \cdot (a44 \cdot X4) + a14 \cdot X1 + a24 \cdot X2 + a34 \cdot X3$$

Определим координаты нового центра в старых координатах решением системы дифференциальных уравнений:

Начальные условия:

$$X1 := 0 \quad X2 := 0 \quad X3 := 0 \quad X4 := 0$$

Given

Система уравнений:

$$a1 + 2 \cdot (a11 \cdot X1) + a12 \cdot X2 + a13 \cdot X3 + a14 \cdot X4 = 0$$

$$a2 + 2 \cdot (a22 \cdot X2) + a12 \cdot X1 + a23 \cdot X3 + a24 \cdot X4 = 0$$

$$a3 + 2 \cdot (a33 \cdot X3) + a13 \cdot X1 + a23 \cdot X2 + a34 \cdot X4 = 0$$

$$a4 + 2 \cdot (a44 \cdot X4) + a14 \cdot X1 + a24 \cdot X2 + a34 \cdot X3 = 0$$

$$\text{Find}(X1, X2, X3, X4) = \begin{pmatrix} -0.376892 \\ 0.545048 \\ -0.105452 \\ -0.213731 \end{pmatrix}$$

Расшифровка координат оптимума:

$$X1s := -0.61845$$

$$X2s := 0.087574$$

$$X3s := -0.812$$

$$X4s := 0.188341$$

Проверка правильности решения системы уравнений:

$$F1(X1s, X2s, X3s, X4s) = -0.14072$$

$$F2(X1s, X2s, X3s, X4s) = -0.162959$$

$$F3(X1s, X2s, X3s, X4s) = 0.09041$$

$$F4(X1s, X2s, X3s, X4s) = -0.023529$$

Значения производной в выбранных точках стремятся к нулю, поэтому (с учетом погрешности) данную точку можно считать экстремумом.

Произведем графическую проверку модели в выбранной точке двумерными сечениями поверхности отклика:

Первое сечение:

$$p := 0..20$$

$$m := 0..20$$

$$X1_p := -1 + p \cdot 0.1 \quad X2_m := -1 + m \cdot 0.1 \quad X3 := 0 \quad X4 := 0$$

$$Y1_{p,m} := (a0 + a1 \cdot X1_p + a2 \cdot X2_m + a3 \cdot X3 + a4 \cdot X4) + [a11 \cdot (X1_p)^2 + a22 \cdot (X2_m)^2 + a33 \cdot X3^2 + a44 \cdot X4^2]$$

$$Y_{p,m} := Y1_{p,m} + a12 \cdot X1_p \cdot X2_m + a13 \cdot X1_p \cdot X3 + a14 \cdot X1_p \cdot X4 + a23 \cdot X2_m \cdot X3 + a24 \cdot X2_m \cdot X4 + a34 \cdot X3 \cdot X4$$

$$R := \text{augment}(X1, X2)$$

$$S := \text{cspline}(R, Y)$$

$$\Pi1(x, y) := \text{interp}\left[S, R, Y, \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}\right]$$

$$\text{Given} \quad X1 := 0 \quad X2 := 0$$

$$a0 + a1 \cdot X1 + a2 \cdot X2 + a12 \cdot X1 \cdot X2 + a11 \cdot X1^2 + a22 \cdot X2^2$$

$$a1 + 2 \cdot X1 \cdot a11 + X2 \cdot a12 = 0$$

$$a2 + X1 \cdot a12 + 2 \cdot X2 \cdot a22 = 0$$

$$\text{Find}(X1, X2) = \begin{pmatrix} -0.375416 \\ 0.544079 \end{pmatrix}$$

$$X1 := -0.375416 \quad X2 := 0.544079$$

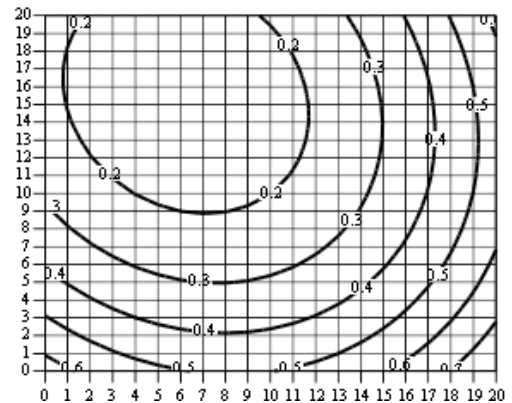
$$Ys := a0 + a1 \cdot X1 + a2 \cdot X2 + a12 \cdot X1 \cdot X2 + a11 \cdot X1^2 + a22 \cdot X2^2$$

$$Ys = 0.135081$$

$$a0 + a1 \cdot X1 + a3 \cdot X3 + a13 \cdot X1 \cdot X3 + a11 \cdot X1^2 + a33 \cdot X3^2$$

$$a3 + X1 \cdot a13 + 2 \cdot X3 \cdot a33 = 0$$

$$a1 + 2 \cdot X1 \cdot a11 + X3 \cdot a13 = 0$$



Y

Второе сечение:

$$\underline{X2}_p := -1 + 0.1p \quad \underline{X3}_m := -1 + 0.1m \quad \underline{X1} := 0 \quad \underline{X4} := 0$$

$$Y1_{p,m} := (a0 + a1 \cdot X1 + a2 \cdot X2_p + a3 \cdot X3_m + a4 \cdot X4) + [a11 \cdot (X1)^2 + a22 \cdot (X2_p)^2 + a33 \cdot (X3_m)^2 + a44 \cdot X4^2]$$

$$Y_{p,m} := Y1_{p,m} + a12 \cdot X1 \cdot X2_p + a13 \cdot X1 \cdot X3_m + a14 \cdot X1 \cdot X4 + a23 \cdot X2_p \cdot X3_m + a24 \cdot X2_p \cdot X4 + a34 \cdot X3_m \cdot X4$$

$$R := \text{augment}(X2, X3)$$

$$\underline{S} := \text{cspline}(R, Y)$$

$$\Pi 4(x, y) := \text{interp}\left[\underline{S}, R, Y, \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}\right]$$

$$X2 := 0 \quad X3 := 0$$

Given

$$a0 + a2 \cdot X2 + a3 \cdot X3 + a23 \cdot X2 \cdot X3 + a22 \cdot X2^2 + a33 \cdot X3^2$$

$$a3 + X2 \cdot a23 + 2 \cdot X3 \cdot a33 = 0$$

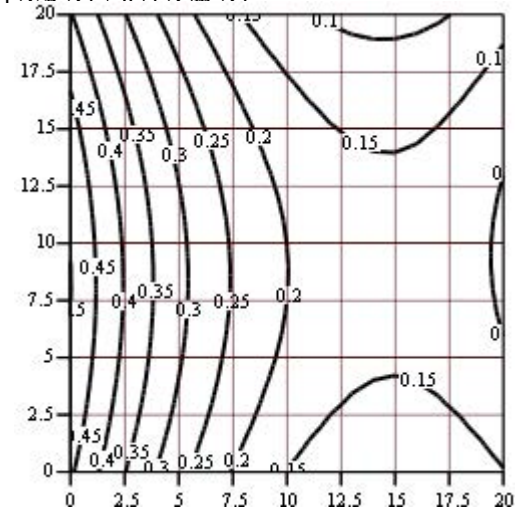
$$a2 + 2 \cdot X2 \cdot a22 + X3 \cdot a23 = 0$$

$$\text{Find}(X2, X3) = \begin{pmatrix} 0.475515 \\ -0.093312 \end{pmatrix}$$

$$\underline{X2} := 0.475515 \quad \underline{X3} := -0.093312$$

$$\underline{Ys} := a0 + a2 \cdot X2 + a3 \cdot X3 + a23 \cdot X2 \cdot X3 + a22 \cdot X2^2 + a33 \cdot X3^2$$

$$\underline{Ys} = 0.166176$$



Y

ПРИЛОЖЕНИЕ Б4

“Определение ширины обрабатываемой полосы в зависимости от высоты установки распылителя, угла факела распыла”
 “и угла фронта распылителя (Листинг программы для Mathcad)”

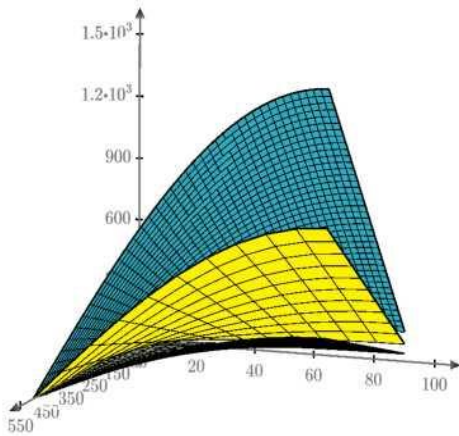
“Угол факела распыла :” $a1 := 110$ $a2 := 80$ $a3 := 40$

“Ширина обрабатываемой полосы:”

$$bp1(h, \varphi) := 2 \cdot h \cdot \tan\left(\frac{a1}{2} \cdot deg\right) \cdot \sin(\varphi \cdot deg)$$

$$bp2(h, \varphi) := 2 \cdot h \cdot \tan\left(\frac{a2}{2} \cdot deg\right) \cdot \sin(\varphi \cdot deg)$$

$$bp3(h, \varphi) := 2 \cdot h \cdot \tan\left(\frac{a3}{2} \cdot deg\right) \cdot \sin(\varphi \cdot deg)$$



$bp1$

$bp2$

$bp3$

“Расчет ширины полосы при $\alpha=110$ ”

$$bp_{i,j} := 2 \cdot h_i \cdot \tan\left(\frac{a1}{2} \cdot deg\right) \cdot \sin(\varphi_j \cdot deg) \quad bp =$$

“Вывод полученных данных в Excel”

$bp1dat := \text{WRITEFILE}(\text{"bp1.xls"}, bp)$

“Вектор случайных данных”

$$i := 0..90 \quad j := 0..90$$

“Задание высоты установки”

$$h_i := 110 + i$$

“Задание угла фронта”

$$\varphi_j := 1 \cdot j$$

0	5.483	10.965	16.444	21.917
0	5.533	11.065	16.593	22.116
0	5.583	11.165	16.743	22.315
0	5.633	11.264	16.892	22.515
0	5.683	11.364	17.042	22.714
0	5.733	11.464	17.191	22.913
0	5.783	11.563	17.34	23.112
0	5.832	11.663	17.49	23.312
0	5.882	11.763	17.639	23.511
0	5.932	11.862	17.789	23.71
0	5.982	11.962	17.938	23.909
0	6.032	12.062	18.088	24.109
0	6.082	12.161	18.237	24.308
				⋮

“Расчет ширины полосы при $\alpha=80$ ”

$$bp_{i,j} := 2 \cdot h_i \cdot \tan\left(\frac{a2}{2} \cdot deg\right) \cdot \sin(\varphi_j \cdot deg)$$

“Вывод полученных данных в Exel”

$bp2dat := \text{WRITEFILE}(\text{"bp2.xls"}, bp)$

0	3.222	6.443	9.661	12.877	16.089	19.296	22.497	25.692	28.878	32.056
0	3.251	6.501	9.749	12.994	16.235	19.472	22.702	25.925	29.141	32.347
0	3.28	6.56	9.837	13.111	16.382	19.647	22.906	26.159	29.403	32.639
0	3.31	6.618	9.925	13.228	16.528	19.822	23.111	26.392	29.666	32.93
0	3.339	6.677	10.013	13.345	16.674	19.998	23.315	26.626	29.928	33.221
0	3.368	6.735	10.1	13.463	16.82	20.173	23.52	26.859	30.191	33.513
0	3.397	6.794	10.188	13.58	16.967	20.349	23.724	27.093	30.453	33.804
0	3.427	6.852	10.276	13.697	17.113	20.524	23.929	27.327	30.716	34.096
0	3.456	6.911	10.364	13.814	17.259	20.7	24.133	27.56	30.978	34.387
0	3.485	6.97	10.452	13.931	17.405	20.875	24.338	27.794	31.241	34.679
0	3.515	7.028	10.54	14.048	17.552	21.05	24.543	28.027	31.503	34.97
0	3.544	7.087	10.627	14.165	17.698	21.226	24.747	28.261	31.766	35.261
0	3.573	7.145	10.715	14.282	17.844	21.401	24.952	28.494	32.028	35.553

“Расчет ширины полосы при $\alpha=40$ ”

$$bp_{i,j} := 2 \cdot h_i \cdot \tan\left(\frac{a3}{2} \cdot deg\right) \cdot \sin(\varphi_j \cdot deg)$$

“Вывод полученных данных в Exel”

$bp3dat := \text{WRITEFILE}(\text{"bp3.xls"}, bp)$

0	1.397	2.795	4.191	5.586	6.979	8.37	9.758	11.144	12.526	13.905
0	1.41	2.82	4.229	5.636	7.042	8.446	9.847	11.245	12.64	14.031
0	1.423	2.845	4.267	5.687	7.106	8.522	9.936	11.347	12.754	14.157
0	1.436	2.871	4.305	5.738	7.169	8.598	10.025	11.448	12.868	14.284
0	1.448	2.896	4.343	5.789	7.233	8.674	10.113	11.549	12.982	14.41
0	1.461	2.922	4.381	5.84	7.296	8.75	10.202	11.651	13.096	14.537
0	1.474	2.947	4.419	5.89	7.36	8.826	10.291	11.752	13.209	14.663
0	1.486	2.972	4.457	5.941	7.423	8.903	10.379	11.853	13.323	14.789
0	1.499	2.998	4.496	5.992	7.486	8.979	10.468	11.955	13.437	14.916
0	1.512	3.023	4.534	6.043	7.55	9.055	10.557	12.056	13.551	15.042
0	1.525	3.049	4.572	6.093	7.613	9.131	10.646	12.157	13.665	15.169
0	1.537	3.074	4.61	6.144	7.677	9.207	10.734	12.258	13.779	15.295

“Определение угла фронта распыла в зависимости от ширины защитной зоны, высоты распылителя, ”
 “угла наклона распылителя и угла факела распыла (Листинг программы для Mathcad)”

“Вектор случайных данных” $i := 0 .. 90$ $j := 0 .. 89$

“Задание высоты установки распылителя” $h_i := 50 + i$

“Задание угла наклона распылителя” $\beta_j := 1 \cdot j$

“Угол факела распыла” $a1 := 110$ “Ширина защитной зоны” $b := 50$

“Расчет угла фронта распыла при $\alpha=110$ ”

$$f1_{i,j} := \arccos \left(\frac{b}{h_i \cdot \tan \left(\frac{a1}{2} \cdot \text{deg} \right) \cdot \left(\cos(\beta_j \cdot \text{deg}) + \sin(\beta_j \cdot \text{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a1}{2} + \beta_j \right) \cdot \text{deg} \right) \right) + h_i \cdot \left(\sin(\beta_j \cdot \text{deg}) + \cos(\beta_j \cdot \text{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a1}{2} - \beta_j \right) \cdot \text{deg} \right) \right)} \right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

$$f1 = \begin{bmatrix} 69.506 & 69.523 & 69.573 & 69.655 & 69.771 & 69.92 & 70.102 & 70.317 & 70.565 & 70.846 \\ 69.926 & 69.942 & 69.99 & 70.071 & 70.185 & 70.33 & 70.508 & 70.719 & 70.961 & 71.236 \\ 70.328 & 70.344 & 70.391 & 70.47 & 70.581 & 70.724 & 70.898 & 71.104 & 71.341 & 71.61 \\ 70.714 & 70.729 & 70.776 & 70.853 & 70.962 & 71.101 & 71.272 & 71.473 & 71.706 & 71.969 \\ 71.085 & 71.1 & 71.145 & 71.221 & 71.328 & 71.464 & 71.631 & 71.829 & 72.056 & 72.314 \\ 71.441 & 71.456 & 71.501 & 71.575 & 71.679 & 71.813 & 71.977 & 72.17 & 72.393 & 72.646 \\ 71.784 & 71.799 & 71.843 & 71.916 & 72.018 & 72.149 & 72.309 & 72.499 & 72.718 & 72.966 \\ 72.115 & 72.129 & 72.172 & 72.244 & 72.344 & 72.472 & 72.63 & 72.816 & 73.03 & 73.273 \\ 72.433 & 72.447 & 72.49 & 72.56 & 72.658 & 72.784 & 72.939 & 73.121 & 73.331 & 73.57 \end{bmatrix}$$

“Вывод полученных данных в Exel” $f1dat := \text{WRITEFILE}(\text{"f1.xlsx"}, f1)$

“Расчет угла фронта распыла при $\alpha=80$ ” $a2 := 80$

$$f2_{i,j} := \arccos \left(\frac{b}{h_i \cdot \tan \left(\frac{a2}{2} \cdot \text{deg} \right) \cdot \left(\cos(\beta_j \cdot \text{deg}) + \sin(\beta_j \cdot \text{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a2}{2} + \beta_j \right) \cdot \text{deg} \right) \right) + h_i \cdot \left(\sin(\beta_j \cdot \text{deg}) + \cos(\beta_j \cdot \text{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a2}{2} - \beta_j \right) \cdot \text{deg} \right) \right)} \right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

$$f2 = \begin{bmatrix} 53.425 & 53.44 & 53.487 & 53.565 & 53.674 & 53.814 & 53.985 & 54.186 & 54.418 & 54.68 \\ 54.254 & 54.269 & 54.314 & 54.39 & 54.496 & 54.631 & 54.797 & 54.993 & 55.218 & 55.472 \\ 55.043 & 55.058 & 55.102 & 55.175 & 55.278 & 55.41 & 55.571 & 55.761 & 55.979 & 56.227 \\ 55.796 & 55.81 & 55.853 & 55.924 & 56.024 & 56.152 & 56.309 & 56.493 & 56.706 & 56.947 \\ 56.514 & 56.528 & 56.569 & 56.639 & 56.736 & 56.861 & 57.013 & 57.193 & 57.4 & 57.634 \\ 57.2 & 57.214 & 57.254 & 57.322 & 57.417 & 57.538 & 57.687 & 57.862 & 58.064 & 58.292 \\ 57.857 & 57.87 & 57.91 & 57.976 & 58.068 & 58.187 & 58.332 & 58.502 & 58.699 & 58.922 \end{bmatrix}$$

“Вывод полученных данных в Exel” $f2dat := \text{WRITEFILE}(\text{"f2.xlsx"}, f2)$

“Расчет угла фронта распыла при $\alpha=40$ ” $a3 := 40$

$$f3_{i,j} := \operatorname{acos} \left(\frac{b}{h_i \cdot \tan \left(\frac{a3}{2} \cdot \operatorname{deg} \right) \cdot \left(\cos(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) + \sin(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a3}{2} + \beta_j \right) \cdot \operatorname{deg} \right) \right) + h_i \cdot \left(\sin(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) + \cos(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a3}{2} - \beta_j \right) \cdot \operatorname{deg} \right) \right)} \right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

“Вывод полученных данных в Excel” $f3dat := \operatorname{WRITEFILE}(\text{"f3.xlsx"}, f3)$

“Ширина защитной зоны” $b := 60$

“Расчет угла фронта распыла при $\alpha=110$ ” $a1 := 110$

$$f4_{i,j} := \operatorname{acos} \left(\frac{b}{h_i \cdot \tan \left(\frac{a1}{2} \cdot \operatorname{deg} \right) \cdot \left(\cos(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) + \sin(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a1}{2} + \beta_j \right) \cdot \operatorname{deg} \right) \right) + h_i \cdot \left(\sin(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) + \cos(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a1}{2} - \beta_j \right) \cdot \operatorname{deg} \right) \right)} \right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

“Вывод полученных данных в Excel” $f4dat := \operatorname{WRITEFILE}(\text{"f4.xlsx"}, f4)$

“Расчет угла фронта распыла при $\alpha=80$ ” $a2 := 80$

$$f5_{i,j} := \operatorname{acos} \left(\frac{b}{h_i \cdot \tan \left(\frac{a2}{2} \cdot \operatorname{deg} \right) \cdot \left(\cos(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) + \sin(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a2}{2} + \beta_j \right) \cdot \operatorname{deg} \right) \right) + h_i \cdot \left(\sin(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) + \cos(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a2}{2} - \beta_j \right) \cdot \operatorname{deg} \right) \right)} \right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

“Вывод полученных данных в Excel” $f5dat := \operatorname{WRITEFILE}(\text{"f5.xls"}, f5)$

“Расчет угла фронта распыла при $\alpha=40$ ” $a3 := 40$

$$f6_{i,j} := \operatorname{acos} \left(\frac{b}{h_i \cdot \tan \left(\frac{a3}{2} \cdot \operatorname{deg} \right) \cdot \left(\cos(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) + \sin(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a3}{2} + \beta_j \right) \cdot \operatorname{deg} \right) \right) + h_i \cdot \left(\sin(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) + \cos(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a3}{2} - \beta_j \right) \cdot \operatorname{deg} \right) \right)} \right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

“Вывод полученных данных в Excel” $f6dat := \operatorname{WRITEFILE}(\text{"f6.xls"}, f6)$

“Ширина защитной зоны” $b := 75$

“Расчет угла фронта распыла при $\alpha=110$ ” $a1 := 110$

$$f7_{i,j} := \operatorname{acos} \left(\frac{b}{h_i \cdot \tan \left(\frac{a1}{2} \cdot \operatorname{deg} \right) \cdot \left(\cos(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) + \sin(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a1}{2} + \beta_j \right) \cdot \operatorname{deg} \right) \right) + h_i \cdot \left(\sin(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) + \cos(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a1}{2} - \beta_j \right) \cdot \operatorname{deg} \right) \right)} \right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

“Вывод полученных данных в Excel” $f7dat := \operatorname{WRITEFILE}(\text{"f7.xls"}, f7)$

“Расчет угла фронта распыла при $\alpha=80$ ” $a2 := 80$

$$f8_{i,j} := \operatorname{acos} \left(\frac{b}{h_i \cdot \tan \left(\frac{a2}{2} \cdot \operatorname{deg} \right) \cdot \left(\cos(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) + \sin(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a2}{2} + \beta_j \right) \cdot \operatorname{deg} \right) \right) + h_i \cdot \left(\sin(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) + \cos(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a2}{2} - \beta_j \right) \cdot \operatorname{deg} \right) \right)} \right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

“Вывод полученных данных в Excel” $f8dat := \operatorname{WRITEFILE}(\text{"f8.xls"}, f8)$

“Расчет угла фронта распыла при $\alpha=40$ ” $a3 := 40$

$$f9_{i,j} := \operatorname{acos} \left(\frac{b}{h_i \cdot \tan \left(\frac{a3}{2} \cdot \operatorname{deg} \right) \cdot \left(\cos(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) + \sin(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a3}{2} + \beta_j \right) \cdot \operatorname{deg} \right) \right) + h_i \cdot \left(\sin(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) + \cos(\beta_j \cdot \operatorname{deg}) \cdot \tan \left(\left(\frac{a3}{2} - \beta_j \right) \cdot \operatorname{deg} \right) \right)} \right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

“Вывод полученных данных в Excel” $f9dat := \operatorname{WRITEFILE}(\text{"f9.xls"}, f9)$

**Используемые приборы и оборудование при лабораторно-стендовых
и полевых исследованиях**

1. Термометры минимальный и максимальный с погрешностью измерений $\pm 0,1$ °С по ГОСТ 112.
2. Психрометр с погрешностью измерений $\pm 2\%$ по ГОСТ 25893.
3. Твердомер с погрешностью измерений $\pm 5\%$.
4. Шкаф сушильный с погрешностью измерений ± 1 °С.
5. Весы лабораторные с погрешностью измерений $\pm 0,15$ мг; ± 20 мг по ГОСТ 24104.
6. Весы медицинские с погрешностью измерений ± 40 г по ГОСТ 29329.
7. Секундомер с погрешностью измерений ± 1 с.
8. Химическая посуда по ГОСТ 25336.
9. Рулетка с погрешностью измерений ± 1 мм по ГОСТ 7502.
10. Линейка с погрешностью измерений ± 1 мм по ГОСТ 427.
11. Манометр с погрешностью измерения ± 1 % эффективного рабочего давления.
12. Резиновый или пластмассовый шланг для каждой насадки.
13. Угломер с погрешностью измерения $\pm 0,5$.
14. Чашки Петри диаметром 50 мм.
15. Микроскоп с разрешающей способностью 10 мкм.
16. Фотографическое устройство с электронной вспышкой.

Таблица Б4-1 – Распределение жидкости по ширине факела, в % от максимального через распылитель РЦ 110-1,6

Распылитель	Распределение жидкости по ширине факела, в %									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РЦ – 110 – 1,6	8	20	26	50	68	80	78	92	93,6	97,2

Продолжение таблицы Б4-1

Распылитель	Распределение жидкости по ширине факела, в %									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
РЦ – 110 – 1,6	95,7	92,2	87	77,7	71,6	67	55	39,4	33,3	8,9

ПРИЛОЖЕНИЕ Б5

Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии

Определение тягового сопротивления виброкопателя

Таблица Б5-1

Показатели	Коэффициенты регрессии					
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
Значения коэффициентов	15,21	4,75	-0,57	-3,27	-1,4	-0,76
Доверительный интервал	0,31	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Значимость	значим	значим	значим	значим.	значим.	значим.

Продолжение таблицы Б5-1

Показатели	Коэффициенты регрессии				
	b_{11}	b_{22}	b_{33}	b_{44}	b_{55}
Значения коэффициентов	10,6	4,16	-1,34	-9,34	-1,64
Доверительный интервал	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Значимость	значим.	значим.	значим.	значим.	значим.

Продолжение таблицы Б5-1

Показатели	Коэффициенты регрессии				
	b_{12}	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{23}
Значения коэффициентов	0,24	0,18	-0,24	-0,12	-0,69
Доверительный интервал	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Значимость	значим.	значим.	значим.	незначим.	значим.

Продолжение таблицы Б5-1

Показатели	Коэффициенты регрессии				
	b_{24}	b_{25}	b_{34}	b_{35}	b_{45}
Значения коэффициентов	-0,15	-0,18	-0,52	-0,5	-0,19
Доверительный интервал	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Значимость	значим.	значим.	значим.	значим.	значим.

Расчетные данные для построения двумерных сечений поверхности отклика, характеризующих тяговое сопротивление свеклоуборочного агрегата

Таблица Б5-2

Парные сочетания факторов	Уравнения в канонической форме	Координаты центра поверхности отклика	Угол поворота осей в точке S, α , град.
$X_1 - X_2$	$Y - 16,715 = 10,6043X_1^2 + 4,1586X_2^2$	$X_1 = -0,0039; X_2 = 0,0417$	0
$X_1 - X_3$	$Y - 12,51 = 10,6013X_1^2 - 1,3408X_3^2$	$X_1 = 0,0157; X_3 = -0,098$	0
$X_1 - X_4$	$Y - 16,73 = 10,601X_1^2 + 9,341X_4^2$	$X_1 = -0,0056; X_4 = 0,0046$	-0,7
$X_1 - X_5$	$Y - 16,731 = 10,5996X_1^2 - 1,6394X_5^2$	$X_1 = -0,0011; X_5 = 0,279$	-0,6
$X_2 - X_3$	$Y - 16,74 = 4,1802X_2^2 - 1,3599X_3^2$	$X_2 = -0,006; X_3 = -0,101$	-7,0
$X_2 - X_4$	$Y - 16,73 = 4,1425X_2^2 - 9,2981X_4^2$	$X_2 = -0,0107; X_4 = -0,0052$	-0,7
$X_2 - X_5$	$Y - 16,733 = 4,1616X_2^2 - 1,6416X_5^2$	$X_2 = -0,039; X_5 = -0,079$	-1,8
$X_3 - X_4$	$Y - 16,74 = -1,3316X_3^2 - 9,3489X_4^2$	$X_3 = -0,0929; X_4 = 0,005$	-3,7
$X_3 - X_5$	$Y - 16,72 = -1,353X_3^2 - 1,627X_5^2$	$X_3 = -0,039; X_5 = -0,0353$	0
$X_4 - X_5$	$Y - 16,733 = -9,3406X_4^2 - 1,6388X_5^2$	$X_4 = -0,0134; X_5 = -0,0266$	0

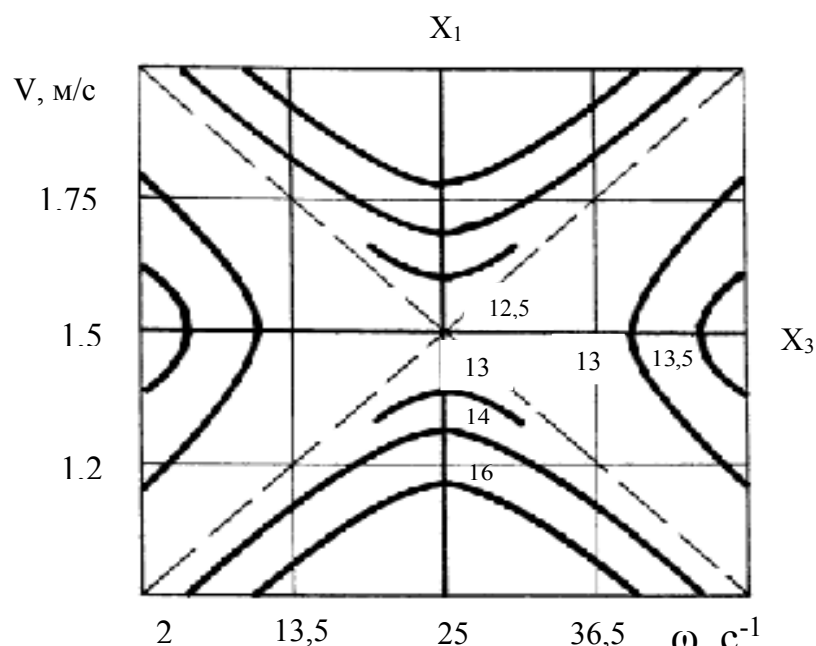


Рисунок Б5-1 – Двухмерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость тягового сопротивления свеклокопателя от скорости движения уборочного агрегата и частоты продольных колебаний виброкопача

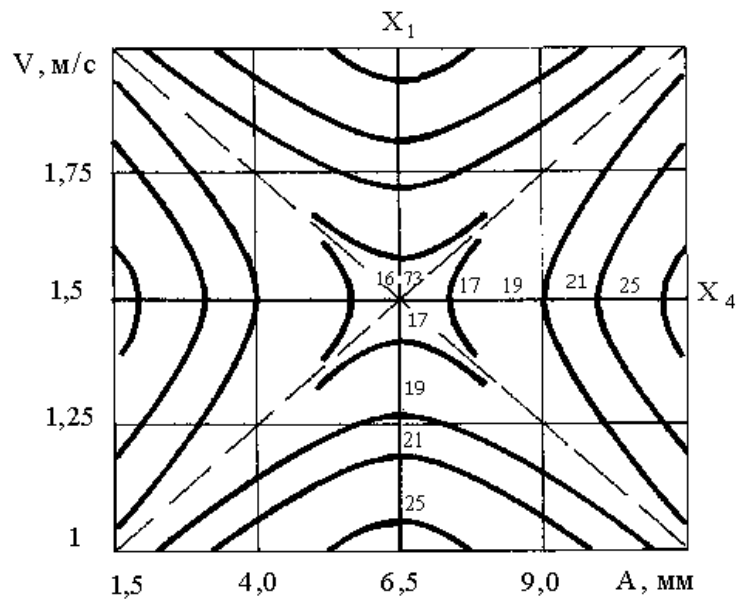


Рисунок Б5-2 – Двухмерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость тягового сопротивления свеклокопателя от скорости движения уборочного агрегата и амплитуды продольных колебаний виброкопача

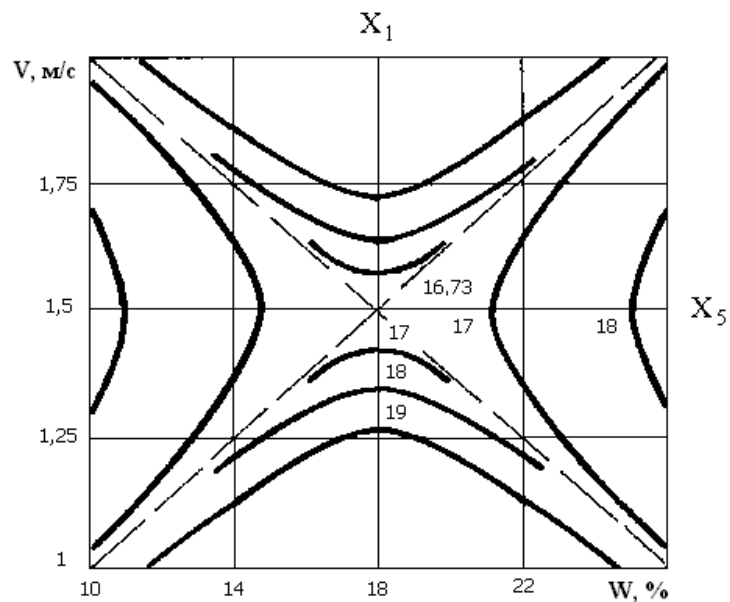


Рисунок Б5-3 – Двухмерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость тягового сопротивления свеклокопателя от скорости движения уборочного агрегата и влажности почвы

ПРИЛОЖЕНИЕ Б6

Исходные данные для расчета экономической эффективности использования комплекса машин для уборки сахарной свеклы

Таблица Б6-1

Наименование показателя		Базовый вариант	Новый вариант
		Состав машинно-тракторного агрегата	
		ЛТЗ-155+АКШ-6Г; ЛТЗ-155+СТВС-18	КРШ-8,1Г+НП-5,4А+ + ЛТЗ-155+СТВС-18
Производительность за час основного времени, га		6,0 3,88	3,0
Количество обслуживающего персонала, чел.		2	1
Объем работ, га		100	100
Балансовая стоимость, тыс. руб.	ЛТЗ-155	2145	2145
	АКШ-6Г	680	
	КРШ-8,1Г		345
	НП-5,4А		20
	СТВС-18	520	520
Годовая загрузка, ч	Нормативная:/ Фактическая		
	ЛТЗ-155		1095/33
	АКШ-6Г	24	
	КРШ-8,1Г		170/33
	НП-5,4А		170/33
Расход топлива, л/га	ЛТЗ-155	4,35	2,62
		2,79	
Комплексная цена топлива, руб./л		49,7	49,7
Часовая ставка, руб.		70,2	70,2
Нормативы отчислений на амортизацию, %:	ЛТЗ-155	9,9	9,9
	АКШ-6Г	14,2	
	КРШ-8,1Г		14,2
	НП-5,4А		14,2
	СТВС-18	14,2	14,2
Ремонт и техническое обслуживание, % балансовой стоимости	ЛТЗ-155	10	10
	АКШ-6Г	8	
	КРШ-8,1Г		8
	НП-5,4А		8
	СТВС-18	8	8

Исходные данные для расчета экономической эффективности использования модернизированной сеялки, оборудованной системой контроля высева семян

Таблица Б6-2

Наименование показателя		Базовый вариант ЛТЗ-155+ССТ-12	Новый вариант ЛТЗ-155+ +ССТ-12М+СКВС
Производительность за час основного времени, га		2,92	3,5
Количество обслуживающего персонала, чел.		1	1
Объём работ, га		100	100
Балансовая стоимость, тыс. руб.	трактор	2145	2145
	сеялка	140	170
	система контроля высева семян (СКВС)		50
Годовая нормативная загрузка, ч	трактор	1095	1095
	сеялка	40	60
	система контроля высева семян (СКВС)		60
Годовая фактическая загрузка, ч	трактор	34	29
	сеялка	34	29
	система контроля высева семян (СКВС)		29
Часовая ставка, руб.		70,2	70,2
Расход топлива, л/га		5,1	4,8
Комплексная цена топлива, руб./ л		49,7	49,7
Нормативы отчислений на амортизацию, %:	трактор	9,9	9,9
	сеялка	14,2	14,2
	система контроля высева семян (СКВС)		20
Нормативы отчислений на ремонт и техническое обслуживание, % балансовой стоимости	трактор	10	10
	сеялка	8	8
	система контроля высева семян (СКВС)		5

Исходные данные для расчёта экономической эффективности применения сеялки для высева капсулированных семян в агрегате с трактором МТЗ-82

Таблица Б6-3

Наименование показателя		Базовый вариант	Новый вариант
		Состав машинно-тракторного агрегата	
		МТЗ-82+ Сеялка для лука СЛС-12	МТЗ-82+ Экспериментальная сеялка
Производительность за час основного времени, га		1,15	2,26
Количество обслуживающего персонала, чел.		1	1
Объём работ, га		100	100
Балансовая стоимость, тыс. руб.	трактора	1245	1245
	сеялки	296	385
Годовая загрузка, ч	Нормативная:		
	трактора	1095	1095
	сеялки	100	100
	Фактическая		
	трактора	50	44
	сеялки	50	44
Расход топлива, л/га		7,5	4
Комплексная цена топлива, руб./ л		49,7	49,7
Часовая ставка, руб.		70,2	70,2
Нормативы отчислений на амортизацию, %:	трактора	9,9	9,9
	сеялки	14,2	14,2
Ремонт и техническое обслуживание, % балансовой стоимости	трактора	10	10
	сеялки	8	8

Исходные данные для расчета экономической эффективности использования комбинированного агрегата с аппликаторами для обработки посевов сахарной свеклы

Таблица Б6-4

Наименование показателя	Вариант базовый	Новый вариант	
	Состав машинно-тракторного агрегата		
	ЛТЗ-155+ культиватор для ленточного внесения жидких удобрений и пестицидов КЛ-4,2-00	ЛТЗ-155+ комбинированная машина на базе УСМК-5,4 с аппликаторами	
Производительность за час основного времени, га	2,5	2,95	
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1	
Объем работ, га	300	300	
Балансовая стоимость, тыс. руб.	трактор	2145	2145
	культиватор КЛ-4,2-00	320	
	комбинированная машина с аппликаторами		510,77
Годовая загрузка, ч	Нормативная:/ Фактическая		
	трактор	1095/140	1095/102
	культиватор КЛ-4,2-00	114	
	комбинированная машина с аппликаторами		114
Расход топлива, л/га	5,6	5,1	
Комплексная цена топлива, руб./ л	49,7	49,7	
Часовая ставка, руб.	70,2	70,2	
Нормативы отчислений на амортизацию, %	трактор	9,9	9,9
	культиватор КЛ-4,2-00		16,7
	комбинированная машина с аппликаторами		16,7
Ремонт и техническое обслуживание, % балансовой стоимости	трактор	10	10
	культиватор КЛ-4,2-00		8
	комбинированная машина с аппликаторами		8

Исходные данные для расчета экономической эффективности использования
комплекса машин для уборки сахарной свеклы

Таблица Б6-5

Наименование показателя		Вариант базовый	Новый вариант
		Состав машинно-тракторного агрегата	
		Т-70С+БМ-6+ КС-6Б+ МТЗ-82+2ПТС-4	РТ-М-160+ КВС-6+ +МТЗ-82+ ППК-6+ +МТЗ-82+2ПТС-4
1		2	3
Производительность за час основного времени, га		0,6	1,17
Количество обслуживающего персонала, чел.		3	3
Объем работ, га		100	100
Балансовая стоимость, тыс. руб.	Т-70С	502	
	МТЗ-82	1245	1245
	РТ-М-160		2145
	КС-6Б	2375	
	БМ-6	490	
	КВС-6		717
	ППК-6		300
	2ПТС-4	193	193
Годовая загрузка, ч	Нормативная:/ Фактическая		
	Т-70С	1065/122	
	МТЗ-82	1095/	1095/
	РТ-М-160		1095/
	КС-6Б	140/	
	БМ-6	140/122	
	КВС-6		100
	ППК-6		100
	2ПТС-4	800/122	800/100
Расход топлива, л/га	Т-70С	13,4	
	МТЗ-82	2,0	2,0
			4,9
	РТ-М-160		23
КС-6Б	29,64		

1		2	3
Расход топлива, л/га	Т-70С	13,4	
	МТЗ-82	2,0	2,0
	РТ-М-160		23
	КС-6Б	29,64	
Комплексная цена топлива, руб./ л		49,7	49,7
Часовая ставка, руб.		70,2	70,2
Нормативы отчислений на амортизацию, %:	Т-70С	12,5	
	МТЗ-82	10	10
	РТ-М-160		9,9
	КС-6Б	12,5	
	БМ-6	14,2	
	КВС-6		14,2
	ППК-6		14,2
	2ПТС-4	14,2	14,2
Ремонт и техническое обслуживание, % балансовой стоимости	Т-70С	9,7	
	МТЗ-82	9,9	9,9
	РТ-М-160		10
	КС-6Б	12	
	БМ-6	10	
	КВС-6		12
	ППК-6		8
	2ПТС-4	8	8

ПРИЛОЖЕНИЕ Б7

```
//=====
//----- LPT - осциллограф -----
//=====

unit LPT;

interface
//=====
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, LPTIO, StdCtrls, ExtCtrls, DXClass, jpeg, Buttons, DXDraws, DIB,
  Mmsystem, ComCtrls;
//=====
type
  TForm1 = class(TForm)
    DXTimer1: TDXTimer;
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    Button3: TButton;
    ScrollBar1: TScrollBar;
    ScrollBar2: TScrollBar;
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Image1: TImage;
    Image2: TImage;
    PaintBox1: TPaintBox;
    PaintBox2: TPaintBox;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    CheckBox1: TCheckBox;
    TrackBar1: TTrackBar;
    UpDown1: TUpDown;
    UpDown2: TUpDown;
    Panel1: TPanel;
    Panel2: TPanel;
    Panel3: TPanel;
    Label5: TLabel;
    Panel4: TPanel;
    Label1: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Label10: TLabel;
    Label11: TLabel;
    Label12: TLabel;
    Label13: TLabel;
    OpenDialog1: TOpenDialog;
    SaveDialog1: TSaveDialog;
    Button4: TButton;
```

```

ComboBox1: TComboBox;
Button5: TButton;
ComboBox2: TComboBox;
Memo1: TMemo;
//=====
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure FormDestroy(Sender: TObject);
procedure DXTimer1Timer(Sender: TObject; LagCount: Integer);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure Edit1KeyUp(Sender: TObject; var Key: Word; Shift: TShiftState);
procedure Edit2KeyUp(Sender: TObject; var Key: Word; Shift: TShiftState);
procedure ScrollBar1Scroll(Sender: TObject; ScrollCode: TScrollCode; var ScrollPos: Integer);
procedure ScrollBar2Scroll(Sender: TObject; ScrollCode: TScrollCode; var ScrollPos: Integer);
procedure PaintBox1Paint(Sender: TObject);
procedure PaintBox2Paint(Sender: TObject);
procedure UpDown1Click(Sender: TObject; Button: TUDBtnType);
procedure UpDown2Click(Sender: TObject; Button: TUDBtnType);
procedure TrackBar1Change(Sender: TObject);
procedure Button4Click(Sender: TObject);
procedure Button5Click(Sender: TObject);
//=====
private
  { Private declarations }
  Lpt : TLptPortConnection; // Указатель на объект для работы с портами
public
  { Public declarations }
  MMTimer1 : integer; // Код мультимедийного таймера
  function GetCurrentPort : Byte; // Номер LPT
  { Пины }
  function Pin10 : Boolean;
  function Pin11 : Boolean;
end;
var
  Form1: TForm1;
  { Счётчики }
  P10 : Integer;
  P11 : Integer;
  { Информация о наличии импульса в предыдущем цикле }
  Inf10 : Integer;
  Inf11 : Integer;
  { Массивы сигналов }
  A : Array [0..3600000] of Integer;
  B : Array [0..3600000] of Integer;
  { Номер миллисекунды }
  i : Integer;
  v : Integer;
  { Позиция скролов }
  Pos1 : Integer.

```

ПРИЛОЖЕНИЕ В1

Директору ГНУ ВИИТиН

О.А.Клейменову

392022, г. Тамбов, Ново-Рубежный пр., 28

СПРАВКА

об использовании результатов диссертационной работы к.т.н. Балашова А.В. по теме «Повышение эффективности технологий и средств механизации производства сахарной свеклы»

Результаты теоретических и экспериментальных исследований к.т.н. Балашова А.В. по названной теме использованы при разработке исходных требований к машинам перспективного технологического комплекса для производства сахарной свеклы и предложений в Федеральный регистр технологий. Апробация новой технологии на основе нового комплекса машин осуществлена в СПК «Голицинский» Никифоровского района Тамбовской области в соответствии с приказом Минсельхоза России от 2.02.2001 г. № 91 «О пилотных проектах».

Внедрение технологии и комплекса машин позволяет хозяйству своевременно и качественно выполнять технологические операции при производстве сахарной свеклы. Это способствует повышению в 1,5...1,84 раза урожайности по сравнению с предшествующим внедрению периодом, получению прибыли в расчете на 1 га посевов более 6 тыс. руб. при снижении на 24,5 % затрат на оплату труда.

Апробированная технология производства сахарной свеклы без затрат ручного труда на базе высокопроизводительных комбинированных агрегатов и тракторов нового поколения рекомендуется Министерством сельского хозяйства Российской Федерации к применению в зоне ЦФО.

Комплекс машин (культиватор КРШ-8,1Г, комбинированный широкозахватный агрегат АКШ-6Г, сеялка точного высева СТВС-18, копатель-валкоукладчик КВС-6), разработанный с участием автора, освоен в серийном производстве.

Заместитель руководителя Департамента
технической политики Минсельхоза России



Е.Л. Ревякин

ОАО «ЛИПЕЦКИЙ ТРАКТОР»

Россия 398006 г. Липецк, ул. Краснозаводская, 1

Директору ГНУ ВИИТиН

Клейменову О.А.

СПРАВКА

об использовании результатов научно-исследовательских работ ВИИТиН

При этом подтверждаем использование результатов исследований лаборатории №6 института (ответственный исполнитель к.т.н. Балашов А.В.) при разработке схем агрегатирования трактора ЛТЗ-155 с машинами, применяемыми при возделывании и уборке сахарной свеклы, рекомендаций по эффективному использованию машинно-тракторных агрегатов на его базе.

Материалы исследований приняты ОАО «Липецкий тракторостроительный завод» и будут использованы при дальнейшем совершенствовании конструкции навесных устройств трактора

Главный конструктор ОАО «ЛТсЗ»



А.М. Давыдов

К О Н Ц Е Р Н П В О « А Л М А З — А Н Т Е Й »

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО
«КАЗАНСКОЕ
ОПЫТНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ
БЮРО „СОЮЗ“

20036, Казань, ул. Дементьева, д.1
Телефон: (8432) 71-31-70, 71-34-77
Факс: (8432) 71-34-88

№

Государственное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский
и проектно-технологический институт
по использованию техники и нефтепродуктов
в сельском хозяйстве (ГНУ ВНИТИН)

392022, г. Тамбов, Ново-Рубежный пр., 28

СПРАВКА

**об использовании и внедрении научно-исследовательской работы
к.т.н. Балашова А.В. по теме «Повышение эффективности технологий
и средств механизации производства сахарной свеклы»**

В 1999 - 2002 годах на свекловичных полях СПК «Память Ленина» Инжавинского района и СПК «Голышинский» Никифоровского района Тамбовской области под руководством и при непосредственном участии к.т.н. Балашова А.В. проводились государственные и эксплуатационные испытания пневматической сеялки точного высева СТВС-18 и копателя-валкоукладчика сахарной свеклы КВС-6 с вибрационными копачами производства ОКБ «Союз» г. Казань. По результатам испытаний были разработаны предложения по внесению изменений в конструкции испытанных машин, которые приняты разработчиком.

Автором проведены теоретические и экспериментальные исследования по усовершенствованию рабочих органов копателя-валкоукладчика. Исследования имеют практическое значение.

Материалы исследований приняты ОКБ «Союз» и будут использованы при разработке и изготовлении макетного образца копателя с виброкопачами со сложным движением.

Главный конструктор ОКБ «Союз»



С.Н.Саушин



РФ

Открытое акционерное общество

ГРЯЗИНСКИЙ КУЛЬТИВАТОРНЫЙ ЗАВОД

399059 г.Грязи, Липецкой обл., ул. Гагарина,1А Телефон: 8-(07461) 2-26-25, 2-06-52
 факс: 8 07461 -2-07-75
 ИНН 4802002850 ОСБ № 3813 г. Грязи Липецкий банк СБ РФ г. Липецк БИК 044206604
 К/счет 30101810800000000604 Р/счет 40702810035040000136

№ 36/

Директору ГНУ ВИИТиН

на №

от

Клейменову О.А.

« » 2004г.

СПРАВКА

об использовании результатов научно-исследовательских работ ВИИТиН

При этом подтверждаем использование разработок института (ответственный исполнитель к.т.н. Балашов А.В.) по обоснованию показателей качества технологического процесса и машин, а также участие автора в приемочных и эксплуатационных испытаниях широкозахватного культиватора-растениепитателя КРШ-8,1Г, комбинированного широкозахватного агрегата АКШ-6Г и передней навески НП-5,4А.

Материалы исследований приняты ОАО «Грязинский культиваторный завод» и будут использованы для дальнейшего совершенствования названных машин

Генеральный директор

ОАО «Грязинский культиваторный завод»



Н.В. Анисимов



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ ТЕХНИЧЕСКОЙ
ПОЛИТИКИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ЦЕНТРАЛЬНО - ЧЕРНОЗЁМНАЯ
МАШИНОИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ

Директору ГНУ ВИИТиН
Клеймёнову О.А.

305512, п. Камыши Курского района
Курской области
Телефон: Курск 52-14-46
Факс: 55-43-17
E-mail: chmis@kursknet.ru

№ _____

СПРАВКА

**об участии сотрудника ГНУ ВИИТиН к.т.н. Балашова А.В.
в приёмочных испытаниях машин**

Настоящей подтверждаем непосредственное участие старшего научного сотрудника лаборатории «Использования машинно-тракторных агрегатов» института к.т.н. Балашова А.В. в проведении в 1999...2002 гг. приёмочных испытаний комплекса машин для возделывания и уборки сахарной свеклы на базе интегрального трактора ЛТЗ-155 и гусеничного трактора ВТ-100 включающего:

1. Культиватор-растениепитатель КРШ-8,1Г.
2. Комбинированный широкозахватный агрегат АКШ-6Г.
3. Пневматическую сеялку точного высева СТВС-18.
4. Копателя-валкоукладчика КВС-6.
5. Полунавесная корнеуборочная машина КСП-008.
6. Агрегат для уборки корнеплодов КСП-009К.
7. Подборщик-погрузчик КСП-009П.

Главный инженер
ФГУ ЦЧ МИС



А.Л. Брежнев

ПРИЛОЖЕНИЕ В6

Российская Федерация
 ОАО «АЛМАЗ»
 393190, г. Котовск, Тамбов. обл.
 ул. Свободы, д. 1
 ИНН 6825001831
 Р/с 40702810261270100118
 К/с 30101810800000000649
 Тамбовское ОСБ 8594 г. Тамбова
 для Котовского отделения
 СБ РФ 6692
 БИК 046850649, ОКОНХ—14771
 ОКПО—07620177, КПП 682501001
 телетайп: «МАЯК» 226390
 т/факс: (47541)-2-08-65

№ _____ от _____ 200 ____ г.
 На _____

Директору Государственного научного
 учреждения «Всероссийский научно-
 исследовательский и проектно-техно-
 логический институт по использованию
 техники и нефтепродуктов в сельском
 хозяйстве» (ГНУ ВИИТиН)
 Клейменову О.А.

392022, г. Тамбов,
 Ново-Рубежный пр., 28

СПРАВКА

об использовании и внедрении результатов диссертационной работы
 к.т.н. Балашова А.В. по теме «Повышение эффективности технологий и
 средств механизации уборки сахарной свеклы»

Результаты теоретических и экспериментальных исследований к.т.н.
 Балашова А.В. по названной теме использовались ОАО «Алмаз» при
 разработке и изготовлении макетных образцов прицепного свеклоуборочного
 комбайна, сменного выкапывающего рабочего органа с вибрационными
 копачами к комбайну КС-6Б.

При непосредственном участии автора в 2001 –2003 годах были
 проведены испытания указанных машин в хозяйствах Тамбовской области.

Предложения к.т.н. Балашова А.В. по внесению изменений в
 конструкции испытанных машин приняты разработчиком и будут
 использованы при доработке и изготовлении усовершенствованных образцов
 машин.



Генеральный директор, к.т.н.

Гаврилов

В. П. Гаврилов

ПРИЛОЖЕНИЕ В7

**Крестьянское (фермерское) хозяйство
«Пчелка»**

393759, Тамбовская обл., Мичуринский
район, пос.Лесной Воронеж, ул.Лесная, д.3
тел., факс 8(47545) 68-5-98
E-mail: pchelka-mich@rambler.ru
Сайт: www.lupin-t.ru
ИНН/КПП 6807004734 /680701001

Акт**об использовании результатов интеллектуальной деятельности
ФГБНУ ВНИИТиН**

Настоящим подтверждаем использование внедренных в 2009-2011 годах лабораторией «Использования машинно-тракторных агрегатов» института (исполнители к.т.н., доцент Балашов А.В., инженеры Стрыгин С.П. и Крищенко А.В.) двух 18-ти рядных модернизированных сеялок точного высева оборудованных системой контроля высева семян.

За период использования сеялок (2009-2015гг) была засеяна площадь сахарной свеклой более 4000 га.

В результате многолетнего мониторинга за работой сеялок осуществляемого исполнителями была подтверждена надёжная и качественная работа сеялок соответствующая агротехническим требованиям на точный высева семян сахарной свеклы, фиксируемый системой контроля.

Глава КФХ Пчелка
Мичуринского района Тамбовской области



А.П. Полтинин

ПРИЛОЖЕНИЕ В8

ООО МФП «Нива»

392530, Тамбовская обл., Тамбовский р-н., с. Красносвободное, ул. Молодёжная, д. 35
ООО МФП «Нива» ИНН 6820015566, КПП 682001001, БИК 046850713
Р/с 40702810402240000140, К/с 30101810600000000713, ОГРН 1026800889763
Тамбовский РФ ОАО «Россельхозбанк» г. Тамбов
Тел: (4752) 72-10-66, факс (4752) 721667. E-mail: mfpniva @ yndex .ru

Акт**об использовании результатов интеллектуальной деятельности
ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии**

Настоящим подтверждаем внедрение в 2010 году модернизированной сеялки точного высева ССТ-12М для посева сахарной свеклы выполненное лабораторией «Использования машинно-тракторных агрегатов» института (исполнители к.т.н., доцент Балашов А.В., инженер Белогорский В.П.)

По оценкам специалистов предприятия и в результате многолетнего мониторинга сотрудниками института подтверждена надёжная и качественная работа сеялки, соответствующая агротехническим требованиям по равномерности распределения семян вдоль рядков на установленной глубине.

Генеральный директор ООО МФП «Нива»
Тамбовского района Тамбовской области



А.В. Есиков

ПРИЛОЖЕНИЕ В9

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

Колхоз – племенной завод им. Ленина

Тамбовского района Тамбовской области

392524, с. Покрово – Пригородное,
ул. Советская, д.72 а
E-mail: kolhoz-09@mail.ru
тел. – факс: (4752) 65-06-73
ИНН/КПП 6833003991/682001001

Акт**об использовании результатов интеллектуальной деятельности****ФГБНУ ВНИИТнН**

Настоящим подтверждаем использование приобретенных в 2011 году двух 12-ти рядных сеялок точного высева Ритм-1 и в 2014 году 16-ти рядной сеялки СТП «РИТМ–16Т» оборудованных системой контроля высева семян разработанной сотрудниками лаборатории «Использования машинно-тракторных агрегатов» института (исполнители к.т.н., доцент Балашов А.В., инженер Крищенко А.В.).

За период использования сеялок (2011- 2015гг) была засеяна площадь сахарной свеклой 1250 га, подсолнечником 520 га, кукурузой 80 га.

По оценке специалистов хозяйства и результатам мониторинга проводимого исполнителями за использованием сеялок оборудованных системой контроля высева семян подтверждена надёжная и качественная их работа в соответствии с агротехническими требованиями на посев пропашных культур.

Председатель колхоза –
племенного завода им. Ленина



В.И. Нестеров

Акт**об использовании результатов интеллектуальной деятельности
ФГБНУ ВНИИТИН**

Настоящим подтверждаем использование приобретенных в 2010 году ООО «Агробизнес» (Липецкая область, Добринский район, с. Ольховка) 24-рядных сеялок точного высева «Ритм-24Т» в кол-ве четырех шт, оборудованных лабораторией «Использования машинно-тракторных агрегатов» института (исполнители к.т.н., доцент Балашов А.В., инженер Крищенко А.В.) системой контроля высева семян.

За период использования сеялок (2010-2015гг) была засеяна площадь каждой сеялкой сахарной свеклы не менее 2500га, подсолнечника не менее 3000га, кукурузы не менее 2800га.

В результате многолетнего мониторинга за работой сеялок, проводимого исполнителями, была подтверждена надежная и качественная работа систем контроля высева семян на указанных сеялках, осуществляющих высев семян в заданной норме без отклонений.

Генеральный директор
ООО «Агробизнес»



Чил-Акопов А.Г.

Открытое акционерное общество «ГОЛИЦЫНО»

Юридический адрес: 393015 Тамбовская область Никифоровский район с. Голицыно

Почтовый адрес: 393015 Тамбовская область Никифоровский район с. Голицыно

Тел /факс/: (47536) 33-2-75бухг., ген. дир. (47536) 33-2-35, эконом. (47536) 33-2-92

Адрес электронной почты: Golicino@mail.ru

Наш сайт: Golicino.moy.su

Исх.
от “ ___ ” _____ 2014 г.

Акт**об использовании результатов интеллектуальной деятельности
ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии**

Настоящим подтверждаем внедрение в 2010-2012 гг. ресурсосберегающей технологии возделывания и уборки сахарной свеклы выполненное лабораторией «Использования машинно-тракторных агрегатов» института (исполнители д.т.н. профессор Тырнов Ю.А., к.т.н., доцент Балашов А.В.) с применением широкозахватных комбинированных машинно-тракторных агрегатов на базе интегрального трактора ЛТЗ-155(РТ-160-М) для предпосевной обработки почвы и посева, междурядной и химической обработки посевов, уборки с использованием самоходных свеклоуборочных комбайнов Rora Euro Tiger.

Внедрение технологии и комплекса машин позволило хозяйству своевременно и качественно выполнять технологические операции при производстве сахарной свеклы на средней площади в 950 га, что способствовало получению урожайности корнеплодов более 40 т/га, максимальной прибыли в 2010 году в расчете на 1 га посевов 10,6 тыс. руб. с последующим её снижением до 447,83 руб. в 2012 году и средней рентабельности за три года 21,17%.

Генеральный директор
ОАО «Голицыно»



Рамазанов А.Г.

ПРИЛОЖЕНИЕ В12



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «БЕЛГОРОДСКИЙ ЗАВОД РИТМ»

308023, Россия, Белгородская область, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135 Д
 e-mail: om_ritm@mail.ru, www.zavodritm.ru тел. +7(4722)34-15-92, факс +7(4722)34-16-74
 ИНН 3124010600, КПП 312301001, ОКОНХ 14252, ОКПО 07612887.
 Р/с 40702810107000102229 в Белгородском ОСБ 8592 г. Белгород.
 К/с 30101810100000000633. БИК 041403633. ОГРН 1023101637624

УТВЕРЖДАЮ
 Первый заместитель
 генерального директора завода
 В.В. Мейхер
 « » 2016 г.

**Акт внедрения
 системы контроля высева семян «РИТМ»**

Комиссия открытого акционерного общества «Белгородский завод РИТМ» в составе председателя - главного инженера завода Сечкарева О.Н. и членов: начальника технического отдела завода Никонова В.И. и конструктора Селюкова А.А. подтверждает внедрение разработанной сотрудниками лаборатории «Использования машинно-тракторных агрегатов» федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (ФГБНУ ВНИИТиН) инженером Крищенко А.В, к.т.н., доцентом Балашовым А.В. и аспирантом Пустоваровым Н.Ю. системы контроля высева семян, которая установлена на пневматических сеялках точного высева СТП-12 «РИТМ-1МТ»/СКВС и СТП «РИТМ-24Т»/СКВС, выпущенных заводом в 2005-2016 гг. в количестве более 2000 штук.

Система контроля высева семян (СКВС) позволяет обеспечить равномерное распределение семян вдоль ряда, уменьшить сплошные просевы и микропросевы, снижающие урожайность возделываемых культур на 4-12% а также оперативно информировать механизатора о возникающих технологических и технических отказах как отдельных высевающих аппаратов, так и сеялки в целом.

По результатам многолетнего мониторинга за посевом семян подсолнечника, кукурузы, сахарной свеклы указанными сеялками, проведенного сотрудниками института в различных регионах РФ и положительных отзывов специалистов хозяйств, была подтверждена надёжная и качественная работа сеялок при квалифицированном и грамотном использовании и эксплуатации в соответствии с предписанными Инструкцией требованиями.

Председатель комиссии

Члены комиссии:

О.Н. Сечкарев
 В.И. Никонов
 А.А. Селюков.
 А.В. Крищенко
 А.В. Балашов
 Н.Ю. Пустоваров

ПРИЛОЖЕНИЕ В13

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
« ТРАКТОРНАЯ КОМПАНИЯ «ВгТЗ»
(ОАО «ТК «ВгТЗ»)

пл. Дзержинского, 1, г. Волгоград, 400006
Телефоны: (8442) 74-60-00, (8442) 74-61-42
Факс: (8442) 74-61-20
ОКПО 10515024, ОГРН 1033400119620,
ИНН/КПП 3441024804/344101001

№ 24/29
На № _____ от _____

Директору ГНУ ВИИТиН
О.А. Клейменову

СПРАВКА

об использовании результатов научно-исследовательских работ ВИИТиН
(ответственный исполнитель старший научный сотрудник, к.т.н. Балашов А.В.)

Технический совет ВгТЗ рассмотрел материалы исследований к.т.н. Балашова А.В. по применению гусеничных тракторов ВТ-100ДС в технологиях возделывания и уборки сахарной свеклы и рекомендует:

- представленные результаты научных исследований использовать при совершенствовании конструкции коробки перемены передач трактора ВТ-100ДС (изменение диапазонов скоростного ряда) и доработки системы продольной стабилизации движения трактора при фронтальной навеске машин.

Технический директор



В.П. Бычков

ПРИЛОЖЕНИЕ В14

**Общество
с ограниченной
Ответственностью
«ТАМБОВРЕМТЕХПРЕД»
(ООО «Тамбовремтехпред»)
РФ, 392022 г. Тамбов
ул. Академика
Островитянова, 9
тел. 8(4752) 44-33-63
тел./факс 8(4752) 44-62-09
э/почта rtp.tamb@yandex.ru**

№ 344 от 10 июня 2016г.

**В объединенный диссертационный
совет
Д 999.179.03 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»**

Справка

о передаче конструкторской документации на поворотный плуг и
сеялку для посева капсулированных семян

Рабочие чертежи на поворотный плуг с изменяемой шириной захвата (№645.00.00.00) и сеялку для посева капсулированных семян (№626.01.00.000 и №628.00.00.000), разработанные в 2012-2016 гг. лабораторией «Использования машинно-тракторных агрегатов» ГНУ ВНИИТиН под руководством к.т.н. доцента Балашова А.В. приняты ООО «Тамбовремтехпред» для технологической подготовки производства и изготовления опытных образцов.

Генеральный директор



 А.Н. Нестеренко

ПРИЛОЖЕНИЕ В 15



**УПРАВЛЕНИЕ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

392017, г. Тамбов, ул. Советская, 106 а
E-mail: post@agro.tambov.gov.ru
<http://www.agro.tmbreg.ru/>
☎ (4752) 78-26-02, 78-26-77

06.09.2019 № 01-14/2019
На № _____ от _____

В объединенный диссертационный совет
Д 999.179.03 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»

Справка

о внедрении модернизированных сеялок точного высева семян
сахарной свеклы ССТ-12М

Настоящей подтверждаем внедрение 75 модернизированных сеялок точного высева ССТ-12М на базе механических свекловичных сеялок, используемых за пределами амортизационного срока и принадлежащих хозяйствам, выполненное сотрудниками лаборатории «Использования машинно-тракторных агрегатов» ФГБНУ ВНИИТиН под руководством и при непосредственном участии к.т.н., доцента Балашова А.В.

Внедрение осуществлялось на протяжении девяти лет (2005-2013 гг.) в 57 хозяйствах 15 районов области (приложение к настоящей справке). По оценке специалистов хозяйств и результатам многолетнего производственного использования модернизированные сеялки показали надёжную и качественную работу на посеве сахарной свеклы, соответствующую агротехническим требованиям по равномерности распределения семян вдоль рядков и высеянных на установленной глубине.

Заместитель начальника
управления



И.П.Выриков

Перечень внедренных модернизированных сеялок ССТ-12М в хозяйствах
Тамбовской области за период 2005-2013гг.

Районы	Хозяйство	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011-2013
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Бондарский	СПК «Бондарский»		1					
	СПК «Завет Ильича»		1					
	ООО «Покровское»		1					
	СПК «Юбилейный»		1					
Жердевский	Агрофирма «Нива»	1	2					
	ООО «М.Горького»	1	1					
	ООО Агрофирма «Единство»	1	1					
	СПК К.Маркса		2					
	ИП Завьялов В.П.		2					
	ООО ДН «Жердевка»		1					
	ООО «Русь»				1			
	КФХ Макаров							1
Знаменский	ИП Правоторов В.Н.		1					
	КФХ Четырин А.Н.		1					
	ООО «Агролегион»		1					
Мичуринский	МичГАУ				1			
	КФХ «Пчёлка»					1		1
Мордовский	ООО «Павловское»		1					
	ООО «Рассвет»		1					
Мучкапский	ООО СФ «Рассвет»					2		
Никифоровский	СХПК «Большевик»	1						
Петровский	СПК Заря		1					
	КФХ Сафонов					1		
	ИП Сухов					1		
Рассказовский	ЗАО «Заря»				1			
	ЗАО «Рождественское»				1			
Ржаксинский	ИП Маслов Ю.И.		1					
	СХПК им. Пономарева		1	1				
	СХПК «Родина»		1					
	ООО «Алкаладка»			1				
	ООО «Решетовское»				1			
	СХПК «Красный путиловец»					1		1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сампурский	ИП Киреев П.В.	1						
	СХПК «Борец»	1	1					
	СХПК «Заветы Ленина»	2						
	СХПК «Родина»	1	1					
	ИП Арутюняна А.Х.	1			1			
	ООО «Первомайская нива»							
	СХПК «Новая жизнь»		1					
Тамбовский	МФП «Нива»	1					1	
	ООО «Сигма Плюс»				1			
	ГУППЗ «Орловский»							1
Токаревский	ООО «Зверьяевское»	1	1					
Уваровский	СХПК «Павлодарский»		1					
	СХПК «Федоровское»		1					
	КФХ Мешкова Н.И.		1					
	ООО «Прогресс»		1	1				
	ООО «Прогресс- Энгуразово»		1	1				
	ООО «Восход»			1				
	ООО «Росич»			1				
	КФХ «Уварова»						1	
Уметский	КФХ «Рубин»		1					
	СПК «Сулакское»			1			1	
	ООО «Софьинский»			1				
	КФХ «Муравей»			1				
ИТОГО 75		13	34	9	8	5	4	3

Заместитель директора по науке
ФГБНУ «ВНИИТиН»

А.Ю. Корнев

**ПРЕЗИДИУМ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК**

22 января 4

постановлением от « » 200 г.

**НАГРАЖДАЕТ
ДИПЛОМОМ**

Старшего научного сотрудника Всероссийского НИПТИ по использованию
техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве
кандидата технических наук

**БАЛАШОВА
АЛЕКСАНДРА ВЛАДИМИРОВИЧА**

***ЗА ЛУЧШУЮ ЗАВЕРШЕННУЮ НАУЧНУЮ
РАЗРАБОТКУ ГОДА***

«Провести исследования и разработать методы и средства агрегатирования
сельскохозяйственных машин с тракторами, определить рациональные
режимы их использования»

ПРЕЗИДЕНТ



Г.РОМАНЕНКО

ГЛАВНЫЙ УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ

А.ОГАРКОВ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

БЮРО ОТДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЗАЦИИ,
ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

постановлением от " 11 " февраля 20 10 г.

НАГРАЖДАЕТ
ДИПЛОМОМ

№ 81

Старшего научного сотрудника лаборатории
использования машинно-тракторных агрегатов
Всероссийского НИПТИ
по использованию техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве
кандидата технических наук, доцента
БАЛАШОВА
АЛЕКСАНДРА ВЛАДИМИРОВИЧА
ЗА ЛУЧШУЮ ЗАВЕРШЕННУЮ
НАУЧНУЮ РАЗРАБОТКУ 2009 ГОДА

Модернизация свекловичных сеялок ССТ-12

ВИЦЕ-ПРЕЗИДЕНТ

АКАДЕМИК-СЕКРЕТАРЬ ОТДЕЛЕНИЯ

Ю. Ф. ЛАЧУГА

И. В. ГОРБАЧЕВ