

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева»

На правах рукописи



Жбанов Никита Сергеевич

**Обоснование параметров сепарирующего элеватора
картофелеуборочных машин**

Специальность: 05.20.01 – «Технологии и средства механизации сельского
хозяйства»

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор
технических наук, доцент
М.Ю. Костенко

Рязань - 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1 АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ СЕПАРИРУЮЩИХ ОРГАНОВ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН.....	9
1.1 Анализ технологических схем картофелеуборочных машин.....	9
1.2 Анализ существующих рабочих органов картофелеуборочных машин	25
1.3 Анализ материалов применяемых в картофелеуборочных машинах.....	30
1.4 Анализ выполненных исследований	31
1.5 Постановка целей и задач исследований	35
Выводы по 1 главе.....	36
Глава 2 «ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРУТКОВЫХ ЭЛЕВАТОРОВ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИНАХ».....	38
2.1 Конструктивно-технологическая схема сепарирующего элеватора с композитными прутками	38
2.2 Исследование кинематики компонентов клубненосного пласта при воздействии композитных прутков	39
2.3 Исследование силового взаимодействия компонентов клубненосного пласта с композитными прутками	46
Выводы по 2 главе.....	57
Глава 3. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ, И ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕПАРИРУЮЩИХ ЭЛЕВАТОРОВ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИНАХ	59
3.1 Программа экспериментальных исследований.....	59
3.2 Методика исследования прочности соединения композитных прутков с металлическими замками	62
3.3 Методика исследования на ударную вязкость композитных прутков	67

3.4 Методика исследования изгиба прутков из композитного материала при действии статических нагрузок	69
3.5 Методика исследований траекторий движения клубней картофеля при подбрасывании на полотне из композитных прутков	71
3.6 Методика полевых исследований.....	72
Выводы по 3 главе.....	75
Глава 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ЭЛЕВАТОРА С КОМПОЗИТНЫМИ ПРУТКАМИ	77
4.1 Результаты исследования прочности соединения композитных прутков с металлическими замками	77
4.2 Результаты исследования на ударную вязкость композитных прутков.....	80
4.3 Результаты испытаний на изгиб композитного прутка.....	82
4.4 Результаты исследований траекторий движения клубней картофеля при подбрасывании на полотне из композитных прутков	84
4.5 Результаты полевых испытаний машин, оснащенных сепарирующим элеватором с композитными прутками.....	88
Выводы по 4 главе.....	90
Глава 5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ СЕПАРИРУЮЩЕГО ЭЛЕВАТОРА С ПРУТКАМИ ИЗ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА	92
Выводы по 5 главе.....	107
Заключение	109
Список источников	111
Приложения.....	132

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Картофелеводство в настоящее время является одной из наиболее значимых отраслей сельского хозяйства. Возделывание картофеля связано со значительными энерго- и трудозатратами. На завершающий этап - уборку клубней приходится 60-70% всех трудозатрат на производство картофеля.

Наиболее перспективными сепарирующими органами картофелеуборочных машин являются прутковые элеваторы. В результате проведенного анализа работы прутковых элеваторов было установлено, что при повышенной влажности почвы эффективность отделения почвенных примесей является недостаточной. Для повышения сепарации почвы необходимо внедрение усовершенствованных рабочих органов картофелеуборочных машин на основе использования композитных материалов с наиболее полной реализацией их функциональных возможностей.

Степень разработанности темы исследования. Теоретические основы картофелеуборочной техники были разработаны С.Н. Борычевым, Н.В. Бышовым, П.И. Гаджиевым, А.Ю. Измайловым, Р.Р. Камалетдиновым, Н.Н. Колчиным, М.Ю. Костенко, Л.Л. Максимовым, Г.Д. Петровым, А.Г. Пономаревым, К.А. Пшеченковым, Г.К. Рембаловичем, А.В. Сибиревым, А.А. Сорокиным, В.И. Старовойтовым, М.Б. Углановым, И.А. Успенским.

В настоящее время в конструкции сепарирующих элеваторов используются металлические прутки с резиновыми оболочками для снижения повреждений клубней, что способствует залипанию элементов рабочих органов первичной сепарации машин для уборки картофеля при работе на суглинистых почвах повышенной влажности. Таким образом, повышение эффективности картофелеуборочных машин возможно на основе совершенствования конструкции сепарирующего органа и применения композитных материалов в его конструкции.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР ФБГОУ ВО РГАТУ на 2016...2020 гг. по теме 3 «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве», подраздел 3.2.1 «Совершенствование технологий, разработка и повышение надежности технических средств уборки, транспортирования и хранения картофеля в условиях сельскохозяйственных предприятий Рязанской области» (№ гос.рег. АААА-А16-116060910025-5).

Цель исследования – совершенствование интенсивного воздействия на клубненосный пласт применением модернизированного сепарирующего элеватора на картофелеуборочных машинах.

Задачи исследования:

- провести анализ эффективности функционирования картофелеуборочных машин и выбрать направление совершенствования;
- теоретически исследовать взаимодействие пруткового элеватора с компонентами клубненосного пласта и обосновать параметры композитных прутков элеватора картофелеуборочной машины;
- экспериментально исследовать изгиб композитных прутков элеватора картофелеуборочной машины;
- экспериментально исследовать влияние прутков из композитного материала на сепарирующую способность картофелеуборочной машины;
- оценить экономический эффект модернизированного элеватора на картофелеуборочной машине.

Объект исследования – прутковый элеватор картофелеуборочных машины из композитных материалов.

Предметом исследования – закономерности влияния упругих и прочностных свойств композитных прутков на работу сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин.

Научную новизну составляют:

– аналитические зависимости взаимодействия прутков из композитного материала с компонентами клубненого пласта;

– аналитические зависимости прогиба композитных прутков от веса компонентов клубненого пласта сепарирующих элеваторов картофелеуборочных машин.

Теоретическая значимость заключается в теоретическом и экспериментальном обосновании параметров композитных прутковых элеваторов картофелеуборочных машин.

Практическую значимость работы составляет конструкция рабочего органа картофелеуборочной машины с использованием композитных материалов, величины параметров прутков сепарирующего элеватора картофелеуборочной машины из композитного материала.

Методы исследования. Теоретические исследования выполнялись с использованием положений теоретической механики, сопротивления материалов и математики. Анализ полученных результатов проводился с использованием прикладных программ Mathcad 15, Microsoft Excel. Для проведения экспериментальных исследований использовались стандартные, и разработанные на их основе частные методики. При экспериментальных исследованиях использовалась поверенное и сертифицированное оборудование. Обработку результатов производили с помощью прикладных программ Statistica 10. Лабораторно-полевые исследования проводили согласно ГОСТ 28713-2018, ГОСТ Р 52777-2007, ГОСТ Р 52778-2007, ГОСТ Р 53056-2008.

Положения, выносимые на защиту:

– теоретические зависимости интенсивности взаимодействия прутков из композитного материала с компонентами клубненого пласта;

– теоретически обоснованные параметры композитных прутков сепарирующих элеваторов картофелеуборочных машин;

– экспериментальные зависимости свойств композитных прутков и показатели функционирования модернизированного сепарирующего элеватора на картофелеуборочной машине в полевых условиях;

– оценка экономического эффекта применения сепарирующего элеватора с композитными прутками картофелеуборочной машины.

Реализация результатов исследования. Изготовленные опытные образцы сепарирующих элеваторов с композитными прутками, установленные на картофелекопатель КТН-2В прошли хозяйственные испытания в ООО «Авангард», Рязанский район Рязанской области в 2020 г.

Степень достоверности результатов исследований. Экспериментальные исследования проводились в соответствии с современными методиками на сертифицированных приборах и установках. Выводы, полученные в результате исследований показали сходимость теоретических и экспериментальных результатов 95,3%. Результаты исследований, опубликованные в независимых источниках согласуются с данными полученными другими учеными, и прошли апробацию в печати, на всероссийских и международных научно-практических конференциях.

Вклад автора состоит в формулировании цели и задач исследований, разработке методик и проведении теоретических и экспериментальных исследований, обосновании параметров усовершенствованного элеватора с прутками из композитного материала картофелекопателя КТН-2В.

Апробация результатов. Результаты диссертационного исследования обсуждены на международных и национальных научно-практических конференциях Рязанского ГАТУ имени П.А. Костычева (2017г, 2018г), и на международных научно-практических конференциях Рязанского ГАТУ имени П.А. Костычева (2018г, 2019г, 2020г). Дипломант финала Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (2019г), обладатель гранта конкурса «УМНИК» (2019г).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в печати в 11 научных работах, из них 6 статьи в источниках, включенных в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть

опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» ВАК РФ и 1 публикации в журнале, индексируемом в базе Web of Science. Объем публикаций составляет 4,31 усл. п. л., в т. ч. авторская доля – 1,73 усл. п. л.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения (общих выводов), списка литературы из 136 наименований, изложена на 140 страницах с приложениями, включает 57 рисунков и 8 таблиц.

Глава 1 АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ СЕПАРИРУЮЩИХ ОРГАНОВ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН

1.1 Анализ технологических схем картофелеуборочных машин

Картофель является одним из популярных продуктов питания, он стал неотъемлемой частью рациона человека, используется в перерабатывающей промышленности, а также при кормлении сельскохозяйственных животных.

Картофель возделывается в большинстве районов страны. В Рязанской области по данным на 2019-2020 г.г. площадь занятая картофелем составила 19,1 тыс. га., при этом его валовый сбор составил 334,2 тыс. тонн. Данный показатель вывел Рязанскую область на 8 место рейтинга регионов доноров по картофелю. В настоящее время картофелеводство является одним из маргинальных видов деятельности в агропромышленном комплексе.

Самой затратной операцией в производстве картофеля является уборка. В настоящий момент уборка картофеля в большей степени механизирована. На крупных агропредприятиях, в основном, эксплуатируется современная высокопроизводительная техника – картофелеуборочные комбайны. Фермерские, индивидуальные хозяйства на мелкоконтурных полях используют для уборки малогабаритную картофелеуборочную технику – картофелекопатели. Использование такой техники обусловлено высокой стоимостью современных комбайнов, приобретение которых зачастую является нерентабельным [1,5,8,13,90].

Проведенный анализ показателей убранного картофеля за 2015-2020 (рисунок 1.1) показал, что малые фермерские хозяйства уступают по валовому сбору крупным сельскохозяйственным организациям, однако данный показатель имеет большую стабильность.

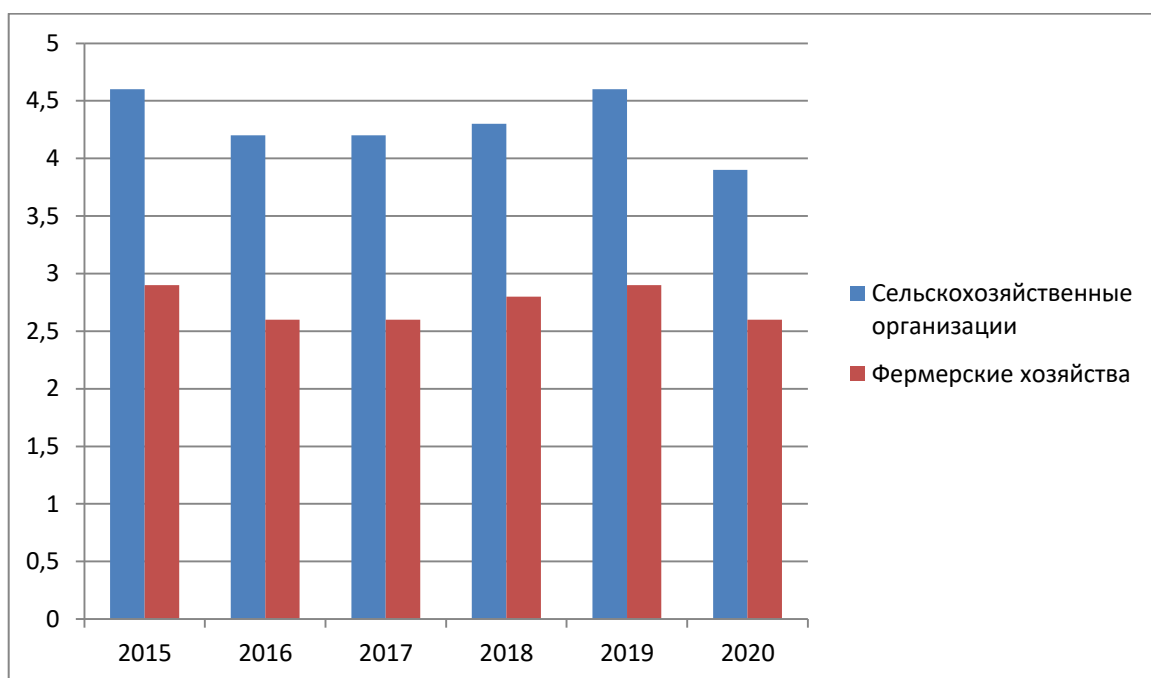


Рисунок 1.1 – Валовые сборы картофеля в различных типах хозяйств России в 2015-2020 г.г.

На основании проведенного анализа следует, что при разработке новых картофелеуборочных машин следует уделять особое внимание не только высокопроизводительной технике для крупных хозяйств, но и эффективным машинам для фермерских хозяйств. Эффективность картофелеуборочной техники (копателей, комбайнов) для фермерских хозяйств обладающей высокой надежностью и сепарирующей способностью, при минимальных повреждениях клубней, имеющей низкую стоимость является одной из основных задач. Не менее важным является обеспечение низких эксплуатационных затрат и реализация прогрессивной технологии уборки.

В РФ наиболее распространены иностранные картофелеуборочные комбайны фирмы «Grimme» DR-1500, GT 170, GT 300, VARITRON 270 PLATINUM TERRA TRAC, SV260, EVO 290, комбайны фирмы «Dewulf» Kwatro, Enduro, комбайны AVR-220B, AVR Spirit 8200, AVR Puma 3, «ROPA» Keiler 2, Ploeger AR-4B, Лидчанин-1, Bolko z-643, «IMC» Special, КСК-1 «Кабан», а так же картофелекопатели «Grimme» WH 200, GZ-1700 DL, «Krukowiak» PYRUS Z, Бульба-1.

Наиболее распространенным комбайном с бункером является «Grimme» DR–1500 (рисунок 1.2)

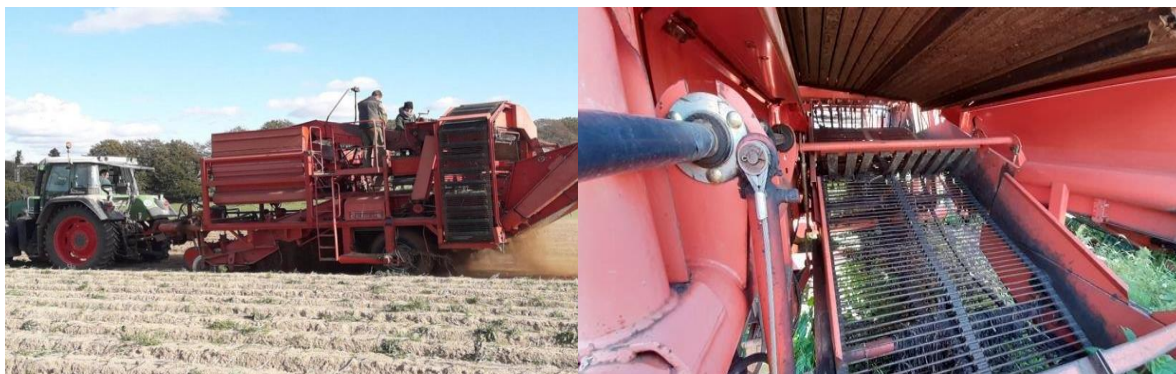


Рисунок 1.2 – Общий вид картофелеуборочного комбайна «Grimme» DR–1500

Наибольшее отделение почвы происходит на сепарирующих рабочих органах. Особый интерес конструкции комбайна представляет основной элеватор с ворошителем. Прутки элеватора выполнены из металла и имеют упругое гидрофобное покрытие. Такая конструкция прутков элеватора позволяет уменьшить их толщину и обеспечить хорошую сепарацию с минимальными повреждениями клубней картофеля. В зависимости от условий уборки и размерно-весовых характеристик клубней существуют полотна элеватора с различной величиной просвета от 40 мм до 15 мм. Следует отметить значительную площадь сепарации прутковых элеваторов комбайнов, а также наличие подпружиненных поддерживающих роликов элеватора [132].

Картофелекопатель-погрузчик GT 170 (рисунок 1.3) имеет несколько исполнений сепарирующего элеватора с интенсификаторами. На основной прутковый элеватор может устанавливаться интенсификатор в виде двуплечего рычага с механизмом регулировки, а также вращающийся четырехкулачковый валик для подбрасывания полотна. Копатель имеет инновационный привод пруткового элеватора, который уменьшает износ ремней. Для исключения трения

клубней о боковины элеватора размещены активные резиновые пальцы. Пальцы обеспечивают дополнительную сепарацию за счет переориентации компонентов в поперечном направлении [29,132].



Рисунок 1.3 – Общий вид копателя-погрузчика «Grimme» GT 170

Копатели-погрузчики имеют ряд недостатков, главным из которых принято считать необходимость доработки картофеля до необходимого состояния. Кроме того для работы с уборочным агрегатом необходимы специальные транспортные средства для перевозки клубнеплодов, данный аспект не лучшим образом сказывается на экономической эффективности копателей-погрузчиков.

Несмотря на существенные недостатки у копателей-погрузчиков марки «Grimme» GT 170 имеются и положительные качества, к таковым принято относить наличие средств автоматизации и технологических процессов. Главной же особенностью эксплуатации копателей-погрузчиков является необходимость четкой организации и технологической дисциплины, свойственной далеко не всем участникам уборочного процесса [132,133].

В модельном ряду фирмы «GRIMME» имеется двухрядный самоходный картофелеуборочный комбайн «VARITRON 270 PLATINUM TERRA TRAC» (рисунок 1.4). Комбайн имеет двигатель мощностью 260 КВт и гусеничную ходовую часть, что позволяет осуществлять уборку урожая в сложных почвенно-

климатических условиях. Комбайн оснащен автопилотом для упрощения работы механизатора.

На верхнем ярусе расположен инспекционный стол шириной 1,10 м. Транспортер инспекционного стола (рисунок 1.5) оснащен стеклопластиковыми прутками, которые имеют меньшую массу на 60% в сравнении с традиционными металлическими прутками. Для повышения эффективности удаления примесей применяется вальцовый очиститель с девятью парами полимерных вальцов [132,135].



Рисунок 1.4 – Общий вид самоходного картофелеуборочного комбайна «Grimme» VARITRON 270 PLATINUM TERRA TRAC



Рисунок 1.5 – Общий вид инспекционного стола самоходного картофелеуборочного комбайна «Grimme» VARITRON 270 PLATINUM TERRA TRAC

Прицепной комбайн SV260 (рисунок 1.6) имеет удлиненную раму, что позволяет увеличить площадь сепарирующей поверхности и осуществлять качественную сепарацию в различных почвенно-климатических условиях.

Сепарирующий элеватор оснащен приводными ремнями с увеличенным профилем, исключая повреждения клубней. Для встряхивания полотна применяется двулучий рычаг с роликами и регулируемой амплитудой.

Для эффективного отделения примесей на комковатых, липких почвах применяется сепарирующее устройство MultiSep, состоящее из 5 спаренных валцов. Спиральный сегментный валец изготовлен из полиуретана, гладкие валцы выполнены прорезиненными, что позволяет конструировать комбинации для движения и переориентации компонентов клубненосного пласта. Для исключения обдира кожуры молодого картофеля устанавливаются гладкие стальные валцы. Объем бункера может варьироваться и составляет 5,5т, 6т и 7,5т [132].



Рисунок 1.6 – Общий вид картофелеуборочного комбайна «Grimme» SV260

Двухрядный прицепной комбайн с бункером EVO 290 (рисунок 1.7) оборудован трехколесной ходовой частью, оснащенной системой активного привода. Комбайн EVO 290 оснащен сепарирующим прутковым элеватором с механизмом встряхивания полотна в виде двулучевого рычага с роликами. Сепарирующие элеваторы имеют возможность изменения скорости без остановки рабочего процесса. На комбайне EVO 290 имеется возможность

централизованной регулировки всех сепарирующих устройств [126]. Электронное устройство обеспечивает запоминание 16-ти режимов настройки рабочих органов в зависимости от сложившихся почвенно-климатических условий. Также на комбайне установлена автоматическая система Speedtronic регулирующая скорость сепарирующих устройств и инспекционного стола в зависимости от загрузки рабочих органов[25,122,123].



Рисунок 1.7 – Общий вид картофелеуборочного комбайна «Grimme» EVO

290

Самоходный четырехрядный картофелеуборочный комбайн Dewulf (рисунок 1.8) «Kwatro» оборудован двигателем мощностью 368 кВт. Приемная часть комбайна включает ботводробитель и подкапывающие рабочие органы. Два прутковых сепарирующих элеватора с четырехкулачковыми встряхивателями обеспечивают высокую сепарирующую способность в широком диапазоне почвенно-климатических условий. Для различных условий предусмотрены сепарирующие полотна с шагом от 36 до 50мм. Для удаления мелких комков почвы и ботвы применяется пальчиковая горка с транспортером для удаления отходов и изготовленным из ПВХ. Для контроля выполнения технологического процесса применяются от 8 до 12 камер позволяющих отслеживать работу сепарирующих органов на цветных дисплеях расположенных в кабине комбайна [132].



Рисунок 1.8 – Общий вид картофелеуборочного комбайна «Dewulf» Kwarto

Самоходный четырехрядный картофелеуборочный комбайн Dewulf «Enduro» (рисунок 1.9) имеет высокую производительность. Три сепарирующих прутковых элеватора оборудованы встряхивателями полотна, причем, на первом элеваторе располагается один встряхиватель в виде двулучевого рычага с роликами, а на последующих по два эксцентриковых встряхивателя. Кроме того имеется вальцовый очиститель с плавно регулируемым углом наклона от 0 до 12°. Картофелеуборочный комбайн «Enduro» обладает наилучшей просеивающей способностью и наибольшим объемом бункера (10 тонн) по сравнению с другими картофелеуборочными комбайнами марки Dewulf [25,124,132].



Рисунок 1.9 – Общий вид картофелеуборочного комбайна «Dewulf» Enduro

Картофелеуборочный комбайн AVR 220В (рисунок 1.10) имеет основной элеватор и дополнительный сепарирующий элеваторы, для перемещения вороха на второй ярус используется транспортер, аналогично с ранее рассмотренными

комбайнами в AVR 220В имеется продольная горка, переборочный стол и ботвоудалитель. Прутки сепарирующего элеватора имеют резиновую оболочку [127].



Рисунок 1.10 – Общий вид картофелеуборочного комбайна AVR–220В.

Модернизированная подкапывающая секция комбайна AVR–220В даже в сложных погодных условиях производит уборку картофеля, при этом позволяет избежать повреждения и потерь. Благодаря значительной поверхности сепарирующих элеваторов и наличию встряхивающей системы достигается наиболее качественная очистка картофеля [57,63,92,112,136].

Стоит отметить, что элеваторы расположены с малыми углами наклона и перепады высот принимают минимальные значения. Привод сепарирующих элеваторов комбайна осуществляется при помощи звездочек, обрешиненная поверхность зубьев которых препятствует износу прутков и повышает долговечность.

Пластиковые щитки, которыми оснащен комбайн, служат для предотвращения контакта картофеля с частями рамы комбайна. Пластиковыми щетками оснащают боковины, ограничивающие прутковое полотно элеватора, что позволяет значительно снизить риск повреждения клубней картофеля, а так же снижает вероятность заклинивания элеватора. У данного комбайна имеется объемный бункер, дно которого подвижно и обрешинено, что позволяет

бесперебойно вести уборку картофеля комбайном в автономном режиме. Стоит отметить, данная возможность исключает возможность возникновения простоев в ожидании транспорта.

В настоящее время бункеры, используемые на современных комбайнах, имеют вместимость от 4 до 10 тонн, что позволяет наилучшим образом подобрать комбайн исходя из заданных условий в конкретном хозяйстве [111,112].

Картофелеуборочный комбайн AVR Spirit 8200 (рисунок 1.11) предпочтительнее использовать при уборке раннего картофеля. Комбайн оборудован новой системой просеивающих транспортеров, которые оборудованы встряхивателями с регулируемой частотой, что позволяет выбрать необходимый кинематический режим и положительно отражается на качестве очистки картофеля. Комбайн Spirit 8200 оснащен собственной гидросистемой привода, обладает большой сепарационной поверхностью, имеет вместительный 8 тонный бункер с регулируемой скоростью и высотой падения клубней картофеля [57,63].



Рисунок 1.11– Общий вид картофелеуборочного комбайна «AVR » Spirit 8200

Картофелеуборочный комбайн AVR Рима 3 (рисунок 1.12) обладает вместительным бункером (8тонн) с возможностью выгрузки в процессе уборки. Комбайн Рима 3 оснащен 6-цилиндровым двигателем с мощностью 345 кВт и способен выдавать максимальную производительность даже на почвах с повышенной влажностью. Прутковые сепарирующие элеваторы имеют встряхиватели с плавным регулированием частоты, для дополнительной очистки

используется вальцовый очиститель с плавно регулируемым углом наклона. Контроль технологического процесса осуществляется с помощью 5 камер, мониторы которых расположены в кабине[116,120,123].



Рисунок 1.12 – Общий вид картофелеуборочного комбайна «AVR» Puma 3

Картофелеуборочный комбайн Keiler 2 компании ROPA (рисунок 1.13) имеет гидравлический привод всех колес. Системы очистки картофелеуборочного комбайна сохраняют оптимальную скорость, независимо от числа оборотов. Стоит отметить возможность регулировки частоты встряхивания прутковых сепарирующих элеваторов. Имеется бункер объемом 7.5 тонн.



Рисунок 1.13 – Общий вид картофелеуборочного комбайна « ROPA » Keiler

2

Картофелеуборочный, самоходный, 4-рядный комбайн Ploeger AR-4B (рисунок 1.14) с бункером-накопителем обладает высокой производительностью. Комбайн Ploeger AR-4B подразумевает высокую адаптивность к различным условиям работы и быстроту настройки оборудования непосредственно во время

уборочного процесса. Конструкция комбайна, обеспечивает легкий доступ при техническом обслуживании и является одним из главных достоинств комбайна. Имеется система автоматической разгрузки бункера, что позволяет механизатору сконцентрироваться на загрузке транспортного средства. Для привода транспортера применяются пластмассовые звездочки, которые легко меняются.



Рисунок 1.14 – Общий вид картофелеуборочного комбайна «Ploeger» AR-4B

Картофелеуборочный комбайн Лидчанин-1 (рисунок 1.15) используется для уборки картофеля и предназначен для эксплуатации на лёгких и средних почвах. На тяжелых почвах влажностью до 27% применяются прутковые сепарирующие элеваторы с металлическими прутками без применения резиновых оболочек. Комбайн имеет сравнительно небольшой бункер 2 тонны. Может агрегатироваться с тракторами класса 1,4 Кн [123].



Рисунок 1.15 – Общий вид картофелеуборочного комбайна Лидчанин-1

Для мелкоконтурных полей и малых хозяйств применяется картофелеуборочный комбайн Volko z-643 (рисунок 1.16). Сепарация почвы осуществляется прутковым элеватором с обрезиненными прутками, для интенсификации сепарации применяется ворошитель и эллиптический встряхиватель с регулируемой амплитудой воздействия. Прутки сепарирующего элеватора имеют резиновую оболочку. Более мощным и производительным уборочным агрегатом является Volko z-609.



Рисунок 1.16 – Общий вид картофелеуборочного комбайна Volko z-643

Уборка картофеля с затариванием на комбайне получила широкое применение в европейских странах, погодные условия в которых делают рациональным применение данной технологии [17].

Одной из первых уборочных машин оборудованных платформами для контейнеров был комбайн Special (рисунок 1.17). Данный комбайн являлся однорядным и создан был на базе комбайнов ИМС. Поставка готовой продукции без передержек непосредственно с поля является одним из главных достоинств и особенностей данного комбайна. В задней части комбайна имеется стол для затаривания картофеля, который обслуживается двумя рабочими, что обеспечивает надежность технологического процесса. Перемещение пустых контейнеров осуществляется вручную, что безусловно является трудоемким процессом. Однако

платформа готовой продукции имеет гидравлический привод и имеет возможность вертикального перемещения [57,63].

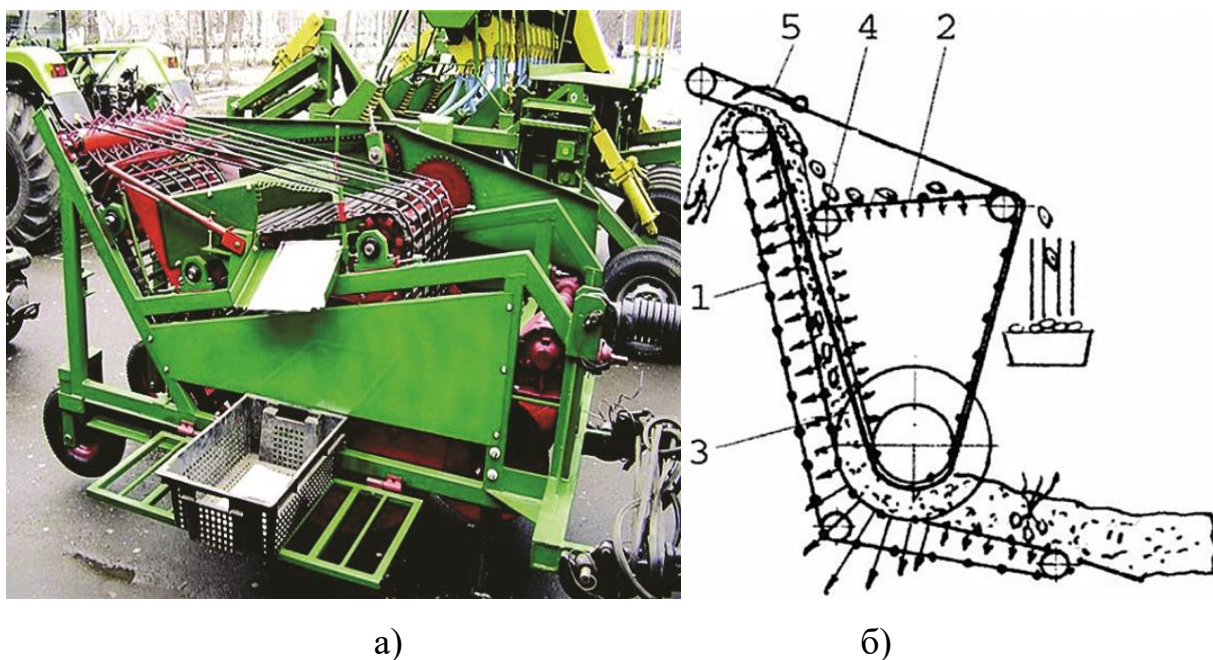


Рисунок 1.17 – Общий вид комбайна «ИМС» Special

Данный механизм позволяет опускать контейнер на поле, которые позже при помощи кранов-манипуляторов, которые в дальнейшем устанавливают их на транспортное средство. Использование данных комбайнов может быть эффективным только при благоприятных погодных условиях и на небольших площадях уборки.

Для малых хозяйств разработана картофелеуборочная машина – КСК-1 «Кабан» (рисунок 1.18). На нем применяется сепаратор выжимного типа состоящий из двух сходящихся прутковых элеваторов создающих сходящийся зазор, в который затягивается клубненосный пласт. В результате возрастающего давления происходит разрушение комков и отсеивание мелкой почвы, для исключения повреждений клубней прутковые элеваторы должны иметь эластичные прутки. Регулировку зазора между соседними элеваторами осуществляют изменением положения направляющего вала в зависимости от размеров и урожайности клубней. Недостатком такой схемы является необходимость поддержания оптимальной нагрузки зоны сепарации, так как при

недогрузке или перегрузке возможны значительные повреждения клубней картофеля [74,75].



а) общий вид; б) технологическая схема:

1 – основной элеватор, 2 – прижимной элеватор; 3 – барабан; 4 – ролик; – отражатель

Рисунок 1.18 – Прицепной мини-комбайн КСК-1 «Кабан»:

Двухрядный навесной картофелекопатель WH 200 (рисунок 1.19) агрегируется с тракторами тягового класса 1,4-2. Картофелекопатель оборудован надежными выкапывающими устройствами, имеет два просеивающих элеватора. Отличительной особенностью WH 200 S является боковая укладка. Для улучшения сепарации применяются двуплечий рычаг с роликами и эллиптический встряхиватель полотна. Интенсивность просеивания почвы определяется амплитудой колебания двуплечего рычагах.

Двухрядный картофелекопатель Krukowiak PYRUS Z – 653 (рисунок 1.20) оснащен транспортером, осуществляющим одновременное выкапывание двух рядов картофеля с последующей сепарацией почвы.

Картофелекопатель предназначен для работы на почвах, влагосодержание которых не превышает 18%. Максимальная производительность составляет 0,5

га/ч. Благодаря применению обрезиненного пруткового элеватора снижаются механические повреждения клубней. Картофелеуборочный копатель агрегируется с тракторами тягового класса 0,9 и 1,4.



Рисунок 1.19 – Картофелекопатель «Grimme» WH 200



а

б

а- двухрядный, б- однорядный

Рисунок 1.20 – Картофелекопатель «Krukowiak» PYRUS Z

Из полученных данных было установлено, что развитие картофелеуборочных машин осуществляется на основе совершенствования конструкций сепарирующих элеваторов за счет уменьшения диаметров прутков, повышение их эластичности, а также применение интенсификаторов для подбрасывания полотна элеватора. Разработка новых и модификация существующих рабочих органов является актуальным вопросом в настоящее время, и требуют применения новых материалов, которые существенным образом изменяют свойства прутков, компоновку и принципы работы сепарирующих органов картофелеуборочных машин.

1.2 Анализ существующих рабочих органов картофелеуборочных машин

Проведенный анализ сепарирующих органов картофелеуборочной техники, показал, что большая часть почвы отсеивается органами первичной сепарации, а качественная очистка картофеля от примесей происходит на органах вторичной сепарации. При благоприятных условиях первичные сепараторы способны очищать до 80-92% почвы, что безусловно является высоким показателем, пропускная способность так же имеет высокий показатель, на каждый рядок приходится не менее 70 кг/с [128,133,134]. Высокая технологичность сепарации при малой повреждаемости картофеля так же является эффективным показателем функционирования первичных сепараторов.

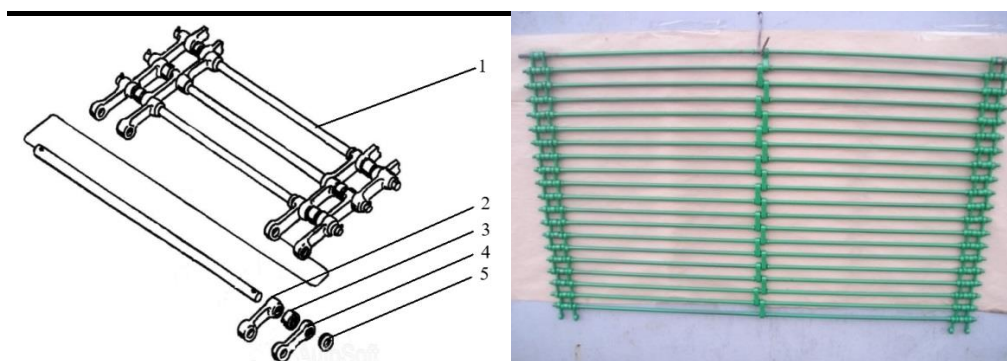
В настоящее время широко используются прутковые элеваторы с резиновыми ремнями. Для улучшения сепарации используются активаторы разнообразных конструкций, имеющие самостоятельный привод, скорость работы которых независима от движения полотна [129,136].

По данным Петрова Г.Д., Сорокина А.А., и др. прутковые элеваторы при оптимальной влажности выделяют до 89% почв, таким образом, без каких-либо дополнительных органов чистота картофеля становится приблизительно равной 81,5% [84]. Однако при низкой влажности почвы – до 8% возникает большое

число крупных почвенных комков, что снижает сепарирующую способность рабочего органа, похожая тенденция складывается и при влажности свыше 23%, когда происходит налипание почвы на прутках полотна с дальнейшим затруднением сепарации клубненосного пласта через прутки элеваторы.

Г.Д. Петров рассмотрев процесс сепарации установил, что с увеличением скорости полотна происходит уменьшение повреждения картофеля. Кроме того было доказано, самые незначительные повреждения картофеля среди первичных сепараторов наносят прутковые элеваторы. Это обоснованно гибкостью конструкции, ее способностью прогибаться при возникновении усилий, что в свою очередь предотвращает повреждения картофеля. В настоящий момент повреждения клубней на копателях ниже, чем аналогичные показатели на комбайнах, Повреждения клубней на комбайнах составляют 1,6...5,0%, а на копателях – 0,8...3,0%. Кроме того прутковые элеваторы не склонны к сгуживанию вороха, позволяют поддерживать уборочную скорость – 1,2...2,0 м/с [90].

Рассмотрим разновидности прутковых элеваторов. Прутки элеватора могут быть закреплены цепями, крючками, резиновыми ремнями. Полотна с цепными тяговыми элементами являются наиболее простыми по своей конструкции (рисунок 1.21).



1 – пруток; 2 – пластина; 3 – втулка; 4 – пластина; 5 – шайба

Рисунок 1.21 – Конструкция пруткового полотна с цепными тяговыми элементами картофелекопателя КТН–2В

Для повышения надежности сепарирующих элеваторов картофелеуборочных машин вместо металлических цепных тяговых элементов используют резиновые ремни (рисунок 1.22).



Рисунок 1.22 – Общий вид пруткового полотна с резиновыми ремнями



Рисунок 1.23 – Полотно сепарирующего элеватора с обрезиненными прутками

Для того, чтобы защитить продукцию от повреждений, возможно покрытие прутков слоем мягкой резины. Прутки покрыты полностью, включая сплюснутые концы. Это позволяет обеспечить оптимальную защиту. Следует отметить, что применение резино-технических изделий в конструкции рабочих органов картофелеуборочной машины приводят к налипанию почвы на резину при повышенной влажности. Для снижения залипания поверхностей применяют гидрофобные покрытия. Одним из вариантов такого покрытия является силикон[30,32,39].



Рисунок 1.24 – Полотно сепарирующего элеватора с прутками покрытыми гидрофобным покрытием(силиконом)

Так же для защиты от повреждений клубней картофеля, применяется мягкое покрытие Stern-PVC прутков. Оно представляет собой мягкую трубку ПВХ, звездчатым профилем внутри. Достоинством мягких трубок ПВХ является высокая износостойкость и упругость. Благодаря широкому использованию ПВХ материалов в различных сферах производственной деятельности, они имеют низкую стоимость[4].

В качестве покрытий прутков возможно использование твердых полиэтиленовых трубок, устанавливаемых с радиальным зазором. Из-за большой поверхности контакта полиэтиленовые трубки могут использоваться в качестве защиты от повреждений. Также благодаря вращению полиэтиленовых трубок вокруг прутков увеличивается сепарация и происходит их самоочищение от налипшей почвы[45,48,58,59,60,64].



Рисунок 1.25 – Полотно сепарирующего элеватора с прутками покрытыми мягкими ПВХ трубками

Таким образом, основным материалом, используемым в конструкции сепарирующих элеваторов картофелеуборочных машинах, является сталь 65Г. Проведенный анализ показал что, совершенствование рабочих органов картофелеуборочных машин должно осуществляться на основе применения новых материалов имеющих высокую упругость и прочность, малую массу, гидрофобную поверхность[43,44].

Наиболее точно таким параметрам отвечают композитные материалы. Композитные материалы представляют собой сочетание матрицы связывающей разнородные материалы и наполнителей обеспечивающие заданные свойства для восприятия нагрузок. В качестве наполнителей могут использоваться стекловолокно, карбоновые волокна и другие материалы. Применение композитных материалов позволит не только повысить надежность рабочих органов, но и обосновать новые режимы работы картофелеуборочных машин [28,41].

1.3 Анализ материалов применяемых в картофелеуборочных машинах

В сельскохозяйственном машиностроении для изготовления основных элементов конструкций используются разнообразные материалы: металлы, как черные, так и цветные, а также их сплавы. Широкое распространение получили композитные и резинотехнические материалы, также стоит отметить повсеместное использование лакокрасочных материалов и пластмасс[43].

Наибольшее распространение в качестве конструкционных материалов сельскохозяйственных машин получили стали и чугуны. К сталям принято относить многокомпонентные сплавы, в которых содержание углерода не превышает 2,14%, в чугуне же содержание углерода превышает это значение.

Так же для изготовления различных деталей сельскохозяйственных машин используют хромомарганцевые стали. Для сопла разбрызгивания ядохимикатов и жидких минеральных удобрений, а также элементов почвообрабатывающих орудий в сельскохозяйственном машиностроении применяют корундовую керамику регламентируемую ГОСТ 6912—87. Для деталей машин требующих повышенную прочность используют марки БСт.6, МСт.6, ВМСт.6 Стали марок 40ХГ и 40ХГ применяют при изготовлении валов, осей и шестерен.

Многокомпонентность и заданность необходимых свойств в определенных направлениях композитных материалов, позволяют получать новые функциональные возможности рабочих органов картофелеуборочных машин. Композитные материалы являются инновационными материалами, неоспоримым достоинством которой считается высокий предел прочности на растяжение, который превышает в два раза показатели стали [28]. Аналогичное превосходство композитных материалов имеет по прочности на изгиб. Высокая прочность наряду с коррозионной стойкостью, позволяет композитным материалам быть достойной альтернативой металлам.

Износоустойчивость конструкций с использованием композитных материалов, как и стали, также находится на высоком уровне. Кроме того стоит

отметить, что небольшая масса, отсутствие коррозии и низкая цена композитных материалов способствует активному применению их в сельскохозяйственном машиностроении. Весомым преимуществом композитных материалов перед металлами является их эластичность, что дает дополнительные возможности рабочим органам картофелеуборочных машин [40].

Исходя, из вышеизложенных преимуществ композитных материалов перед металлическими аналогами можно сделать вывод, что применение данного материала является конкурентоспособным в области сельскохозяйственного машиностроения.

1.4 Анализ выполненных исследований

За счет применения картофелеуборочных комбайнов наблюдается снижения трудозатрат на производство картофеля. Кроме того, использование картофелеуборочной техники позволяет сократить сроки уборки и уменьшить потери урожая. Тем не менее, в процессе уборки картофеля имеются недостатки, одной из наиважнейших является высокая повреждаемость клубней и значительный показатель энергопотребления при уборке картофеля.

Анализ выполненных исследований показал, что картофелеуборочные машины только при определенной влажности почв обеспечивают качественную сепарацию. Повышением интенсивности сепарации почвы в различных условиях станет огромным шагом к повышению эффективности функционирования картофелеуборочной техники.

Эффективность функционирования картофелеуборочных машин определяет отношение сепарирующей способности рабочего органа к его энергозатратам. Исследованиями ученых С.Н. Борычева [5], Н.В. Бышова [6,7,8,9,10,11,12,13,14,15], П.И. Гаджиева [18,19,20,21,22], А.Ю. Измайлова [47,48,49,71,72], Р.Р. Камалетдинова [51,52,53,54], Н.Н. Колчина [56,57,58,59], М.Ю. Костенко [61,62,63], Л.Л. Максимова [16,17,46,74,75], Г.Д. Петрова [90],

К.А. Пшеченкова [91,92,93,94,95,96], Г.К. Рембаловича [97,98,99,100,101,102], А.В. Сибирева [30,48,], В.И. Старовойтова [42,43,76,85,107,108,109,110], М.Б. Успенского [4,29,60,68,84,87,112,116,117,118] и других авторов установлены закономерности изменения сепарирующей способности при различных условиях эксплуатации картофелеуборочной техники и их влияния на энергозатраты.

Бышов Н.В. и Сорокин А.А. предложили достоверную зависимость, для расчета длины сепаратора от необходимой полноты сепарации, которая включает экспериментально полученные зависимости сепарации и выглядит следующим образом[14].

$$l = \frac{Q_{\max}^{1-b} \cdot [1 - (1 - \varepsilon)^{1-b}]}{ab(1-b)}, \quad (1.1)$$

где l — длина элеватора;

a, b — эмпирические коэффициенты;

Q_{\max} — начальная подача;

ε — полнота сепарации.

Некоторые авторы утверждают, что сепарацию по длине решета наиболее достоверно описывается степенной зависимостью, которая обладает большей точностью в сравнении экспоненциальной зависимостью.

Скорость истечения проходových частиц почвы определяется для прутковых элеваторов формулой:

$$V = \frac{a \cdot Q^b}{\rho}, \quad (1.2)$$

где V — скорость просева частиц;

a, b — эмпирические коэффициенты;

ρ — объемная масса почвы.

Сепарация почвы элеватором определяют по формуле [2,22, 49,48]

$$q = aQ_n^\varepsilon \left[1 - \frac{a(1-\varepsilon)Bl}{Q_n^{1-\varepsilon}} \right]^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}}, \quad (1.3)$$

где q — интенсивность сепарации;

l — длина элеватора;

B — ширина элеватора;

a, b — эмпирические коэффициенты;

Q_n^e — начальная подача.

Профессором И.А. Успенским для механизированной уборки картофеля была предложена модель технологического процесса комбайновой уборки картофеля, которая позволяет учесть внешние условия, отражающиеся на процессе производства картофеля.

Профессор Успенский И.А. в своих работах [117,118,119] рассматривает производственный процесс комбайна как систему, представляющую из себя комплекс взаимосвязанных рабочих органов. По результатам изучения и анализа данной системы, автором была предложена модель модернизации рабочих органов, предполагающая совершенствование производственного процесса комбайна и как следствие снижение энергозатрат.

С.Н. Борычевым в своей работе особое внимание уделено влиянию управляемых и неуправляемых факторов на процесс уборки картофеля, а также разработана модель выбора способа уборки учитывающая данные факторы. Предлагаемая модель процесса основана на ранжировании, влияющих на технологическую работоспособность машин, управляемых и неуправляемых факторов, что позволило профессору Борычеву С.Н. предложить варианты технических мероприятий направленных на оптимизацию уборочного процесса [5].

Проведенный анализ трудов ученых позволил уточнить среднюю сепарирующую способность основных рабочих органов картофелеуборочных машин, а также обобщить показатели потребляемой мощности по рабочим зонам. Значения, полученные в результате исследования, представлены на рисунке 1.25.

Анализ работы подкапывающих рабочих органов позволил установить, что часть затрат энергии идет на перемещение комбайна и поэтому изменение свойств

материалов рабочих органов не принесет существенного снижения энергозатрат. Проведенный расширенный анализ опытных данных по сепарирующим рабочим органам показал, что сепарация почвы на основном элеваторе составляет около 49%.

Сепарирующие рабочие органы картофелеуборочных машин являются основными потребителями энергии в картофелеуборочном комбайне. Даже на холостом ходу потребляемая мощность основного элеватора составляет - 2,62 кВт. В рабочем режиме при оптимальной загрузке основного элеватора потребляемая мощность может составлять от 3,96 до 5,84 кВт [67].

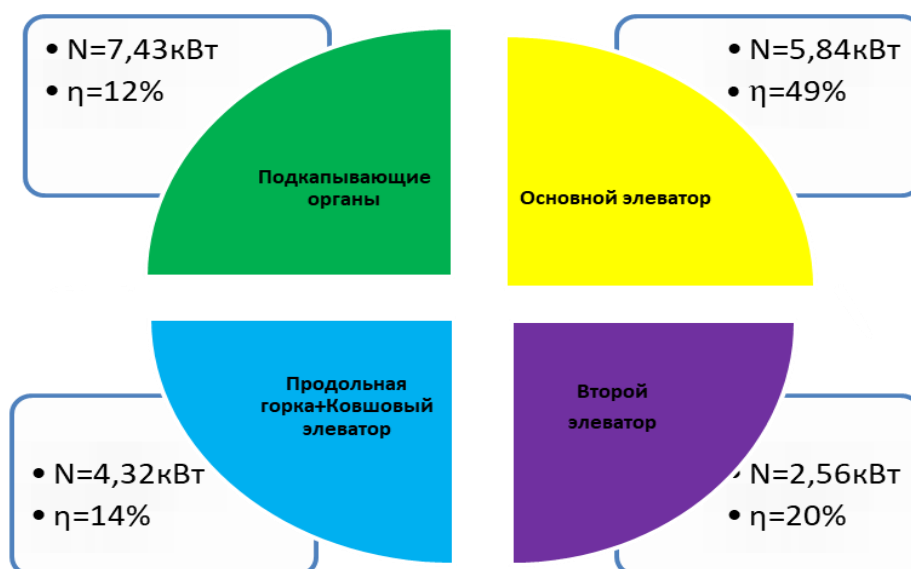


Рисунок 1.25 – Схема распределения мощностных показателей и сепарирующей способности по основным рабочим органам картофелеуборочного комбайна

Второй сепарирующий элеватор на холостом ходу потребляет – 0,89 кВт, для технологического режима работы мощность варьируется – от 1,85 до 2,56 кВт. Показатель сепарирующей способности второго элеватора картофелеуборочного комбайна составляет 20% [127,129,130,131]. Вышеизложенные показатели подтверждены трудами Н.В. Бышова, М.Ю. Костенко, И.А. Успенского.

Оценка мощностных показателей картофелеуборочного комбайна также была проведена на пальчатой горке, относящейся к органам вторичной сепарации. Для данного рабочего органа характерным является равномерность распределения показателей мощности на всех режимах работы, и составляет 1,95 кВт [67].

Представленные сведения являются показателем того, что усовершенствование основного элеватора для снижения затрат энергии холостого хода является актуальной задачей. Одним из наиболее перспективных направлений по совершенствованию процесса механизированной уборки картофеля является внедрение инновационного полотна основного элеватора с гибкими прутками из композитного материала.

Использование композитных прутков на основном элеваторе картофелеуборочной машины открывает дополнительные возможности рабочему органу, что способствуют качественному улучшению процесса сепарации почвы и снижению повреждений клубней.

1.5 Постановка целей и задач исследований

Целью работы является создание модернизированного элеватора картофелеуборочного копателя с использованием композитных материалов для повышения надежности и эффективности функционирования рабочих органов сельскохозяйственных машин.

Были поставлены следующие задачи исследования:

- провести анализ эффективности функционирования прутковых элеваторов картофелеуборочных машин и выбрать направление совершенствования;
- теоретически исследовать взаимодействие пруткового элеватора с компонентами клубненосного пласта и обосновать параметры композитных прутков элеватора картофелеуборочной машины;

- экспериментально исследовать свойства композитных материалов, и эффективность функционирования прутковых элеваторов из композитных материалов на картофелеуборочных машинах;
- оценить технико-экономический эффект применения прутковых элеваторов из композитных материалов на картофелеуборочных машинах.

Выводы по 1 главе

Анализ технологических схем уборочных машин показал преимущество картофелеуборочных комбайнов перед копателями-погрузчиками, которое выражается в снижении трудозатрат при высокой чистоте клубней. Модернизация комбайнов должна осуществляться посредством внедрения усовершенствованных рабочих органов картофелеуборочных машин, а также использование новейших материалов с наиболее полной реализацией их функциональных возможностей.

При благоприятных условиях первичные сепараторы способны очищать до 80-92% почвы при подаче вороха картофеля на каждый рядок не менее 70 кг/с. Высокая технологичность сепарации при малой повреждаемости картофеля так же являются положительными критериями функционирования первичных сепараторов. Это обосновано способностью полотна прогибаться при возникновении усилий, что в свою очередь предотвращает повреждения картофеля. Благодаря значительной поверхности сепарирующих элеваторов и наличию встряхивающей системы достигается наиболее качественная очистка картофеля.

Для снижения залипания поверхностей применяют гидрофобные покрытия, изготовленные из силикона и полиэтилена которые снижают адгезию почвы. Таким образом, совершенствование рабочих органов картофелеуборочных машин должно осуществляться на основе применения новых материалов имеющих высокую упругость и прочность, малую массу, гидрофобную поверхность. Пластиковые щитки, которыми оснащают комбайны, служат для предотвращения контакта картофеля с частями рамы комбайна.

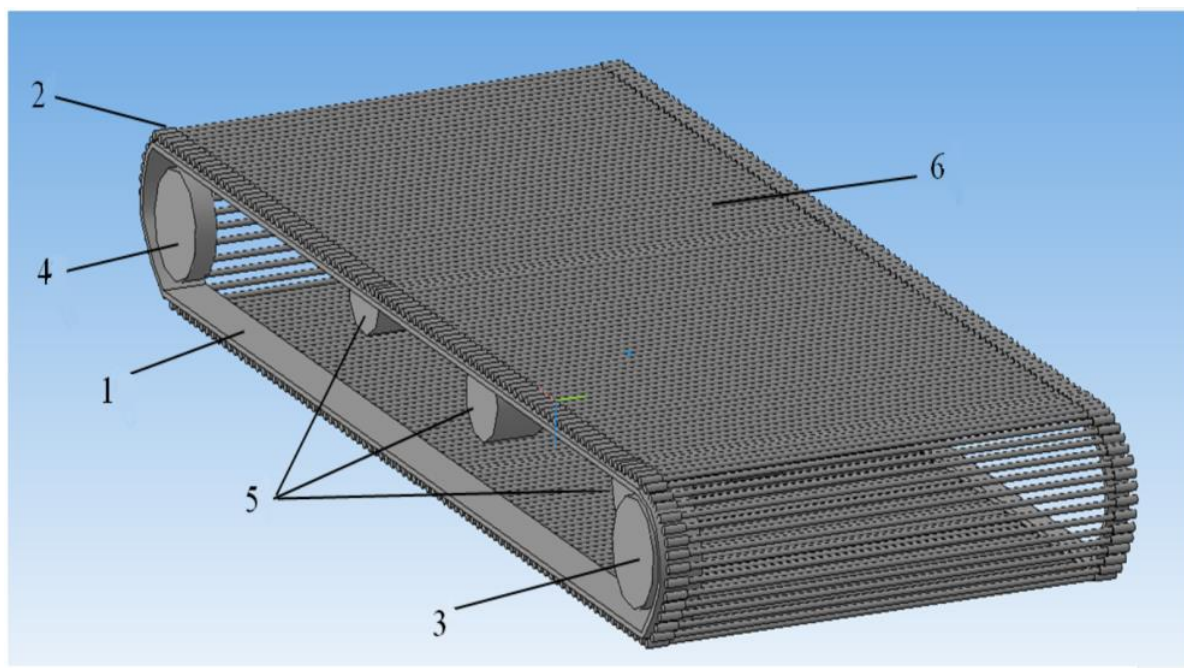
Наиболее точно таким параметрам отвечают композитные материалы, представляющие собой сочетание матрицы и наполнителей, отвечающих нужным требованиям. Одним из возможных направлений по модернизации рабочего органа является замена металлических прутков сепарирующего элеватора на аналогичные прутками из композиционного материала. Данная модернизация позволяет значительно снизить массу рабочего органа и всего комбайна в целом, вследствие чего снизить энергозатраты, улучшить сопротивление нагрузкам, приходящимся на полотно элеватора, что в свою очередь увеличит долговечность данного пруткового элеватора.

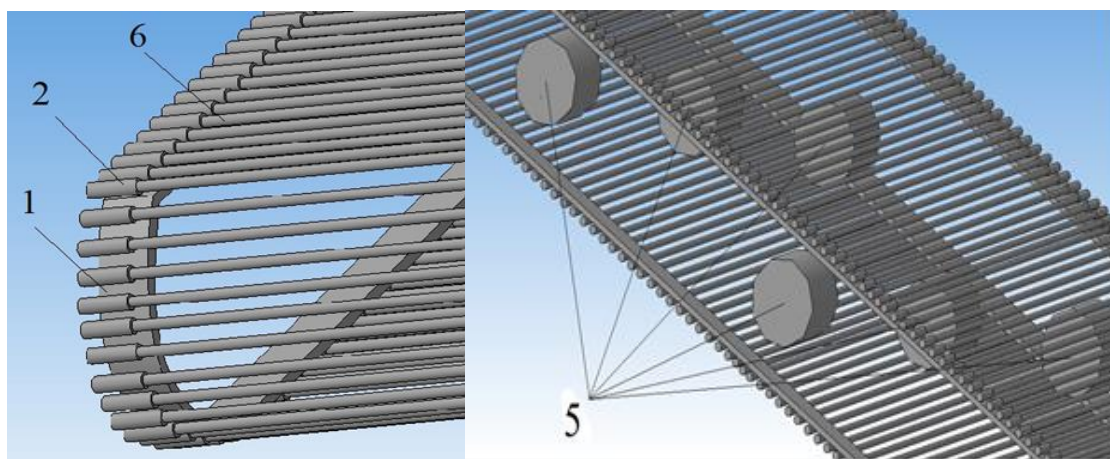
Глава 2 «ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРУТКОВЫХ ЭЛЕВАТОРОВ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИНАХ»

2.1 Конструктивно-технологическая схема сепарирующего элеватора с композитными прутками

Предлагаемая конструкция сепарирующего элеватора представлена рабочим органом картофелеуборочной машины, включающим в себя раму с установленным на нем прутковым полотном, с закрепленными под верхней ветвью ведущими, ведомыми роликами, а также роликами интенсификаторами, расположенными с несовпадением фаз их подъема и опускания [41,66,134,135].

Остановимся подробнее на конструкции сепарирующего элеватора, с прутками из композитного материала (рисунок 2.1.) Прутки, представленные в данной конструкции выполнены из композитного материала, а обремененные, вращающиеся ролики интенсификаторы при работе картофелекопателя способствуют образованию волнообразной, постоянно меняющейся поверхности.





1 – гибкие тяговые элементы, 2 – замки, 3 – передний вал, 4 – приводной вал, 5 – встряхиватели, 6 – композитные прутки

Рисунок 2.1. – Схема сепарирующего элеватора с прутками из композиционного материала

Рассмотрим принцип действия сепарирующего элеватора с прутками из композитного материала. Клубненосный ворох поступает на прутковое полотно с гибкими композитными прутками. По мере продвижения клубненосного вороха по прутковому элеватору происходит подъем гибких композитных прутков элеватора на поддерживающих роликах и встряхивателях за счет чего происходит изгиб прутков под действием силы тяжести клубненосного вороха, что повышает качество сепарации. При дальнейшем движении изменяется конфигурация поверхности пруткового полотна, что способствует образованию волнообразной постоянно меняющейся поверхности, способствующей перегибам и разрывам клубненосного пласта и возникновению ускорений, воздействующих на клубненосный ворох [41].

2.2 Исследование кинематики компонентов клубненосного пласта при воздействии композитных прутков

В связи с изменением упругих свойств прутков из композитного материала были проведены исследования их воздействия на клубненосный пласт. При движении пруткового полотна по поддерживающим роликам интенсификаторам происходит прогиб композитных прутков, что уменьшает интенсивность воздействия прутков на клубни картофеля, а также создает большую амплитуду подкидывания клубненосного вороха. Использование в конструкции рабочего органа композитных прутков позволило значительно уменьшить повреждения клубней, а также снизить ударные нагрузки связанные с падением клубненосного вороха [40,41].

При огибании полотна элеватора роликов интенсификаторов на компонент клубненосного пласта будут действовать сила тяжести и центробежная сила, так как полотно элеватора движется с постоянной скоростью, величина центробежного ускорения будет равна [3]

$$a_{цб} = \frac{V^2}{r} = r \frac{\pi^2 n^2}{900} \quad (2.1)$$

где

V - скорость полотна элеватора, м/с;

r - радиус роликов интенсификатора, м;

n - частота вращения ролика, об/м.

Полотно элеватора, двигаясь с картофельным ворохом по роликам интенсификаторам, имеет определенную гибкость ремней и прутков, что приводит к огибанию поверхностей роликов [125]. Точки прилегания полотна к ролику будут зависеть от скорости элеватора, диаметра ролика, массы клубненосного пласта и параметров полотна.

Для определения момента схода компонентов клубненосного пласта с полотна воспользуемся принципом Даламбера и были составлены уравнения равновесия с учетом сил инерции [26,27]

$$\vec{\Phi}_{ци} + \vec{G} = 0 \quad (2.2)$$

Спроецировав выражения 2.2 на оси координат x_1Oy_1 , подставим значения сил (рисунок 2.2)

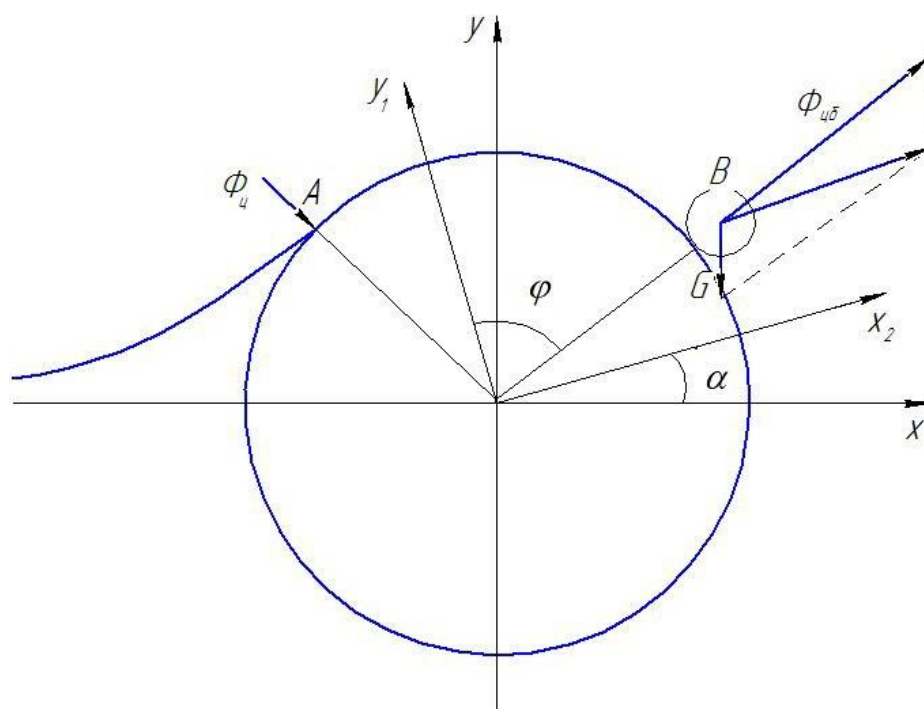
$$\begin{cases} ma_{цб} \cos \varphi - mg \cos \alpha = 0 \\ ma_{цб} \sin \alpha - mg \sin \alpha = 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

где m - масса конечного компонента, кг;

α - угол наклона полотна элеватора к горизонту;

φ - угол отрыва компонента от ролика в системе координат x_1Oy_1 ;

g - ускорение свободного падения, m/c^2 .



$\Phi_{цб}$ – центробежная сила, Н; G – сила тяжести компонентов клубненосного пласта, Н.

Рисунок 2.2. – Расчетная схема и определению точки схода картофельного компонента с ролика интенсификатора

Заменим значение ускорения $a_{цб}$ на его значения

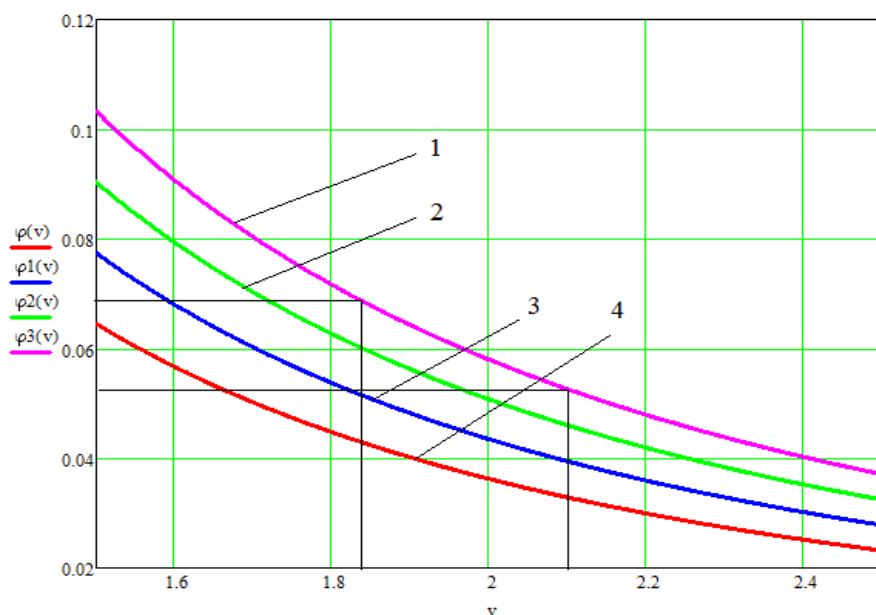
$$\begin{cases} m \cdot \frac{V^2}{r} \cdot \cos \varphi - mg \cos \alpha = 0 \\ m \cdot \frac{V^2}{r} \cdot \sin \varphi - mg \sin \alpha = 0 \end{cases} \quad (2.4)$$

Так как прутковый элеватор движется с постоянной скоростью определим значение радиуса ролика r и угла φ при котором происходит отрыв компонента вороха от полотна элеватора

$$r = \frac{V^2 \cos \varphi}{g \cos \alpha} \quad (2.5)$$

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{r \cdot g \cdot \sin \alpha}{V^2}\right) \quad (2.6)$$

На основании полученных уравнений был построен график зависимости угла отрыва компонента клубненоносного пласта от полотна при различной его скорости (рисунок 2.3).

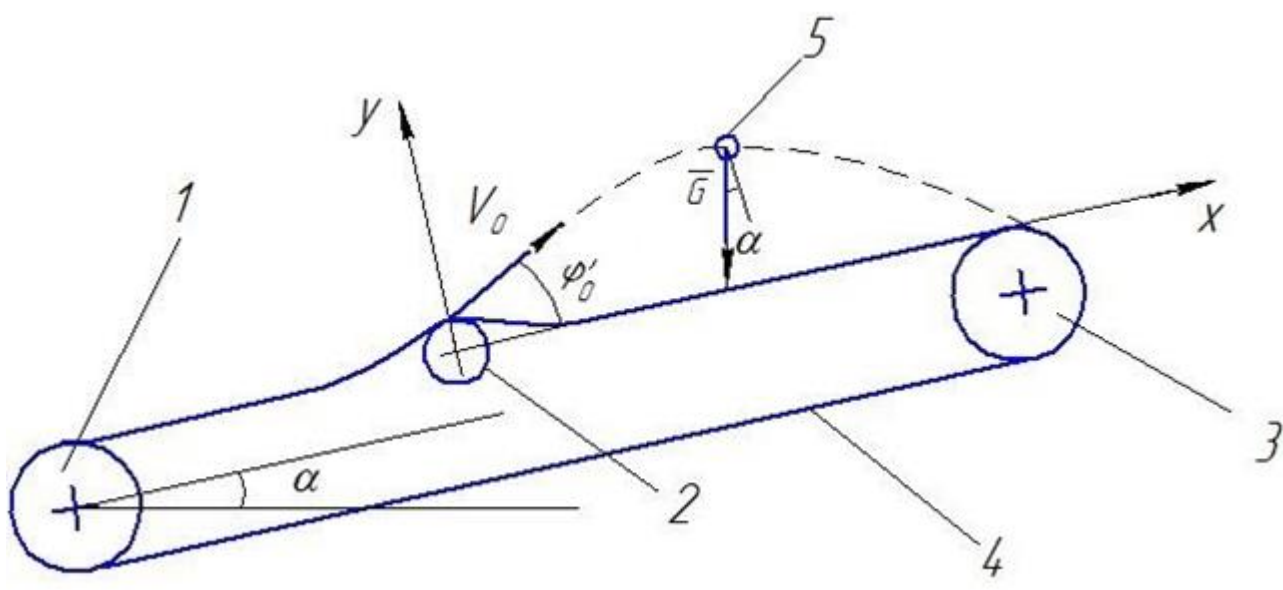


1 – радиус ролика $r=0,08$ м; 2– радиус ролика $r=0,07$ м; 3-радиус ролика $r=0,06$ м; 4- радиус ролика $r=0,05$ м;

Рисунок 2.3. – Зависимость угла отрыва компонента от скорости движения полотна элеватора

Анализ графика показал, что при скоростях, применяемых на прутковых элеваторах 1,8-2,1 м/с и радиусе ролика 0,1 м угол отрыва φ составляет пределах $2,8^\circ \dots 4^\circ$ от положения оси Y_1 . В неподвижной системе координат xOy величина угла отрыва φ' будет равна $\alpha + \varphi$ и будет равна $22^\circ \dots 24^\circ$.

Рассмотрим траектории движения компонентов клубненосного пласта после подбрасывания на роликах интенсификаторах (рисунок 2.4).



1 – ведущий ролик; 2 – поддерживающий ролик интенсификатор; 3 – ведомый ролик; 4 – прутковое полотно; 5 – компонент клубненосный пласта

Рисунок 2.4 – Расчетная схема к определению траектории компонента клубненосный пласта

Скорость компонентов клубненосный пласта, подбрасываемых роликами интенсификатрами принимаем равной скорости пруткового элеватора V_0 . Угол наклона вектора скорости \bar{V}_0 к горизонту φ'_0 так как скорость компонентов вороха незначительна, сопротивлением воздуха пренебрегаем. Определим траекторию движения компонентов, составив дифференциальное уравнение движения частицы в осях, совпадающих с положением пруткового элеватора [26,27,30,31,65,66].

Запишем дифференциальные уравнения

$$\begin{cases} m \frac{d^2 x}{dt^2} = -G \sin \alpha \\ m \frac{d^2 y}{dt^2} = -G \cos \alpha \end{cases} \quad (2.7)$$

где

m - масса конечного компонента, кг;

α - угол наклона полотна элеватора к горизонту;

G - сила тяжести компонента клубненосный пласта, град.

$G = mg$, Н;

g - ускорение свободного падения, m/c^2

Преобразуем

$$\begin{cases} \frac{dV_x}{dt} = -g \sin \alpha \\ \frac{dV_y}{dt} = -g \cos \alpha \end{cases} \quad (2.8)$$

Разделим переменные и проинтегрируем

$$\begin{cases} \int_{V_{ox}}^{V_x} dV_x = -g \sin \alpha \int_0^t dt \\ \int_{V_{oy}}^{V_y} dV_y = -g \cos \alpha \int_0^t dt \end{cases} \quad (2.9)$$

Окончательно имеем

$$\begin{cases} V_x = V_{ox} - gt \sin \alpha \\ V_y = V_{oy} - gt \cos \alpha \end{cases} \quad (2.10)$$

Учитывая, что $V_x = \frac{dx}{dt}$, $V_y = \frac{dy}{dt}$, $V_{ox} = V_o \cdot \cos(\varphi')$; $V_{oy} = V_o \sin(\varphi')$

подставим их в выражение (2.10)

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = V_0 \cos(\varphi') - gt \sin \alpha \\ \frac{dy}{dt} = V_0 \sin(\varphi') - gt \cos \alpha \end{cases} \quad (2.11)$$

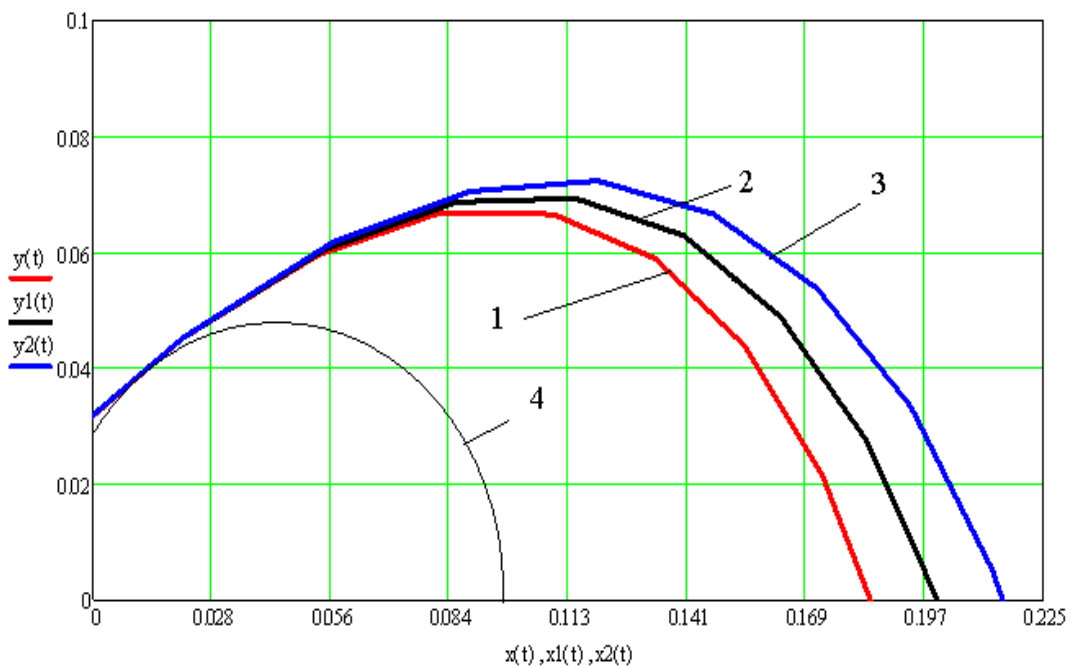
Разделим переменные и проинтегрируем

$$\begin{cases} \int_{x_0}^x dx = V_0 \cos(\varphi') \int_0^t t - g \sin \alpha \int_0^t t dt \\ \int_{y_0}^y dy = V_0 \sin(\varphi') \int_0^t - g \cos \alpha \int_0^t t dt \end{cases} \quad (2.12)$$

Окончательно имеем

$$\begin{cases} x = x_0 + V_0 t \cos(\varphi') - gt^2 \sin \alpha \\ y = y_0 + V_0 t \sin(\varphi') - gt^2 \cos \alpha \end{cases} \quad (2.13)$$

Построим траекторию компонента в программе MathCad (рисунок 2.5).



1 – траектория при скорости элеватора 1,9 м/с; 2 – траектория при скорости элеватора 2,0 м/с; 3 – траектория при скорости элеватора 2,1 м/с; 4 – расположение ролика интенсификатора

Рисунок 2.5 – Траектория полета компонента клубненосного пласта после подскока на ролике интенсификаторе

Анализ траектории движения компонентов клубненосного пласта показывает, что за счет эластичности комбинированных прутков существует возможность интенсивного воздействия на подкопанный пласт. Так как начальная скорость компонента клубненосного пласта определяются не только скоростью элеватора, но и характером взаимодействия композитных прутков с роликом.

Дальность полета компонента клубненосного пласта составляет от 0,17 м до 0,21 м. С другой, стороны применение облегченных прутков позволит уменьшить повреждения картофеля при столкновении с прутками сепарирующего рабочего органа.

Подскок компонентов клубненосного пласта на полотне вызван взаимодействием компонента с прутком с одной стороны и прутком с роликом с другой стороны. Для выбора рациональных параметров композитного прутка необходимо исследовать силовое взаимодействие композитных прутков с картофельным ворохом.

2.3 Исследование силового взаимодействия компонентов клубненосного пласта с композитными прутками

Исследуем взаимодействие компонентов клубненосного пласта с композитными прутками. Введем следующие допущения:

1. Воздействие компонентов клубненосного пласта на композитные прутки элеватора ведет к упругому деформированию прутков.
2. Компоненты клубненосного пласта разбиваются на части.

Воздействие компонента клубненосного пласта на композитные прутки элеватора представляет собой ударное воздействие. Применим к этому процессу теорему об изменении количества движения [3,4].

Определим скорость разбившихся после столкновения с композиционными прутками элеватора компонентов клубненосного пласта. Будем рассматривать оставшиеся после столкновения с композитными прутками элеватора почвенные частицы как одну механическую систему [3]. Так как силы, появляющиеся при

столкновения с композитными прутками элеватора компонента клубненосного пласта будут внутренними. Сила тяжести оставшейся при столкновении с прутками элеватора части компонента клубненосного пласта примем равным \overline{G} , а сила тяжести отделившейся части компонента клубненосного пласта \overline{P} , причем вес обоих элементов направлен под углом α к элеватору. Таким образом, проекция количества движения рассматриваемой системы на ось X будет постоянной величиной [4].

$$Q_x = const = Q_{ox} \quad (2.14)$$

Таким образом, если составим количество движения системы до отделения от компонента клубненосного пласта его части, его скорость составляла $V_x = V_0 \cos \alpha$, а также составим количество движения системы после отделения от компонента клубненосного пласта его части, то мы обязаны будем приравнять друг другу эти величины [4].

Очевидно, что до отделения (в начальный момент) количество движения системы было равно

$$Q_{ox} = \frac{G}{g} V_0 \cos \alpha \quad (2.15)$$

Количество движения системы после отделения от компонента клубненосного пласта его части будет равно [8].

$$Q_x = \frac{G-P}{g} V_x + \frac{P}{g} (V_0 \cos \alpha - U_0) \quad (2.16)$$

где V_x - скорость части компонента клубненосного пласта, полученная в момент отделения, т.е. абсолютная скорость оставшейся части компонента клубненосного пласта, а $V_0 \cos \alpha - U_0$ есть абсолютная скорость отделившейся части в момент отделения и после. Знак «минус» показывает направление движения отделившейся части. В точке А в момент, наступающий сразу после соударения, будет иметь место равенство

$$\frac{G-P}{g}V_x + \frac{P}{g}(V_0 \cos \alpha - U_0) = \frac{G}{g}V_0 \cos \alpha \quad (2.17)$$

Отсюда находим V_x

$$V_x = V_0 \cos \alpha + \frac{P}{G-P}U_0 \quad (2.18)$$

Максимальная дальность полета части компонента почвенно-клубненоносного пласта в этом случае будет

$$l_{\max} = V_x t = \frac{V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} + \frac{P}{g(G-P)}U_0 V_0 \sin \alpha \quad (2.19)$$

Полученное выражение позволяет определить максимальную дальность полета компонента клубненоносного пласта в зависимости от угла падения и от скорости компонента. При помощи программы Mathcad 14 построим графики данных зависимостей (рисунки 2.6, 2.7).

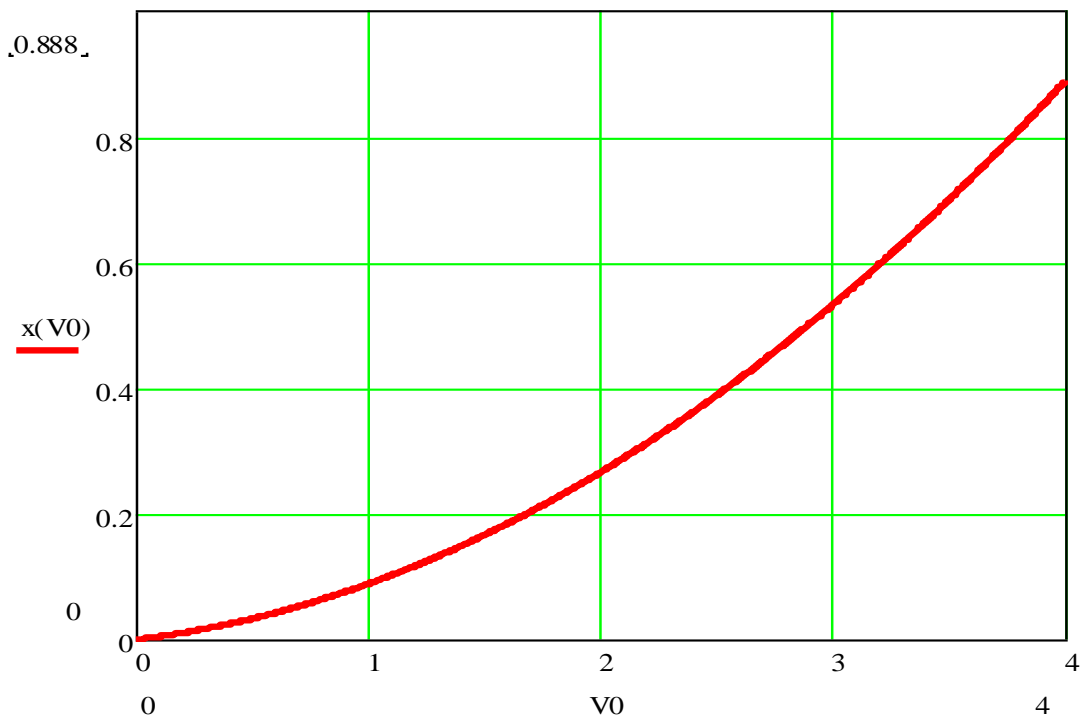


Рисунок 2.6 – График зависимости расстояния отскока компонента клубненоносного пласта после столкновения с прутками элеватора от скорости отскока

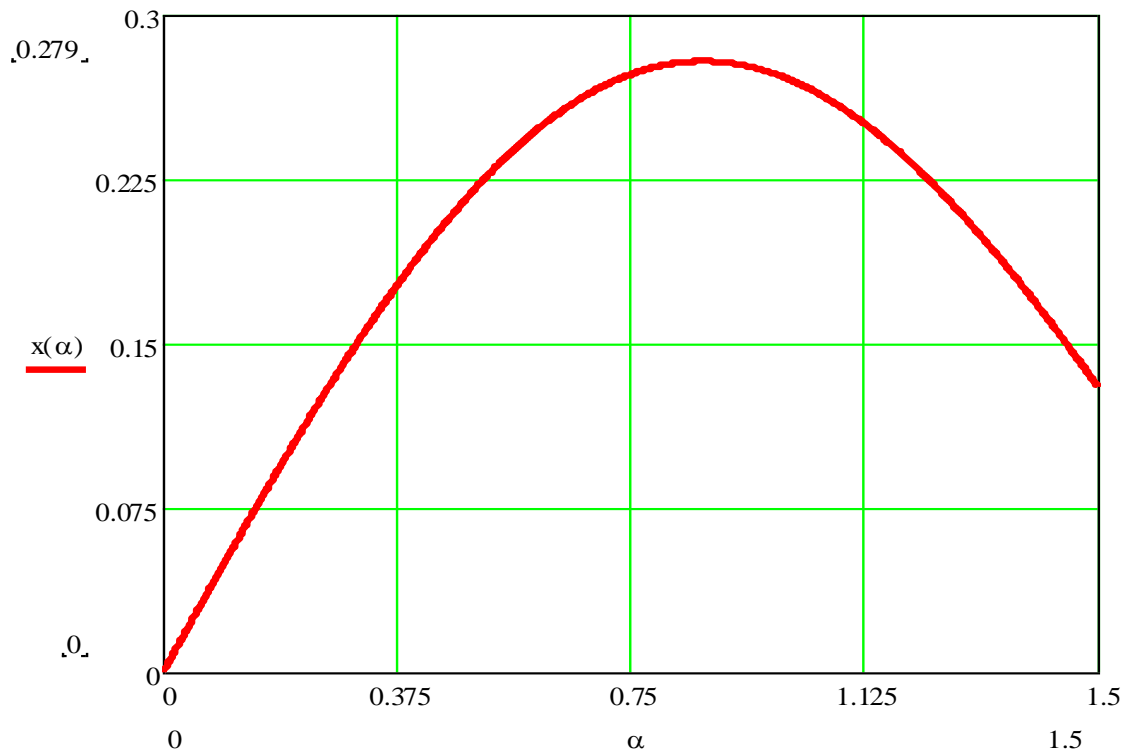


Рисунок 2.7 – График зависимости расстояния отскока компонента клубненосного пласта после столкновения с прутками элеватора от угла отскока

Из представленных графиков видно, что угол отскока от элеватора почвенно- клубненосного пласта напрямую влияет на скорость движения компонента клубненосного пласта. Полученные зависимости позволяют оценить величины отскока компонентов клубненосного пласта, чтобы исследовать взаимодействие картофеля с прутками из композитного материала. Упругая система прутка элеватора, выведенная из равновесия ударом компонента клубненосного пласта, придет в колебательное движение. При колебаниях помимо статических деформаций прибавляются динамические, зависящие от величины усилия удара. Таким образом, расчет композиционного прутка предполагает вычисление динамических составляющих к статическим деформациям.

При воздействии компонента клубненосного пласта прутки сепарирующего элеватора прогибаются на некоторую величину.

$$f_{\max} = \frac{Ql^3}{48EJ} \quad (2.20)$$

где Q – сила тяжести компонента клубненоносного пласта, Н;

l – длина композитного прутка, м;

f_{\max} – максимальная величина прогиба посередине композитного прутка, м;

E – модуль упругости композитного материала, МПа;

J – момент инерции сечения прутка ($J = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$), м⁴;

d – диаметр прутка, м.

Допустим, что кинетическая энергия T компонента клубненоносного пласта переходит полностью в потенциальную энергию U_d деформации композитного прутка

$$T = U_d \quad (2.21)$$

При деформации компонент клубненоносного пласта проходит путь $H + \delta_d$, в этом случае работа произведенная компонентом клубненоносного пласта будет равна A_d

$$T = A_d = Q(H + \delta_d) \quad (2.22)$$

где H – высота падения компонента клубненоносного пласта, м;

δ_d – деформация композитного прутка в месте соударения с компонентом клубненоносного пласта, м.

Для вычисления U_d , найдем статическую деформацию потенциальной энергии U_c равную половине произведения ударной силы на соответствующую деформацию композитного прутка.

$$U_c = \frac{1}{2} Q \delta_c \quad (2.23)$$

где δ_c – статическая деформация композитного прутка от компонента клубненоносного пласта, м.

Статическую деформацию δ_c в месте расположения компонента клубненоносного пласта можно вычислить, воспользовавшись законом Гука, который выглядит следующим образом

$$\delta_c = \frac{Q}{c} \quad (2.24)$$

где c – коэффициент упругости при изгибе композитного прутка от сосредоточенной силы Q в месте расположения, Н/м.

Тогда для наибольшего изгиба композитного прутка выражение коэффициента упругости можно записать в следующем виде

$$c = \frac{48EJ}{l^3} \quad (2.25)$$

Таким образом выражение потенциальной энергии будет выглядеть следующим образом:

$$U_c = \frac{1}{2} Q \delta_c = \frac{c}{2} \delta_c^2 \quad (2.26)$$

Учитывая, что закон Гука справедлив не только для статических нагрузок, но и динамических, прогиб композитного прутка δ_d будет пропорционален ударной нагрузке P_d

$$\delta_d = \frac{P_d}{c} \quad (2.27)$$

Допустим, что вид выражения для потенциальной энергии при ударе будет таким же, как и при статическом нагружении силой тяжести компонента клубненоносного пласта композитного прутка.

$$U_d = \frac{1}{2} P_d \delta_d = \frac{c}{2} \delta_d^2 = \frac{Q}{2\delta_c} \delta_d^2 \quad (2.28)$$

Подставив значения кинематической энергии T и ударной нагрузки P_d , получим

$$Q(H + \delta_d) = \frac{Q}{2\delta_c} \delta_d^2 \quad (2.29)$$

Выразив значение величины прогиба при ударе получим

$$\delta_d^2 - 2\delta_c \delta_d - 2H\delta_c = 0 \quad (2.30)$$

Решив квадратное уравнение получим величину прогиба при ударе

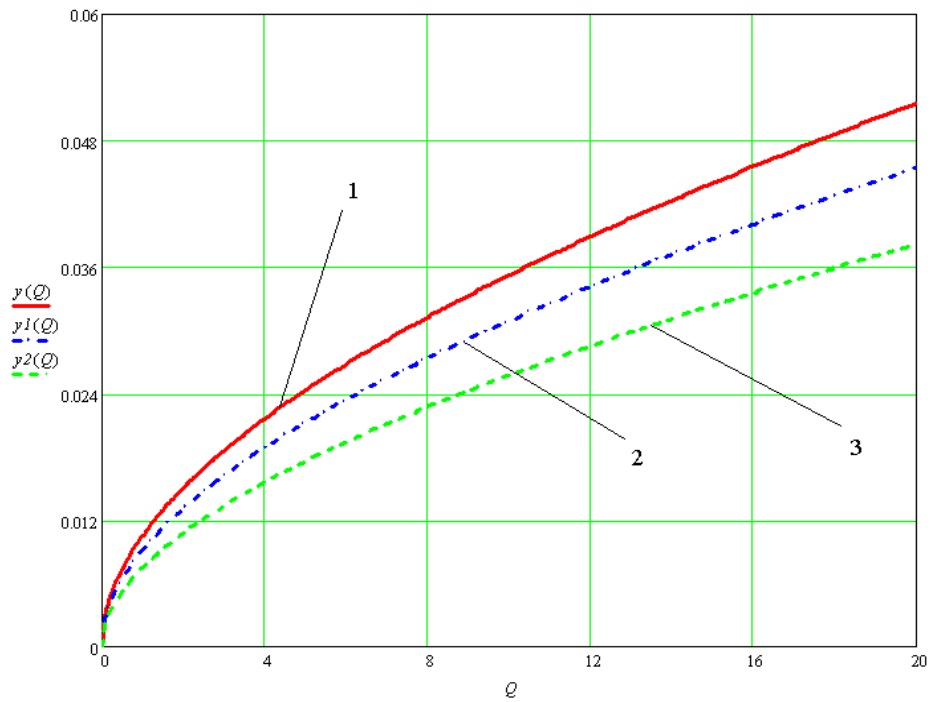
$$\delta_d = \delta_c \pm \sqrt{\delta_c^2 + 2H\delta_c} \quad (2.31)$$

Подставив значения величин, получим

$$\delta_d = \frac{Q \cdot l^3}{48EJ} - \sqrt{\left[\frac{Ql^3}{48EJ} \right]^2 + 2H \frac{Ql^3}{48EJ}} \quad (2.32)$$

Полученное выражение позволяет рассчитать прогиб на середине прутка под воздействием ударной нагрузки компонента клубненосного пласта Q . При помощи программы Mathcad 14 построим график данной зависимости (рисунок 2.8).

Из рисунка видно, что увеличение высоты падения, а следовательно скорости соударения с прутком компонента клубненосного пласта определяет величину прогиба композитного прутка. Для исключения потерь клубней между прутками сепарирующего элеватора задавшись максимальной величиной прогиба 0,03 м и сила тяжести компонента клубненосного пласта было установлено, что прутки из композиционного материала должны иметь следующие параметры: модуль упругости $E = 55000$ МПа; диаметр композитного прутка $d = 0,012$ м; максимальная высота подскока компонента клубненосного пласта весом $Q = 15$ Н не должна превышать $H \leq 0,012$ м.



высота падения компонента клубненосного пласта 1 – $H=0,2$ м; 2 – $H=0,15$ м; 3 – $H=0,1$ м.

Рисунок 2.8 – Зависимость прогиба композиционного прутка при ударе от силы тяжести компонента клубненосного пласта

Рассмотрим работу прутка в условиях соударения с компонентами клубненосного пласта при работе встряхивателей с учетом свободных колебаний (рисунок 2.9).

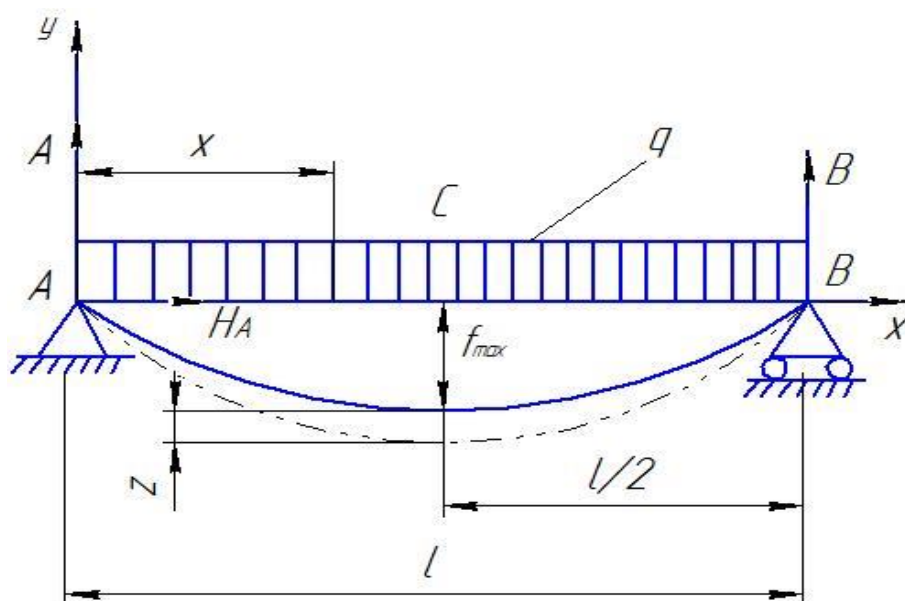


Рисунок 2.9 – Расчетная схема прутка сепарирующего элеватора с учетом свободных колебаний

Определим переменный добавочный прогиб z среднего сечения балки при колебаниях. Предположим, что при свободных колебаниях добавочные прогибы прутка меняются по ее длине по тому же уравнению, что и при статической распределенной нагрузке q согласно уравнению [9]

$$y = \frac{Ql^3}{48EJ} \cdot \frac{3l^2x - 4x^3}{l^3} = \frac{f}{l^3} (3l^2x - 4x^3) \quad (2.33)$$

Таким образом, при колебаниях среднее сечение прутка дополнительно перемещается на z от положения статического равновесия. В результате чего положение компонента клубненового пласта переместится на расстоянии x от левого конца и будет характеризоваться уравнением:

$$y = \frac{z}{l^3} (3l^2x - 4x^3) \quad (2.34)$$

Продифференцировав выражение (2.34), получим скорость перемещения прутка по вертикали, которая будет определяться выражением

$$V_y = \frac{z'}{l^3} (3l^2x - 4x^3) \quad (2.35)$$

Кинематическая энергия элемента прутка длиной dx определится выражением

$$dT_2 = \frac{\gamma F dx}{2g} z'^2 \left\{ \frac{(3l^2x - 4x^3)}{l^3} \right\}^2 \quad (2.36)$$

Кинетическая энергия всего прутка будет равна

$$T_2 = 2 \frac{\gamma F}{2g} z'^2 \frac{1}{l^6} \int_0^{l/2} (3l^2x - 4x^3)^2 dx = \frac{17}{35} \frac{\gamma Fl}{2g} z'^2 \quad (2.37)$$

Кинетическая энергия компонента клубненового пласта равна

$$T_1 = \frac{Q}{2g} (z')^2 \quad (2.38)$$

Потенциальная энергия при изгибе прутка определится выражением

$$U = \int_l \frac{EJ}{2} \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)^2 dx \quad (2.39)$$

Но при перемещении среднего сечения прутка на расстояние z от положения статистического равновесия $\left(\frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{24}{l^3} zx \right)$ потенциальная энергия будет определяться выражением

$$U = \int_l \frac{EJ}{2} \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)^2 dx = 2 \cdot \frac{EJ}{2} \int_0^{l/2} \left(\frac{24zx}{l^3} \right)^2 dx = \frac{24EJ}{l^3} z^2 \quad (2.40)$$

Подставим выражения потенциальной U и кинетической энергии $T = T_1 + T_2$ в уравнение $T + U = const$ и дифференцируем его по z , тогда

$$z'' + \frac{48EJ}{l^3} \cdot \frac{g}{\left(Q + \frac{17}{35} \gamma Fl \right)} z = z'' + \frac{g}{f_{np}} z = 0 \quad (2.41)$$

Анализ уравнения показывает, что при определении частоты и периода свободных колебаний прутка его следует считать невесомым, а его силу тяжести следует приводить к силе тяжести клубненосного пласта.

К силе тяжести клубненосного пласта Q следует прибавить $\frac{17}{35} = 0,486$ силу тяжести композитного прутка. Величина общего веса $\frac{17}{35} = \frac{\gamma Fl}{g}$ называется с приводимой массой компонента клубненосного пласта.

Начальные колебания прутка вызываются воздействием компонента клубненосного пласта. Например, можно медленно отодвинуть массу от положения равновесия и затем отпустить. При этом начальные условия будут иметь вид

$$t = 0; z = z_0; \frac{dz}{dt} = 0 \quad (2.42)$$

Можно поступить иначе – толкнуть массу. При этом массе сообщается начальная скорость V_0 , и начальные условия будут иметь вид

$$t = 0; z = 0; \frac{dz}{dt} = V_0 \quad (2.43)$$

Известно, что решение уравнения можно рассматривать в двух формах

$$z(t) = A \sin \omega t + B \cos \omega t \quad (2.44)$$

Или

$$z(t) = A \sin(\omega t + z) \quad (2.45)$$

В той и другой формуле участвуют две постоянные интегрирования, которые можно определить изначальных условий и их комбинаций.

Таким образом, собственные колебания совершаются по закону синусоиды с амплитудой A и круговой частотой

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{f_{np}}} \quad (2.46)$$

Известно, что при колебаниях функция в выражении (2.45) имеет общий период около 2π . Периодом колебаний называется отрезок времени, через который система проходит в то же состояние, что и в начале отрезка

$$A_1 \sin(\omega t + z) = A_1 \sin[\omega(t + T) + z] \quad (2.47)$$

Высокая жесткость прутков приводит к увеличению частоты колебаний и возникновению резонансных явлений в прутках полотна элеватора. При контакте прутков с встряхивателями и поддерживающими роликами осуществляется внешнее воздействие на подшипники. Подшипник обычно является единственной естественной связью между вращающимися и неподвижными узлами машин и как таковой может рассматриваться как главное место передачи вибрации. Поэтому снижение жесткости прутков снижает интенсивность вибрационного воздействия

на подшипники. Наиболее перспективными материалами, обладающими высокой прочностью и эластичностью, обладают композитные материалы. Применение прутков из композитного материала в конструкции сепарирующего элеватора позволит не только уменьшить его массу, но и снизить вибрационное воздействие на подшипники роликов интенсификаторов. Композитные прутки имеют массу – 0,233 кг, а стальные прутки элеватора – 0,94 кг, что в четыре раза больше. Несмотря на некоторое снижение жесткости по сравнению со стальными прутками, композитные прутки обладают высокой прочностью.

Выводы по 2 главе

На основе проведенных исследований рабочих органов картофелеуборочных машин был предложен модернизированный сепарирующий элеватор с композитными прутками, который представляет из себя прутковое полотно, с поддерживающими роликами интенсификаторами, расположенными с образованием волнообразной поверхности, а прутки выполнены гибкими из композитного материала.

Исследование кинематики компонентов клубненосного пласта при воздействии композитных прутков показало, что при скоростях применяемых на прутковых элеваторах 1,8...2,1 м/с угол отрыва составляет от 2,8°...4°. В неподвижной системе координат xOy величина угла отрыва φ' будет равна $\alpha + \varphi$ и будет равно 22°...24°. Стоит отметить, что угол отскока от элеватора почвенно-клубненосного пласта напрямую влияет на скорость движения компонента клубненосного пласта.

Анализ траектории движения компонентов клубненосного пласта показывает, что за счет эластичности комбинированных прутков существует возможность интенсивного воздействия на подкопанный пласт. Дальность полета компонента клубненосного пласта составляет от 0,17 м до 0,21 м. С другой, стороны применение облегченных прутков позволит уменьшить повреждения картофеля при столкновении с прутками сепарирующего элеватора.

Упругая система прутка элеватора, выведенная из равновесия ударом компонента клубненоносного пласта, приводит в колебательным движениям. Для исключения потерь картофеля между прутками сепарирующего элеватора было установлено, что прутки из композитного материала должны иметь следующие параметры: модуль упругости $E = 55000$ МПа; диаметр композитного прутка $d = 0,012$ м; максимальная высота подскока компонента клубненоносного пласта весом 15 Н не должна превышать 0,012 м.

Глава 3. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ, И ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕПАРИРУЮЩИХ ЭЛЕВАТОРОВ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИНАХ

3.1 Программа экспериментальных исследований

Теоретические исследования позволили установить, что использование модернизированного сепарирующего элеватора с композитными прутками уменьшает массу элеваторов картофелеуборочных машин и способствует увеличению его сепарирующей способности.

Сепарирующий элеватор с композитными прутками, имеет конструктивно-технологические различия с имеющимися рабочими органами. В данном рабочем органе использовали прутки из композитной полимерной арматуры с песчаным напылением. На поверхность прутков нанесена гидроизоляционная мастика необходимая для предотвращения залипания прутков и исключения повреждений клубней картофеля (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Вид композитных прутков покрытых гидроизоляционной мастикой

Прутки крепили с шагом 41 мм к резино-тканевым приводным ремням шириной 40 мм посредством «металлических замков», изготовленных из холоднодеформированных трубок внутренним диаметром 12 мм, которые предварительно обжимали с одной стороны пресс-клещами. В сжатой поверхности сверлили отверстия диаметром 9 мм на расстоянии 20 мм для металлических скоб, служащих креплением замков к резино-тканевым приводным ремням (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 - Общий вид крепления композитных прутков к резино-тканевым ремням металлическими «замками»

На концы прутков наносили эпоксидную смолу, далее пруток вставляли в трубку (замок) после чего ее обжимают пресс-клещами. Прутковое полотно имеет ширину 1260 мм, и длину 2870 мм из 70 композитных прутков (рисунок 3.3).

К одной из основных конструктивных особенностей модернизированного сепарирующего элеватора относится наличие роликов интенсификаторов установленных под верхней ветвью пруткового полотна. В конструкции рабочего органа использовали ролики марки Suki диаметром 100 мм., которые крепили при помощи сварки к трубе профильной прямоугольной 40x20x1,5 мм. (рисунок 3.4).



а

б

а – прутки с нанесенной гидроизоляционной мастикой, б – без гидроизоляционной мастики

Рисунок 3.3 – Общий вид пруткового полотна с композитными прутками



Рисунок 3.4 – Профильная труба профильного сечения с закрепленными на ней роликами интенсификаторами

Кроме того, к краям профильной трубы приваривали металлические уголки необходимые для дальнейшей установки профильной трубы прямоугольного

сечения с роликами на копатель. Работа сепарирующего элеватора напрямую зависит от конструктивных параметров композитных прутков. Для определения их влияния на работу сепарирующего элеватора и функционирования картофелеуборочной машины в целом необходимым является проведение лабораторных испытаний композитных прутков.

Лабораторные исследования проходили на инженерном факультете ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева».

Программа экспериментальных исследований включала следующие основные направления:

- исследование прочности соединения упругих композитных прутков с металлическими замками;
- исследование на сопротивление удару композитных прутков;
- исследования изгиба гибких прутков из композитного материала при действии статических нагрузок;
- исследования траекторий движения клубней картофеля при подбрасывании на полотне из композитных прутков;
- производственные исследования сепарирующего элеватора с композитными прутками.

3.2 Методика исследования прочности соединения композитных прутков с металлическими замками

Исследования жесткости взаимодействия упругих композитных прутков с металлическими замками в лабораторных условиях необходимы для оценки прочности соединения составных элементов рабочего органа.

Для изготовления заготовок для последующего проведения испытаний использовались следующие материалы:

- труба стальная бесшовная холоднодеформированная (ГОСТ 8734-75), имеющая внутренний диаметр 12 мм и внешний диаметр 14,5 мм.
- арматура композитная полимерная (ГОСТ 31938-2012), диаметром 12 мм.
- смола эпоксидно-диановая неотверждённая, марки ЭД-20 (ГОСТ 10587-84).

Для экспериментов были изготовлены заготовки, представляющие из себя композитные прутки длиной 130 мм и диаметром 12 мм, концы которых подвергались наращиванию до диаметра 18 мм. Наращивание производилось следующим образом: конец прутка обрабатывали эпоксидно-диановой смолой, после чего наматывали стекловолокно на подготовленный участок, после каждого полного оборота заготовку обрабатывали клеем, данная процедура повторялась, по достижении диаметра 18 мм. После чего заготовки сушили в течении 24 часов. Трубу стальную бесшовную нарезали на заготовки длиной 40, 60 и 80 мм и промазывали изнутри эпоксидным клеем. До момента затвердевания эпоксидной смолы, происходила вставка композитных заготовок с обеих сторон отрезанных ранее бесшовных трубок, после чего происходил процесс обжима пресс-клещами.

Таким образом, для экспериментов были подготовлены соединения композитных прутков с металлическими замками, которые имели длину 20, 30 и 40 мм. Экспериментальные образцы были представлены двумя видами композитных прутков с различной длиной соединений (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Экспериментальные образцы №1 для исследований на разрыв соединений композиционных прутков

Для проведения аналогичного испытания было создан другой тип образца, составленный из аналогичных материалов, с небольшими изменениями в компоновке. Данные заготовки состояли из композитных прутков длиной по 50 мм диаметром 12 мм, которые аналогично обмазываются эпоксидно-диановой смолой марки ЭД-20. Между собой прутки соединяются с помощью металлических трубок внутренним диаметром 12 мм длиной 40, 60 и 80 мм, трубки длиной 50 мм закрепляются на краях композитных прутков. Таким образом, соединения композитных прутков с металлическими замками имели длину 20, 30 и 40 мм. Трубки, как и в предыдущем образце, выполнены из холоднодеформированной трубы, которая после установки обжимаются пресс-клещами (рисунок 3.6).



Рисунок 3.6 – Экспериментальный образец №2 для исследований на разрыв композитных прутков

Испытания на разрыв проводили на разрывной машине (рисунок 3.7) устройство которой включает в себя ряд основных конструктивных элементов представленных совокупностью подвижных и неподвижных деталей.

Разрывная машина Р– 50 имеет два взаимосвязанных электродвигателя – основной и вспомогательный, работа которых направлена на приведение в действие масляного насоса, а также червячно-винтового механизма. Не менее значимым в цепи основных элементов разрывной машины является

регулирующий механизм, который осуществляет соединение масляного насоса с цилиндром. Данный механизм оснащен перемещающимся плунжером, который в результате функционирования оказывает давление на поперечину, которая в свою очередь воздействует на верхний захват связанным с которым она имеет связь. Также в число основных конструктивных механизмов данной машины входит исполнительный механизм основной задачей которого является подача растягивающего усилия к образцу. Стоит отметить, что необходимое для замыкания силовой цепи, соединение нижнего захватного элемента со станиной, осуществляется с помощью червячно-винтового механизма, приводимого в действие электродвигателем.



Рисунок 3.7 – Общий вид разрывной машины Р-50 при проведении испытаний на разрыв

Кроме того разрывная машина имеет регистрирующий механизм - предназначенный для снятия значений усилий приложенных к образцу, а также фиксирования процесса подачи нагрузки. Данный конструктивный механизм

оснащен цилиндрами с плунжерами которые осуществляют передачу усилия на рычаги, имеющих жесткое соединение с торсионом. В результате приложенного усилия рычаг осуществляет передвижение зубчатой рейки, которая в свою очередь вращает стрелку по шкале.

Диаграммный аппарат которым оснащена разрывная машина имеет барабан и закрепленную на нем бумагу с пером, и позволяет фиксировать показатели нагрузки подаваемой на образец.

Для удобства работы машина оснащается приборной панелью, которая представляет из себя электрическую схему с кнопками приведения в действие двигателей как основного, так и вспомогательного, а также контролер давления масла, также стоит отметить наличие переключателя шкалы измерительного механизма.

Заготовленные ранее образцы закрепляли в крепежных шахтах по средствам замыкающегося на тонкой части прутка металлического кольца, после чего агрегат запускали (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Проведение эксперимента на разрыв соединения композитных прутков с металлическими замками

Работа агрегата основана на растяжении образца под воздействием нагрузки, которая с течением времени увеличивается. В данном случае нагрузка направлена на разрушение соединения композитных прутков с металлической трубкой, что позволяет определить прочность соединения трубки с прутком и помогает установить возможность функционирования данного соединения в полевых условиях, а так же установить допускаемые нагрузки, возникающие в процессе уборки картофеля.

3.3 Методика исследования на ударную вязкость композитных прутков

Испытание на ударную вязкость являются одним из важнейших исследований по надежности пруткового полотна, так как оно позволяет определить способность противостоять воздействиям, приходящимся на прутковый элеватор при работе в поле. Свойства композитных прутков при ударных нагрузках могут существенно отличаться от свойств при статическом нагружении. Исходя из данных испытаний, оценивается надежность композиционных прутков.

Для изготовления заготовок для проведения испытаний использовались следующие материалы:

- арматура композитная полимерная (ГОСТ 31938-2012), диаметром 12 мм.

Для исследования прутка на ударную вязкость были изготовлены опытные образцы, выполненные из композитного прутка. Пруток предварительно обтачивали со всех сторон, придавая форму прямоугольного параллелепипеда, после чего отрезали равные куски длиной 0,1 м, по середине образца производился надрез длиной 2 мм (рисунок 3.9).



а

б

а – вид образца сбоку; б - вид образца с торца

Рисунок 3.9 – Экспериментальный образец для определения ударной нагрузки композитного прутка

Испытания на ударную вязкость производили с помощью маятникового копра (рисунок 3.10). При исследованиях рамку со шкалой устанавливали в определенное положение, соответствующее запасенной энергии маятника. Для проверки копра маятник отпускали, без установки образца, и маятник должен подняться на высоту, с которой его отпускали, при этом поводок маятника поднимает стрелку до нулевого деления шкалы.



Рисунок 3.10 – Маятниковый копер для исследований материалов на ударную вязкость

Маятник поднимали на необходимую для эксперимента высоту и фиксировали с помощью защелки, при этом стрелку устанавливали на ноль, и закрепляли заготовку по центру, симметрично относительно опор (рисунок 3.11), при этом надрез образца направлен в сторону противоположную направлению

удара. Перед исследованиями измеряли в месте надреза ширину и толщину образцов с точностью до 0,1 мм [12,14,17,56]. Результаты замеров заносили в таблицу испытаний. Далее защелка снимается, происходит падение маятника, который разрушает образец, и двигаясь далее перемещает стрелку по шкале, в результате чего имеем величину сохраненной маятником энергии после разрушения образца.



Рисунок 3.11 – Фиксация экспериментального образца для исследования на ударную вязкость

Начальную высоту удара варьировали, постепенно увеличивая и процесс повторялся. По полученным результатам определяется ударная вязкость. Эти результаты сопоставляли с характером изломов и состоянием микроструктуры.

3.4 Методика исследования изгиба прутков из композитного материала при действии статических нагрузок

Принцип улучшения качества сепарации, освещаемый в данной работе напрямую связан с процессом изгиба прутков, исходя из этого исследование деформаций поперечного сечения является одним из наиболее важных вопросов в данной работе.

Наиболее эффективным способом определения модуля упругости является испытания на изгиб. Главной задачей при внедрении композитного материала как

элемента конструкций сельскохозяйственных машин является разработка методов по определению физико-механических характеристик внедряемых материалов [7,13,18,57,81].

Проведенные испытания на изгиб проводят на универсальных машинах настольного типа (рисунок 3.12), которые позволяют получить величины прогиба прутка и соответствующие ему показатели нагрузки, кроме того данные исследования позволяют исследовать характеристики материала.

Механические показатели арматуры композитной полимерной, определяемые при изгибе на этапе разработки материала:

- модуль упругости при поперечном изгибе.

Стандартом при этом виде испытаний является ГОСТ 25.604-82. Испытания композитных материалов на изгиб проводятся при нормальной температуре 20°C.

Метод испытания на изгиб стеклопластиков установлен в ГОСТе 4648-71 .

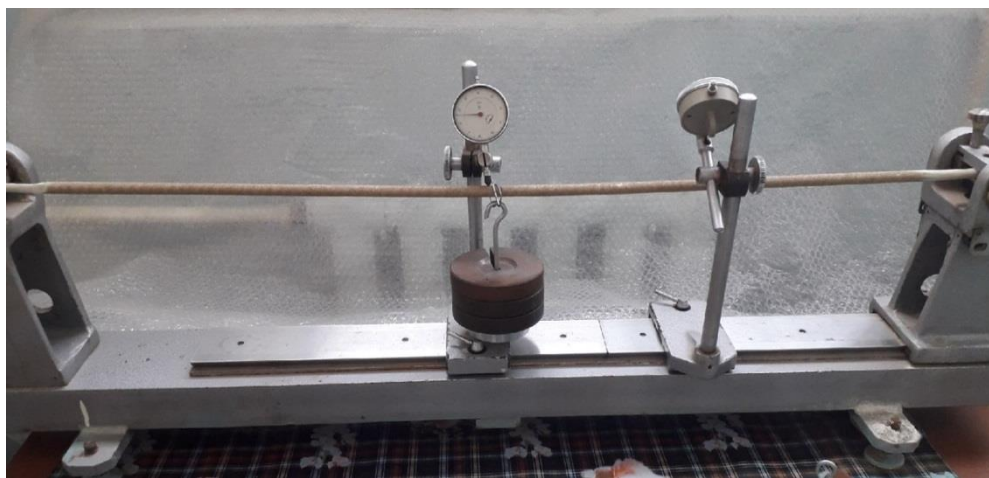


Рисунок 3.12 - Универсальная испытательная машина для исследований композитных прутков на изгиб

Изготовленные для испытаний заготовки на изгиб закрепляют жестко в тисках оправки. Изготовление образцов на изгиб и отбор заготовок для них производят в соответствии с ГОСТ 6996-66, ГОСТ 7564-73, а испытание образцов производится в соответствии с ГОСТ 14019-80.

На гранях изготовленного образца прошедшего механическую обработку не допускается наличие поперечных рисок от режущих инструментов. Обязательным для проведения испытаний на изгиб является плавность нарастания нагрузки на образец [82,85].

При проведении испытаний на статический изгиб, образец укладывают в горизонтальной плоскости на две параллельные цилиндрические опоры. Экспериментальный образец устанавливается на опоры с закреплением по краям зажимами, по центру устанавливался тензометрический датчик, выставляемый на ноль. К испытываемому образцу крепится платформа с дальнейшей установкой на ней груза массой 1 кг, в результате воздействующей нагрузки происходит изгиб образца, который отражается на показателях тензометрического датчика. Значения фиксируются, датчик выставляется на 0 без снятия нагрузки, далее на платформу добавляется груз в 1 кг, показатели тензометрического датчика фиксируются, процесс повторяется с добавлением груза.

3.5 Методика исследований траекторий движения клубней картофеля при подбрасывании на полотне из композитных прутков

Теоретическими исследованиями установлено, что в процессе работы сепарирующего элеватора с композитными прутками, клубни подбрасываются при взаимодействии прутков с роликами. Для уточнения характеристик этого движения были проведены лабораторно-полевые исследования. Картофелекопатель КТН-2В оборудован элеватором с композитными прутками под верхней ветвью которого расположены ролики. Ролики расположены с чередованием фаз подъема и опускания, что позволяет образовать постоянно меняющуюся волнообразную поверхность. При поступлении клубненосного пласта на эластичные композитные прутки они прогибаются, а при взаимодействии с роликами они выгибаются в противоположную сторону, что приводит к подбрасыванию компонентов клубненосного пласта, это способствует с одной стороны переориентации компонентов и улучшению сепарации, с другой

стороны при падении на прутки почвенные комки разрушаются и просеиваются. Для оценки взаимодействия клубней клубненосного пласта с прутками была проведена скоростная съемка процесса взаимодействия с помощью камеры телефона Samsung Galaxy 8 Plus со скоростью 50 кадров в секунду с использованием мультикадровой съемки. Для обработки полученного материала производился покадровый анализ с нанесением масштабной сетки. Масштабная сетка учитывала предварительные измерения элементов конструкции копателя и размеры расположения композитных прутков на полотне. Для анализа траектории движения компонентов выбирались типичные траектории средних по размеру клубней полученные результаты исследований, обрабатывались методами математической статистики.

3.6 Методика полевых исследований

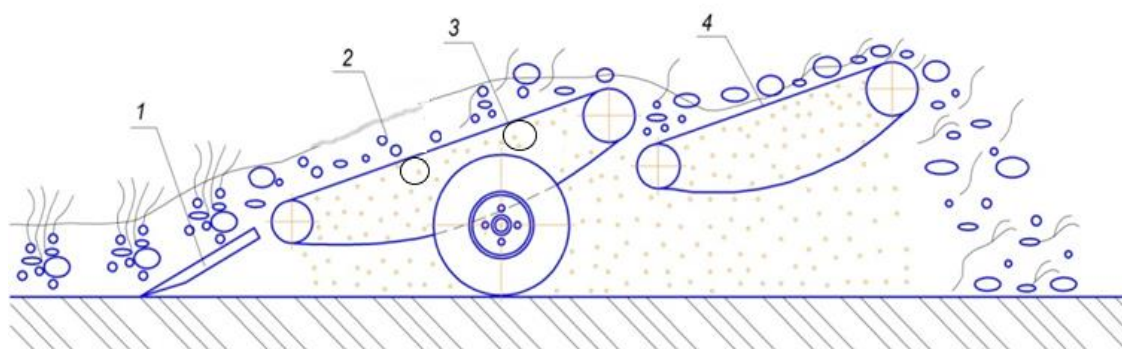
Исследование сепарирующего элеватора с композитными прутками на картофелеуборочной машине проходили в конкретных, заранее изученных почвенно-климатических условиях. Изучение агротехнических условий посадок картофеля является одним из важнейших аспектов при исследовании работы сепарирующих устройств.

Стоит отметить, что свойства клубня могут меняться как от технологии возделывания, так и от почвенно-климатических условий, что говорит о значительном спектре знаний охватываемом данной областью, а расширение границ познаний в данной области являются необходимым для дальнейшей работы по модификации рабочих органов картофелеуборочных машин и обосновании технических параметров интенсификаторов.

На картофелекопатель КТН-2В был установлен сепарирующий элеватор с композитными прутками и роликами интенсификаторами, находящимися под полотном элеватора. Технологическая схема модернизированного

картофелекопателя КТН-2В представлена на рисунке 3.13, а общий вид элеватора КТН-2В – на рисунке 3.14.

Работа проводилась в хозяйствах ООО «Авангард». Агротехническая оценка картофельных кустов проводилась в условиях обрабатываемого поля. Для агротехнической оценки клубней картофеля, были отмечены 6 учетных делянок, на которых происходило определение параметров растений картофеля (приложение Б).



1 – лемех; 2 – поддерживающие ролики интенсификаторы; 3 – основной сепарирующий элеватор; 4 – каскадный сепарирующий элеватор;

Рисунок 3.13 – Конструктивно-технологическая схема модернизированного картофелекопателя КТН-2В



Рисунок 3.14 –Общий вид элеватора с прутками из композитного материала картофелекопателя КТН-2В

Сравнительные испытания модернизированного и серийного копателя КТН-2В проводились в период уборки картофеля 2020-2021.

При проведении исследований определялись:

- повреждения клубней;
- потери клубней;
- полнота сепарации почвенных примесей.

Установление полноты сепарации элеватором с композитными прутками является одним из основных этапов в методике полевых испытаний. Для установления данного показателя к каркасу картофелекопателя КТН-2В был смонтирован дополнительный конструктивный элемент, состоящий из двух приваренных с двух сторон металлических прутков. К концам прутков крепится металлический стержень, на который надевалась трубка с намотанным на ней рулоном пленки (рисунок 3.15) .



Рисунок 3.15 – Крепления пленки к модернизированному картофелекопателю КТН-2В для определения качества работы

При движении модернизированного копателя КТН-2В на учетной отметке агрегат проходил ее на рабочей скорости, концы пленки фиксировались. В результате чего после возобновления работы копателя происходило разматывание пленки по почве. Сходящий на пленку с элеватора картофелекопателя клубненосный пласт был проанализирован.

Анализ клубненосного вороха на учетной деланке позволил определить качественные показатели работы копателя, а анализ отсепарированной почвы под пленкой позволил определить потери клубней, и рассчитать по формуле присыпанные почвой клубни:

$$П_{кл} = \frac{m_{кл}^1}{m_{кл}^1 + m_{кл}^2} \quad (3.1)$$

Где $m_{кл}^1$, $m_{кл}^2$ – масса клубней, присыпанных почвой и соответственно лежащих на поверхности, кг.

Повреждения клубней картофеля при уборке картофелекопателем КТН-2В определяли по стандартной методике ГОСТ Р 54781-2011.

Выводы по 3 главе

Работа предлагаемого сепарирующего элеватора с композитными прутками напрямую зависит от конструктивных параметров. Для определения их влияния на работу и функционирование рабочего органа и всего копателя в целом необходимым является проведение лабораторных испытаний для последующего обоснования параметров рабочих органов при сепарации клубненосный пласта. Программа экспериментов включала исследование прочности соединения упругих композитных прутков с металлическими замками; исследование на сопротивление удару композитных прутков; исследования изгиба гибких прутков из композитного материала при действии статических нагрузок; исследования траекторий движения клубней картофеля при подбрасывании на полотне из композитных прутков; производственные исследования сепарирующего элеватора

с композитными прутками. В процессе экспериментальных исследований использовались стандартные методики и сертифицированное оборудование. Оценка достоверности полученных результатов проводилась с учетом стандартных методик обработки опытных данных.

Глава 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ЭЛЕВАТОРА С КОМПОЗИТНЫМИ ПРУТКАМИ

4.1 Результаты исследования прочности соединения композитных прутков с металлическими замками

При исследовании на прочность образцов первого типа происходило расщепление наращенных элементов композитных прутков из-за воздействия на них металлических зажимов, при том происходило расщепление на относительно низких нагрузках от 800 до 900 Н (рисунок 4.1). Исследования проводились согласно методике, описанной в пункте 3.2.



Рисунок 4.1 – Вид образца первого типа после испытания на разрыв

Поэтому данные образцы из дальнейших исследований были исключены. При аналогичном испытании образцов второго типа разрушение соединений композитных прутков и холоднодеформированных трубок происходило при показателях нагрузки от 3500 Н до 4000 Н (рисунок 4.2) .

В результате эксперимента на разрыв соединения композиционных прутков с металлическими замками были получены показатели, занесенные в таблицу 4.1.



Рисунок 4.2 – Общий вид шкалы разрывной машины Р-50 при испытаниях на разрыв образцов второго типа

Таблица 4.1 – Результаты эксперимента на разрыв соединения композиционных прутков с металлическими замками

Экспериментальный образец №2	Марка клея, Н	Нагрузка, предшествующая разрыву, Н
Металлическая трубка длиной 40мм	Эпокси Титан	3530
Металлическая трубка длиной 60мм	ТУ 2252-002-442977874-99	3840
Металлическая трубка длиной 80мм		4000
Металлическая трубка длиной 40мм	Ероху steel	3510
Металлическая трубка длиной 60мм	ГОСТ Р 56211-2014	3780
Металлическая трубка длиной 80мм		3990
Металлическая трубка длиной 40мм	ЭДП	3510
Металлическая трубка длиной 60мм	ГОСТ 10587-84	3760
Металлическая трубка длиной 80мм		3980

По результатам исследований построен график (рисунок 4.3).

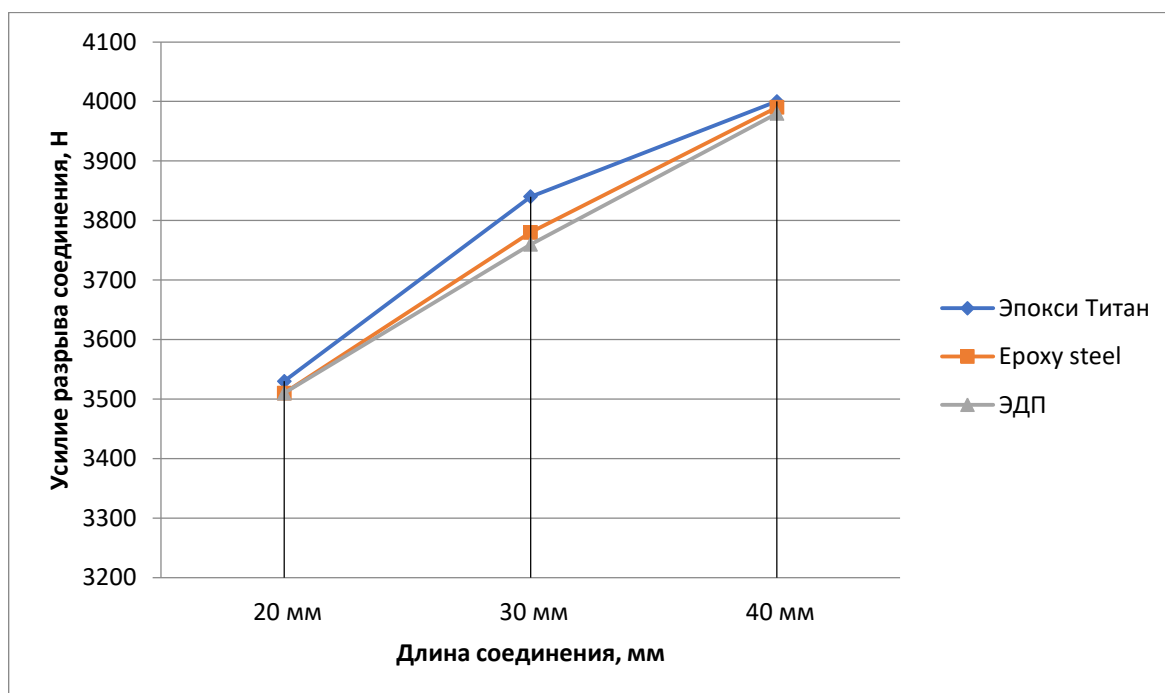


Рисунок 4.3 – Влияние марки клея и длины клеевого соединения на прочность на разрыв композитного прутка с металлической трубкой

Анализируя результаты исследования прочности соединения композиционных прутков с металлическими замками можно заметить, что марка эпоксидного клея не существенно влияет на прочность соединения, поэтому принимаем наиболее распространенный и дешевый клей ЭДП ГОСТ 10587-84. В тоже время с увеличением длины соединения увеличивается прочность соединения. Установлено что соединение композиционных прутков с металлическими замками длиной 0,04 м соответствует прочности клепочного соединения прутка с прорезиненными ремнями, поэтому длина клеевого соединения композитных прутков с металлическими замками должна быть 0,04 м.

4.2 Результаты исследования на ударную вязкость композитных прутков

Исследование ударной вязкости композитных прутков проводили на маятниковом копре для образцов призматической формы с надрезом. Ударная вязкость (a_n) является отношением работы деформации образца (A_n) к площади поперечного сечения (F) при ударном изгибе.

$$a_n = A_n / F \quad (4.1)$$

где a_n – ударная вязкость материала, Дж/м²;

A_n – работа деформации образца, Дж;

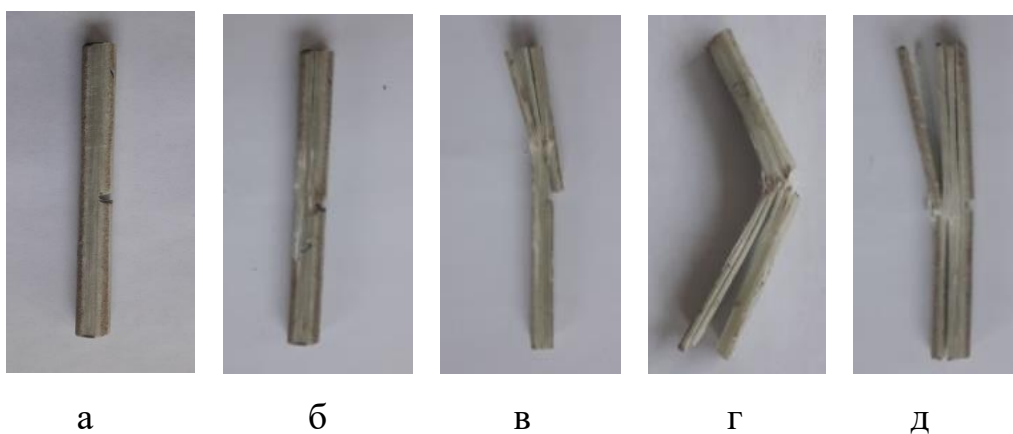
F – площадь поперечного сечения образца в месте надреза, м².

Начальной высотой падения маятника была высота 20 см. В результате взаимодействия маятника с композитной заготовкой, повреждений на образце не было зафиксировано, а стрелка, установленная на оси маятника, осталась неподвижна (рисунок 4.4).



Рисунок 4.4 – Падение маятника с высоты 0,20 м

При высоте падения маятника 30 см была зафиксирована деформация образца, образование трещин, при этом пруток остановил перемещение маятника (рисунок 4.5), в результате чего стрелка по шкале не переместилась. При высоте падения маятника 40 см произошло расщепление волокон образца и его изгиб при взаимодействии с маятником, в результате чего образец был выбит из крепления, стрелка при этом осталась неподвижной. При высоте падения маятника 1 м была зафиксирована аналогичная картина, образец был выбит из крепления, а стрелка по шкале отклонилась на 2 деления от нулевой отметки. При высоте падения маятника 1.4 м образец был выбит из крепления, а стрелка по шкале отклонилась на 6 делений от нулевой отметки.



а – образец после падения маятника с высоты 0,20 м; б – образец после падения маятника с высоты 0,3 м; в – образец после падения маятника с высоты 0,4 м; г – образец после падения маятника с высоты 1,0 м; д – образец после падения маятника с высоты 1,4 м

Рисунок 4.5 – Общий вид образцов композитных прутков после падения маятника копра

Ударная вязкость является сложной механической характеристикой, зависящей от пластичности, прочности и однородности материала. Анализ результатов исследования на ударную вязкость образцов композитных прутков показал, что композитные прутки имеют достаточный запас ударной прочности

и даже при значительных нагрузках полностью не разрушаются, а расщепляются на волокна.

Таблица 4.2 – Результаты исследований композитных прутков на ударную вязкость

Высота падения маятника а, м	Площадь поперечного сечения образца F, м ²	Работа деформации или разрушения образца A _н , Дж	Высота подъема маятника после разрушения, м	Ударная вязкость a _н , Дж/м ²	Средняя ударная вязкость a _н ср. Дж/м ²		
0,2 0,3 0,4 1,0 1,4	0,000063	29,40 43,50 43,50 44,95 44,95	0 0 0,10 0,69 1,09	466666 690476 690476 713492 713492	650920,4		
0,2 0,3 0,4 1,0 1,4		0,000054	29,40 43,50 44,95 43,50 43,50	0 0 0,09 0,70 1,10		544444 805555 832407 805555 805555	
0,2 0,3 0,4 1,0 1,4			0,000045	29,4 43,50 42,05 42,05 43,50		0 0 0,11 0,71 1,10	653333 966666 934444 934444 966666

Анализ результатов исследования на ударную вязкость образцов композитных прутков показал, что композитные прутки имеют достаточный запас ударной прочности и даже при значительных нагрузках полностью не разрушаются, а расщепляются на волокна. Расщепление на волокна обусловлено структурой материала. Средняя величина ударной вязкости образцов из композитного прутка составляет 766911,4 Дж/м².

4.3 Результаты испытаний на изгиб композитного прутка

Исследования прогиба прутка из арматуры композитной полимерной (ГОСТ 31938-2012), диаметром 12 мм проводились при массе груза 1,2,3,4,5 кг. Перед

опытом индикатор устанавливали на нулевую отметку, а затем навешивали груз. При массе в 1 кг тензометрический датчик показал отклонение на 227 делений против часовой стрелки, перед навешиванием последующих грузов процедуру повторяли, индикатор устанавливали на нулевую отметку, а затем навешивали груз.

Полученные в результате исследований на изгиб показатели были занесены в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Результаты исследований композитного прутка на изгиб

Масса груза, кг	Прогиб прутка, мм Образец №1	Прогиб прутка, мм Образец №2	Прогиб прутка, мм Образец №3
1	2,27	2,24	2,29
2	4,49	4,45	4,51
3	6,76	6,70	6,78
4	9,24	9,20	9,29
5	11,81	11,79	11,85

Исходя из полученных данных был построен график (рисунок 4.9) и получено уравнение регрессии:

$$y = -0,2467 + 2368 \cdot x \quad (4.2)$$

где y – сила тяжести груза (величина нагрузки), Н;

x – прогиб прутка, мм.

Адекватность полученной модели подтверждается коэффициентом детерминации $R^2 = 0,9988$. Все коэффициенты уравнения регрессии значимы. Анализируя полученную зависимость можно видеть, что с высокой вероятностью прогиб композитного прутка осуществляется, согласно, закону Гука, то есть прямой пропорциональной зависимости между нагрузкой на пруток и прогибом

прутка. Установлено, что при максимально возможной нагрузке на пруток около 50 Н, величина прогиба будет составлять около 0,012 м. Проведенные исследования изгиба прутка показали возможность изгиба прутка до значительного угла без изменения его свойств и функциональных возможностей.

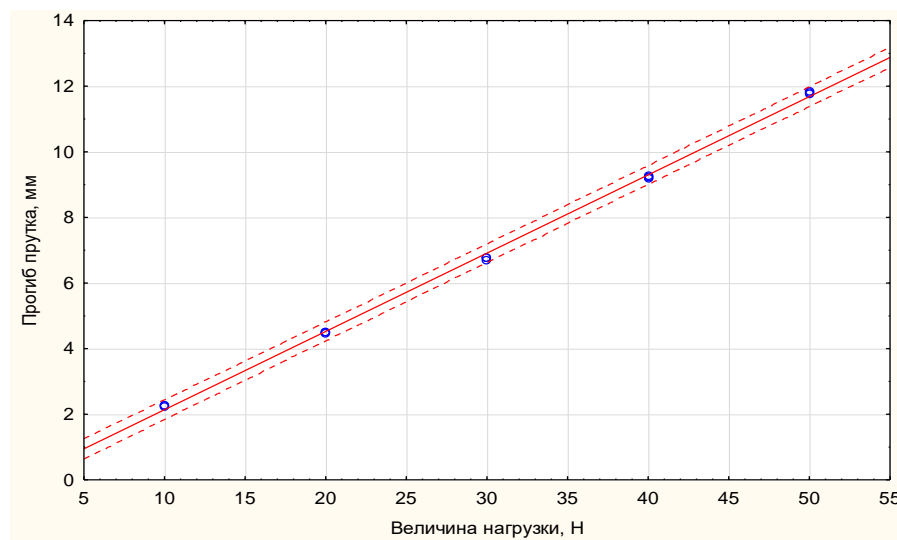


Рисунок 4.6 – Зависимость прогиба прутка от величины сосредоточенной нагрузки при изгибе прутка

4.4 Результаты исследований траекторий движения клубней картофеля при подбрасывании на полотне из композитных прутков

Лабораторно-полевые исследования траекторий движения клубней картофеля при подбрасывании на полотне из композитных прутков проводились в ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области. Использование скоростной камеры с последующей раскадровкой позволило получить снимки полета клубней представленные на рисунке 4.7.

Последующее наложение координатных осей в соответствии с выбранным масштабом позволило определить положение клубня через определенные промежутки времени. В результате были получены характеристические показатели траектории полета клубней. Анализ полученных данных в программе Statistica v10 позволило получить уравнение регрессии.



а, б, в, г, д, е – положения клубня при движении по траектории

Рисунок 4.7 – Общий вид подбрасывания клубня на сепарирующем элеваторе с композитными прутками

$$y = -0.0011 + 1.1812 \cdot x - 5.8776 \cdot x^2 \quad (4.3)$$

где y – высота подскока, м;

x – дальность полета, м.

На основании полученного уравнения построен регрессионный график траектории средних клубней и обозначена зона 95 процентной доверительной вероятности.

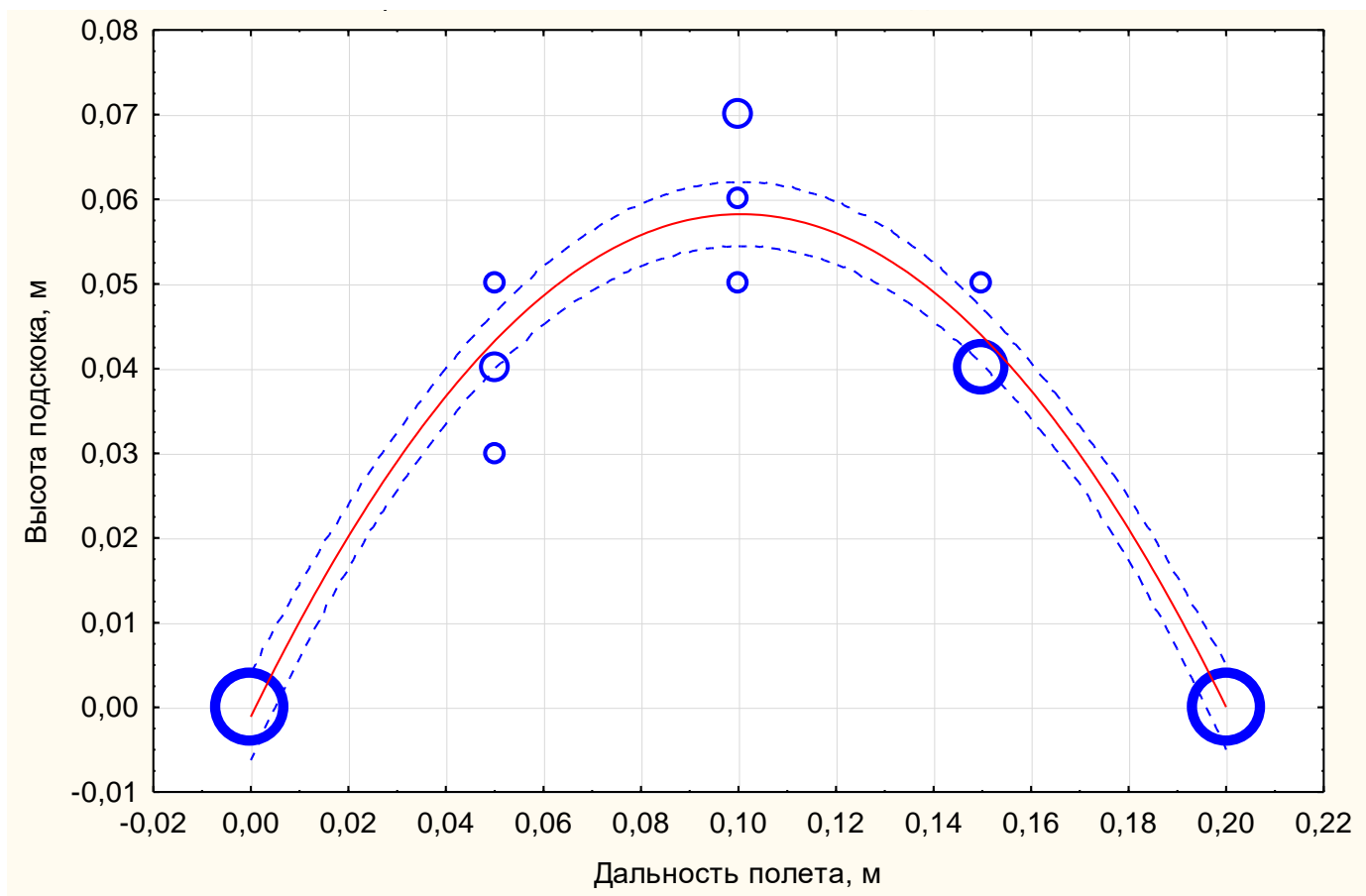


Рисунок 4.8 – Регрессионный график траектории средних клубней

Анализ рисунка показывает, что траектория клубней соответствует квадратичной зависимости (параболе), причем форма картофеля и его вращение в процессе полета может оказывать некоторое влияние на форму траектории. На рисунке показана пузырьковая диаграмма рассеяния, где более крупными пузырьками отмечены наиболее часто встречающиеся значения. Полученные

значения дальности и высоты полета соответствует траекториям, полученным в результате теоретических исследований. На рисунке 4.9 показано сравнение теоретических и экспериментальных траекторий средних клубней картофеля.

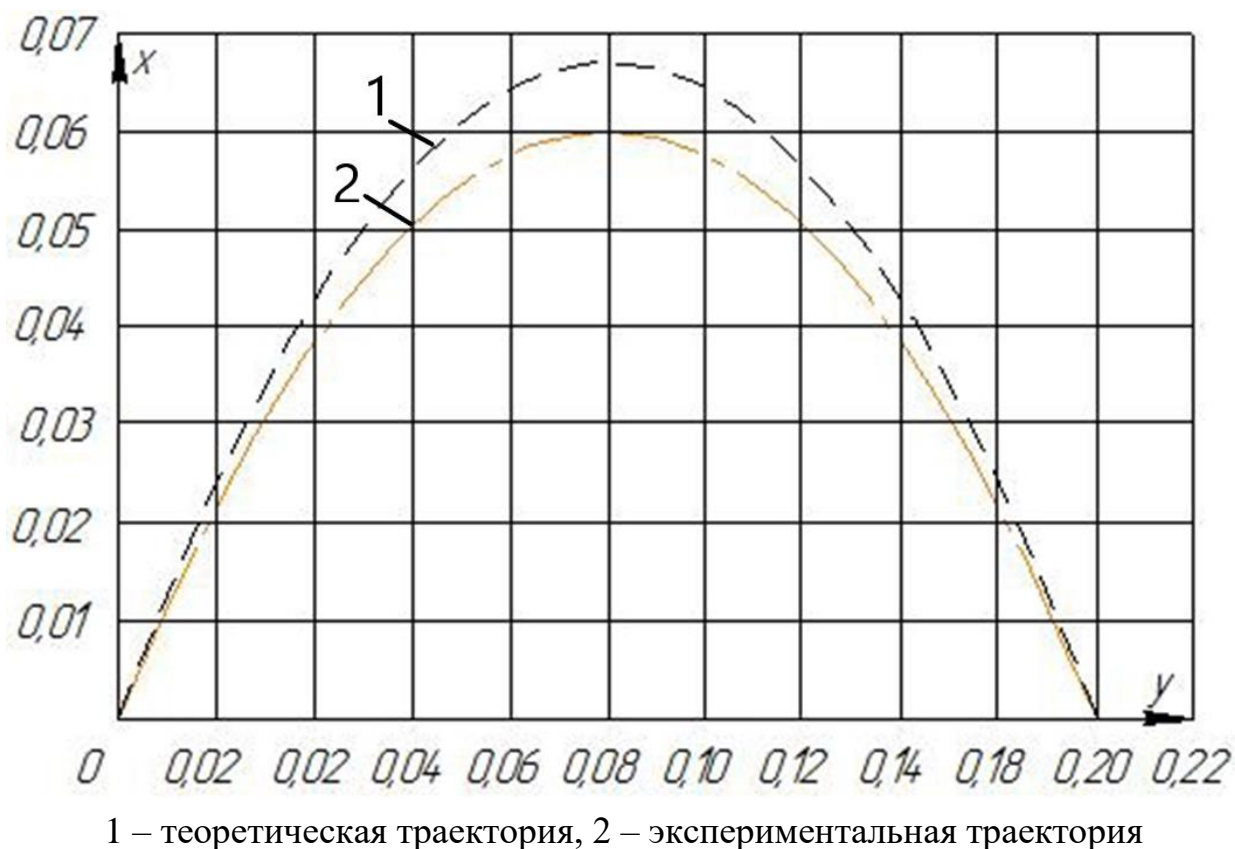


Рисунок 4.8 – Сравнительный график теоретических и экспериментальных траекторий средних клубней картофеля

Совпадение теоретических и экспериментальных данных 95%. Лабораторно-полевые исследования показали, что траектория полета клубней представляет собой траекторию в форме параболы высотой около 0,06 м и длиной 0,20 м. Подскок клубней происходит в результате взаимодействия упругих композитных прутков с роликами. Полученные результаты сравнимы с работой обычных встряхивателей, расположенных под полотном со стальными прутками. Следует отметить, что площадь контакта композитного прутка с картофелем больше чем металлического прутка с картофелем из-за большего диаметра композитного прутка.

4.5 Результаты полевых испытаний машин, оснащенных сепарирующим элеватором с композитными прутками

Результаты хозяйственных испытаний модернизированного картофелекопателя приведены в таблицах 4.4-4.6 [66]. В таблице 4.4 представлена агротехническая оценка при полевых испытаниях, в таблице 4.5 – характеристика участка при полевых испытаниях, в таблице 4.6 – определение показателей качества работы картофелекопателя КТН-2В с сепарирующим элеватором из композитного материала при полевых испытаниях

Таблица 4.4 – Агротехническая оценка при полевых испытаниях в ООО «Авангард»

Наименование показателей	Дата 22.09.2020
Характеристики культуры:	
сорт картофеля	Ред Леди
способ посадки	Гребневой
биологическая зрелость клубней	Зрелые
состояние ботвы	Скошена
Характеристика гряды, высота , см.	22
Характеристика куста	
Высота среза ботвы, см	12
Густота насаждений, тыс. шт/га	55
Характеристики гнезда:	
Ширина, см	21
Глубина верхнего и нижнего клубней	3...16
Ширина междурядий, см	75
Фактическая урожайность клубней, т/ га	33,5

Таблица 4.5 – Характеристика участка при полевых испытаниях в ООО «Авангард»

Наименование показателя	Дата 22.09.2020
Тип почвы и название по механическому составу	Темно-серая лесная
Рельеф (уклон)	1...2%
Микрорельеф	Гряды
Влажность почвы в % по слоям, см	
0...5	20,9%

5...10	21,6%
10...15	22,5%
15...20	23,7%
20...25	24,8%
Число сорняков на 1 м ²	Отсутствуют
Масса сорняков кг/га	Отсутствуют
Число камней(более 50мм), шт/га	Отсутствуют
Температура воздуха, С ⁰	18
Температура почвы на глубине залегания клубней	16
Предшественник	Картофель
Предшествующая обработка	фрезерование

Таблица 4.6 – Определение показателей качества работы картофелекопателя КТН-2В с сепарирующим элеватором из композитного материала при полевых испытаниях в ООО «Авангард»

Показатели	Дата 22.09.2020
Глубина хода лемеха, см	18
Полнота выкапывания, %	98,3
Полнота уборки клубней, %	97,4
Собрано в тару	-
Оставлено на поверхности	-
Присыпано почвой	1,7
Оставлено в почве	0,9
Всего потерь	2,6
Повреждение клубней по массе, %	2,5
Количество повреждений приходящихся на 100 клубней	3
Содрана кожица более 1/4 до 1/2 поверхности	-
Содрана кожица более 1/2 поверхности	1
Вырывы мякоти глубиной более 5мм	-
Трещины длиной более 20мм	-
Раздавленные клубни	-
Потемнела мякоть глубиной более 5мм	1
Резанные клубни	1
Ширина полосы выкопанных клубней, см	83

Исходя из данных, полученных в результате проведенного исследования модернизированного картофелекопателя, подтвердили эффективность

применения разработанного элеватора с прутками из композитного материала в конструкции уборочных машин.

В результате изгиба композитных прутков под воздействием клубненосного пласта возникала волнообразная поверхность, что приводило к перегибам и разрывам клубненосного пласта, что улучшало сепарацию почвы и отделение клубней от примесей.

Сепарация почвы на элеваторе с композитными прутками возрастает на 12,7% в сравнении с обычными, на суглинистых почвах нормальной влажности (22%) при снижении повреждений клубней на 2,6%.

Экспериментальные данные были получены при уборке картофеля на площади 1,2 га при сравнении серийного картофелекопателя с картофелекопателем, оборудованным сепарирующим элеватором с композитными прутками. Оценку повреждений клубней картофеля при экспериментальных исследованиях проводили по стандартной методике ГОСТ 20915-75.

Выводы по 4 главе

Анализируя результаты исследования прочности соединения композиционных прутков с металлическими замками установлено, что соединение композиционных прутков с металлическими замками клеем ЭДП ГОСТ 10587-84, длиной 0,04 м соответствует прочности соединения клепочного соединения прутка с прорезиненными ремнями. При испытании образцов извлечение композитных прутков из холоднодеформированных трубок происходило при показателях 3510 и 3980 Н, что говорит о надежности данного соединения и возможности его применения в сельском хозяйстве.

Прогиб композитного прутка осуществляется согласно закону Гука, то есть прямой пропорциональной зависимости между нагрузкой и прогибом. Установлено, что при максимально возможной нагрузке 50 Н на пруток из арматуры композитной полимерной (ГОСТ 31938-2012), диаметром 12 мм, величина прогиба будет составлять около 0,012 м. Проведенные исследования

показали возможность изгиба прутка до значительного угла без изменения его свойств и функциональных возможностей.

Исследования на ударную вязкость образцов показали, что композитные прутки имеют достаточный запас ударной прочности и даже при значительных нагрузках полностью не разрушаются, а расщепляются на волокна. Расщепление на волокна обусловлено структурой материала. Средняя величина ударной вязкости образцов из композитного прутка составляет 766911,4 Дж/м².

В результате проведенных сравнительных исследований модернизированного и серийного картофелекопателя подтвердили эффективность применения разработанного элеватора с прутками из композитного материала в конструкции уборочных машин.

Применение модернизированного сепарирующего элеватора с композитными прутками позволило повысить сепарирующую способность сепарирующего устройства на 12,7% при работе на суглинках нормальной влажности (около 22%) количество повреждений клубней снижено на 2,6%. Повреждения оценивались по методике ГОСТ 20915-75. Общая площадь, убранная картофелекопателя, с сепарирующим элеватором из композитного материала, составила около 1,2 га.

Глава 5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ СЕПАРИРУЮЩЕГО ЭЛЕВАТОРА С ПРУТКАМИ ИЗ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА

Экономическая эффективность применения модернизированного полотна основного элеватора картофелекопателя с использованием прутков из композитного материала определялась согласно ГОСТ Р 53056-2008, с учетом результатов лабораторно-полевых испытаний.

«Абсолютные экономические показатели по специализированной технике, единичным образцам комбинированной и универсальной техники на отдельных технологических операциях определяют в расчете на единицу наработки. Совокупные затраты денежных средств на единицу наработки $I_{С.З.}$, руб./ед. наработки, вычисляют по формуле» [23, с. 3]

$$I_{С.З.} = (I + I_{К.П.} + I_{У.Т.} + I_{Э}) \quad (5.1)$$

«где I - прямые эксплуатационные затраты денежных средств, руб./ед. наработки;

$I_{К.П.}$ – затраты средств, учитывающие изменение количества и качества продукции, руб./ед. наработки;

$I_{У.Т.}$ – затраты средств, учитывающие уровень условий труда обслуживающего персонала, руб./ед. наработки;

$I_{Э}$ – затраты средств, учитывающие отрицательное воздействие на окружающую среду, руб./ед. наработки.» [23, с. 3]

«Прямые эксплуатационные затраты денежных средств на единицу наработки вычисляют по формуле» [23, с. 3]

$$I = Z + \Gamma + P + A + \Phi \quad (5.2)$$

«где Z – затраты средств на оплату труда обслуживающего персонала, руб./ед. наработки;

Γ – затраты средств на горюче-смазочные материалы, газ, электроэнергию, руб./ед. наработки;

P – затраты средств на ремонт и техническое обслуживание, руб./ед. наработки;

A – затраты средств на амортизацию, руб./ед. наработки;

Φ – прочие прямые затраты средств на основные и вспомогательные материалы, руб./ед. наработки» [23, с. 3].

«Затраты средств на оплату труда обслуживающего персонала вычисляют по формуле» [23, с. 3].

$$Z = \frac{1}{W_{CM}} L \tau K_3, \quad (5.3)$$

«где L – число обслуживающего персонала, чел.;

W_{CM} – производительность в единицах наработки за 1 час сменного времени (ГОСТ Р 52778);

τ – оплата труда обслуживающего персонала, руб./чел.-ч;

K_3 – коэффициент начислений на зарплату при различных формах налогообложения (единый социальный налог, единый сельскохозяйственный налог). 26%» [23, с. 4].

«Затраты средств на оплату труда дополнительных рабочих вычисляют по той же формуле» [23, с. 3]

«Производительность за 1 ч сменного времени, га/ч (т/ч, шт./ч), вычисляют по формуле» [23, с. 4]

$$W_{CM} = W_0 K_{CM}, \quad (5.4)$$

«где K_{CM} – коэффициент использования сменного времени.» [30, с. 4].

$$W_0 = \frac{F}{T_1}, \quad (5.5)$$

«где F – объем работы за период наблюдения, га (т, шт.);

T_1 – основное время за период наблюдения, ч.» [30, с. 4].

«Затраты средств на горюче-смазочные материалы, газ и электроэнергию вычисляют по формуле» [23, с. 4].

$$\Gamma = q_T \zeta_T K_{CM.M} \quad (5.6)$$

«где q_T – удельный расход топлива, газа, электроэнергии, кг/ед. наработки, м /ед. наработки, кВт·ч/ед. наработки;

ζ_T – цена 1 кг топлива, 1 м газа, 1 кВт·ч электроэнергии, руб./кг, руб./м , руб./кВт·ч;

$K_{CM.M}$ – коэффициент учета стоимости смазочных материалов» [23, с. 4].

«Затраты средств на ремонт и техническое обслуживание новой техники по нормам отчислений от цены машины вычисляют по формуле» [23, с. 4].

$$P = \frac{Br_p}{W_{ЭК}T_3} \quad (5.7)$$

«где B – цена техники (без НДС), руб.;

r_p – коэффициент отчислений на ремонт и техническое обслуживание техники;

$W_{ЭК}$ – производительность агрегата в час эксплуатационного времени, ед. наработки;

T_3 – годовая зональная фактическая загрузка техники, ч.» [23, с. 5]

«Затраты средств на амортизацию техники в хозяйственных субъектах различных организационно-правовых форм вычисляют по формуле» [23, с. 5]

$$A = \frac{B\alpha}{W_{ЭК}T_3} \quad (5.8)$$

«где α — коэффициент отчислений на амортизацию техники.» [23, с. 5]

«Уточненное значение коэффициента отчислений на амортизацию α вычисляют по формуле» [24]

$$\alpha = \frac{1}{T_{ф.с}} \quad (5.9)$$

«где $T_{ф.с}$ – фактический срок службы техники в зависимости от интенсивности ее использования, лет» [31].

«Прочие прямые затраты средств на основные и вспомогательные материалы вычисляют по формуле» [24].

$$\Phi = \sum_i h_i \Pi_{M_i} \quad (5.10)$$

«где h_i - удельный расход i -го вида материала, кг/ед. наработки, м/ед. наработки, шт./ед. наработки;

Π_{M_i} - стоимость единицы i -го вида расходуемого материала, руб.» [24].

«Затраты труда Z_T , чел.-ч/ед. наработки, при выполнении производственного процесса вычисляют по формуле» [24].

$$Z_T = \frac{L}{W_{CM}} \quad (5.11)$$

«Удельную остаточную стоимость новой и базовой техники Π_{OCT} , руб./ед. наработки, вычисляют по формуле» [24].

$$\Pi_{OCT} = \frac{B(\lambda_{T.P} - \lambda_{a.p})}{\lambda_{T.P} T_3 W_{ЭК}} \quad (5.12)$$

«где $\lambda_{T.P}$ — технический ресурс техники (по данным предприятия-изготовителя, зарубежной фирмы), ч;

$\lambda_{a.p}$ — ресурс техники (рассчитанный по фактическим данным хозяйствующих субъектов или по амортизационным нормативам Министерства сельского хозяйства Российской Федерации), ч.» [23, с. 6]

«Затраты денежных средств на страхование колесных тракторов, картофелекопателей на каждый тип технических средств вычисляют по формуле» [23, с. 6].

$$Z_{СТРХ} = \frac{1}{F_i} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Z_{СТРХ_{ji}} \frac{T_{\Phi_{jz}}}{T_{Г.\Phi_j}} \quad (5.13)$$

«где $Z_{СТРХ} = N_{пik_{ji}} K_{СТРХ_j}$ — годовые затраты на страхование j -го средства по i -й культуре, руб.,

где $N_{пik_{ji}}$ — потребность в j -м техническом средстве пикового периода по i -й культуре, шт.;

$K_{СТРХ_j}$ — годовая норма страхования по j -му техническому средству, руб.

$T_{Г.\Phi_j} = \frac{\sum_{i=1}^n (NN_{ji} N_i T_i)}{N_{пik_j}}$ — расчетная годовая загрузка j -го технического средства, ч;

$T_{\Phi_{jz}} = \frac{NN_{ji} N_i T_i}{N_{пik_j}}$ — фактическая загрузка j -го технического средства на z -м виде работ, ч.» [23, с. 7].

«Потребность в механизаторах в напряженный период работ $N_{пik_{mex}}$, чел., определяют по данным расчетов, проведенных с наложением на объем работ конкретной культуры» [23, с. 7].

«Капитальные вложения $K_{КОП}$, тыс, по сформированному парку машин по i -й культуре (по базовому или новому парку машин) определяют по формуле» [23, с. 7].

$$K_{КОП} = \sum N_{МАШ j} B_j \quad (5.14)$$

«где $N_{МАШ i}$ - число j -х машин в сформированном парке, шт.;

B_j - балансовая цена j -й машины, руб.» [30, с. 7].

«Годовую экономию совокупных затрат денежных средств от эксплуатации новой техники на отдельно взятой технологической операции $\mathcal{E}_{Г.Н}$, руб., вычисляют по формуле» [23, с. 7]

$$\mathcal{E}_{Г.Н} = F_i [(I_{С.З.б} - Ц_{ОСТ.б}) - (I_{С.З.Н} - Ц_{ОСТ.Н})] \quad (5.15)$$

«где F_i - объем работ на i -й операции, ед. наработки;

$I_{С.З.б}, I_{С.З.Н}$ - совокупные затраты денежных средств, включающие в себя прямые эксплуатационные затраты, значение величины убытка от снижения количества и качества продукции, от достигнутого уровня условий труда обслуживающего персонала, затраты от отрицательного воздействия на окружающую среду соответственно по базовой и новой технике, руб./ед. наработки;

$Ц_{ОСТ.б}, Ц_{ОСТ.Н}$ - удельная остаточная стоимость соответственно базовой и новой техники, руб./ед. наработки.» [23, с. 8]

«Годовую экономию совокупных затрат денежных средств от эксплуатации новой техники в расчете на годовой объем работ зональной агротехнологии в типичном хозяйстве $\mathcal{E}_{Г.Н}$, руб., вычисляют по формуле» [23, с. 8]

$$\mathcal{E}_{Г.Н} = [(\sum_{i=1}^n I_{С.З.б} - \sum_{i=1}^n C_{ОСТ.б}) - (\sum_{i=1}^n I_{С.З.Н} - \sum_{i=1}^n C_{ОСТ.Н})], \quad (5.16)$$

«где $I_{С.З.б_i}, I_{С.З.Н_i}$ — совокупные затраты денежных средств на выполнение i -го объема работ в типовом хозяйстве базовым, новым картофелекопателем соответственно, руб.;

$C_{ОСТ.б_i}, C_{ОСТ.Н_i}$ — удельная остаточная стоимость техники на i -й операции с применением базового, нового и базового картофелекопателя соответственно, руб.;

N — число уборочных машин» [23, с. 8].

«Верхний предел цены специализированной новой техники $C_{Л}$, руб., вычисляют по формуле» [23, с. 9].

$$C_{Л} = \frac{\mathcal{E}_{Г.Н}}{a_{Н}} + B_{Н} \quad (5.17)$$

«где $a_{Н}$ — коэффициент отчисления на амортизацию новой техники.» [23, с. 9]

«Годовую экономию затрат труда при эксплуатации единичных образцов новой техники на отдельной технологической операции или на нескольких операциях зональной агротехнологии, чел.-ч, вычисляют по формулам» [23, с. 9]

$$Z_{T.G} = F_i(Z_{T.б} - Z_{T.H}) \quad (5.18)$$

$$Z_{T.G} = \sum_j F_i(Z_{T.б} - Z_{T.H}) \quad (5.19)$$

«где $Z_{T.б} - Z_{T.H}$ - трудоемкость выполнения механизированных работ на единицу наработки базовой и новой техники соответственно, чел.-ч/ед. наработки.» [23, с. 8]

«Годовую экономию затрат труда при эксплуатации специализированной новой техники на объем работ $Z_{T.G}$, чел.-ч, вычисляют по формуле» [30, с. 8]

$$Z_{T.G} = B_i(Z_{T.б} - Z_{T.H}) \quad (5.20)$$

«где $L_{б_{MAX}}, L_{K_{MAX}}$ - потребность в механизаторах в напряженный период работ для базового и нового картофелекопателя соответственно, чел.» [23, с. 9]

«В данном случае экономический эффект напрямую связан с уменьшением затрат, а конкретно с уменьшением потерь и повреждений при уборке картофеля. Потери при работе картофелеуборочного копателя с композитными прутками в конструкции сепарирующего элеватора находится по формуле:» [23, с. 9]

$$П_{K1} = Y_K \cdot a_{П} \cdot Ц_{П}, \quad (5.21)$$

«где

$a_{П}$ - коэффициент уменьшения потерь клубней картофеля;

Y_K - средняя урожайность картофеля, т/га;

C_{II} - средняя цена картофеля, руб/т.» [23, с. 9]

«При использовании композитных прутков в конструкции сепарирующего элеватора показатель повреждения клубней уменьшается, что в свою очередь отражается на экономическом эффекте, который составит:» [23, с. 9]

$$P_{K1} = Y_K \cdot a_{нк} \cdot C_p \quad (5.22)$$

«где

$a_{нк}$ – коэффициент, учитывающий уменьшение повреждений клубней;

C_p – разница в цене между продовольственными и повреждёнными клубнями, руб» [23, с. 9]

Цеховые затраты по изготовлению модернизированного полотна элеватора с прутками из композитного материала составят:

$$C_y = C_{\partial} + C_{нд} + C_{вм} + C_{он} + C_{прсбу}, \quad (5.23)$$

где C_y – стоимость изготовления пруткового элеватора, руб.;

$C_{прсбу}$ – оплата труда рабочих задействованных при изготовлении пруткового элеватора, руб.;

$C_{нд}$ – стоимость покупки стандартных деталей, руб.;

$C_{вм}$ – стоимость покупки вспомогательных материалов, руб.;

$C_{он}$ – накладные расходы при производстве пруткового элеватора, руб.;

$C_{прсбу}$ – оплата труда рабочих, задействованных на сборке пруткового элеватора, руб.

Стоимость стандартных деталей ($C_{нд}$) берётся исходя из рыночных цена, установленных на данный момент.

Оплата труда рабочих при изготовлении пруткового элеватора, руб.:

$$C_{прид} = C_{прд} + C_{дд} + C_{соцд}, \quad (5.24)$$

где $C_{прд}$ и $C_{дд}$ – основная и дополнительная оплата труда рабочих, задействованных на изготовлении составных элементов конструкции пруткового элеватора, руб.;

$C_{соцд}$ – средства выделяемые на социальные нужды производственных рабочих, задействованных на изготовлении составных элементов конструкции пруткового элеватора, руб.

Основная оплата труда рабочих, занятых на изготовлении составных элементов конструкции пруткового элеватора, руб.:

$$C_{прд} = t_{срд} \cdot C_{ч}, \quad (5.25)$$

где $t_{срд}$ – средняя трудоёмкость изготовления составных элементов конструкции пруткового элеватора, чел.-ч.;

$C_{ч}$ – часовая ставка производственных работников, рассчитываемая исходя из среднего разряда, руб./ч.

Дополнительная оплата труда работников, задействованных на изготовлении составных элементов конструкции пруткового элеватора, руб.:

$$C_{\partial\partial} = (K_{\partial} - 1) \cdot C_{np\partial} \quad (5.26)$$

где K_{∂} – коэффициент, определяющий доплаты к основной оплате труда работников, варьируемый от 1,125 до 1,130.

Средства выделяемые на социальные нужды, руб.:

$$C_{соц\partial} = R_{соц} (C_{np\partial} + C_{\partial\partial}) / 100 \quad (5.27)$$

где $R_{соц}$ – процент средств на социальные нужды (35,6 %).

Оплата труда рабочих, задействованных на сборке пруткового элеватора, руб.:

$$C_{npсбу} = C_{npсб} + C_{\partialсб} + C_{соцсб}, \quad (5.28)$$

где $C_{npсб}$, $C_{\partialсб}$ – основная и дополнительная оплата труда рабочих, задействованных на сборке пруткового элеватора, руб.;

$C_{соцсб}$ – средства выделяемые на социальные нужды, рассчитываемые исходя из заработной платы работников и объема выполняемых работ, руб.

Основная оплата труда рабочих, задействованных на сборке пруткового элеватора, руб.:

$$C_{npсб} = t_{сб} \cdot C_{ч4}, \quad (5.29)$$

где $C_{ч4}$ – фиксированная часовая ставка для работников 4 разряда, руб./ч;

$t_{сб}$ – нормативная трудоёмкость сборки составных элементов конструкции пруткового элеватора находится из выражения:

$$t_{сб} = K_c \cdot C_{чсб}, \quad (5.30)$$

где K_c – коэффициент, учитывающий зависимость между полным и ускоренным временем сборки составных элементов конструкции пруткового элеватора (равен 1,08);

$C_{чсб}$ – общая трудоёмкость сборки составных элементов конструкции пруткового элеватора, чел.-ч:

$$C_{чсб} = \sum t_{сбс} / 60, \quad (5.31)$$

где $t_{сбс}$ – трудоёмкость сборки различных видов составных элементов конструкции пруткового элеватора, мин.

Общепроизводственные накладные расходные средства на изготовление пруткового элеватора, руб.:

$$C_{он} = 0,01 \cdot R_{он} \cdot C_{пр}, \quad (5.32)$$

где $C_{пр}$ – основная оплата труда рабочих, задействованных на изготовлении составных элементов конструкции пруткового элеватора (включая сборку), руб.;

$R_{он}$ – процентная ставка общепроизводственных расходов.

Оплата труда рабочих задействованных на переоборудовании картофелеуборочного копателя находится по формуле:

$$C_{пер} = 0,7 \cdot C_{пр} \quad (5.33)$$

Предлагаемая конструкции пруткового элеватора определенных настроек не требует, исходя из этого затраты на настройку равны 0.

Таблица 5.1 – Основные стоимостные показатели производства модернизированного элеватора с прутками из композитного материала представлены в таблице

Наименование	Условное обозначение	Сумма, руб.
Оплата труда рабочих, задействованных на изготовлении составных элементов конструкции пруткового элеватора, руб.	C_{∂}	959.65
Стоимость покупки стандартных деталей	C_{nd}	23000
Стоимость покупки вспомогательных материалов	$C_{вм}$	690.00
Накладные расходы при производстве пруткового элеватора, руб.;	$C_{оп}$	568.75
Оплата труда рабочих, задействованных на сборке пруткового элеватора, руб.	$C_{прсбу}$	462.12
Стоимость изготовления пруткового элеватора	C_y	25680,55

Таблица 5.2 - Структура себестоимости продукции с включением в состав зональных агротехнологий новой техники [23, с. 2]

Наименование показателя	Значение показателя по сравниваемым вариантам машинных агротехнологий				Индекс изменения показателя, %
	базовая система машин		новая система машин		
	руб./га	руб./т	руб./га	руб./т	
1	2	3	4	5	6
Затраты средств на оплату труда	450	12,5	450	12,5	0
Затраты средств на оплату труда дополнительных рабочих	450	12,5	450	12,5	0
Затраты средств на топливо- смазочные материалы	861,7	25,72	783,3	23,38	0,09
Затраты средств на ремонт и техническое обслуживание	1250	37,31	1041	31,54	0,17
Затраты средств на амортизацию	804,86	24,03	772,24	23,05	0,04
Итого: прямые эксплуатационные затраты денежных средств	3816,56	112,06	3495,54	102,97	0,8
Значение величины убытка от количества и качества продукции	110	3,28	110	3,28	0
Значение величины убытка от уровня условий труда и техники безопасности	50	1,49	50	1,49	0

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6
Значение величины убытка от отрицательного воздействия на окружающую среду	250	7,46	250	7,46	0
Итого: совокупные затраты денежных средств	4226,56	124,29	3905,54	115,20	0,7
Затраты денежных средств на страхование техники	720	21,49	720	21,49	0
Затраты денежных средств от потерь клубней	12616	380	8632	260	0,3
Затраты денежных средств от повреждения клубней	6640	200	4150	125	0,4
Всего затрат денежных средств	24202,56	725,78	17407,54	521,69	0,3

Суммарный экономический эффект от внедрения модернизированного сепарирующего элеватора с прутками из композитного материала на копателе КТН-2В составил 407701,2руб. в год (6795,02 в расчете на 1 га) при уборке 60га.

Выводы по 5 главе

Экономический эффект от введения в эксплуатацию картофелекопатель КТН – 2В с модернизированным сепарирующим элеватором оснащенным прутками из композитного материала определяли, исходя из сравнительного анализа затрат серийного и предлагаемого, модернизированного копателя.

В качестве серийного варианта выступал картофелекопатель КТН-2В со стандартным сепарирующим рабочим органом. Стоимость данного копателя составляет 305000 рублей, из которых 34000 рублей стоимость пруткового полотна.

Стоимость изготовления сепарирующего элеватора с композитными прутками составляет 25680,55 рублей, исходя из этого общая стоимость картофелекопателя КТН-2В оснащенного модернизированным сепарирующим элеватором с композитными прутками составит 295680,55 рублей, что ниже цены серийного копателя.

Годовой экономический эффект от внедрения модернизированного сепарирующего элеватора с прутками из композитного материала на копателе КТН-2В составил 407701,2руб. в год (6795,02 в расчете на 1 га) при уборке 60га.

Заключение

1. Исследование кинематики компонентов клубненосного пласта при воздействии композитных прутков показало, что за счет эластичности комбинированных прутков существует возможность интенсивного воздействия на клубненосный пласт.

2. Теоретические исследования взаимодействия компонентов клубненосного пласта с прутковым элеватором, позволили установить, что дальность полета компонента клубненосного пласта составляет от 0,17 м до 0,21 м. При обосновании сепарирующего элеватора установлено, что пруток из композитного материала должен иметь следующие параметры: модуль упругости $E = 55000$ МПа; диаметр композитного прутка $d = 0,012$ м при длине 1,26 м.

3. Экспериментальные исследования изгиба композитного прутка показали, что при максимально возможной нагрузке на пруток около 50 Н, величина прогиба будет составлять около 0,012 м. Проведенные исследования изгиба прутка определили возможность значительного изгиба прутка без изменения его свойств и функциональных возможностей. Экспериментальные исследования определили, что прочность соединения композитных прутков с металлическими замками с применением клея ЭДП ГОСТ 10587-84 длиной 0,04 м соответствует прочности соединения клепочного соединения прутка с прорезиненными ремнями.

4. Экспериментальные исследования установили, что применение сепарирующего элеватора с композитными прутками увеличило сепарирующую способность картофелекопателя на 12,7% при уборке на суглинке нормальной влажности 22% и снизило повреждения клубней на 2,6%.

5. Годовой экономический эффект от внедрения модернизированного сепарирующего элеватора с прутками из композитного материала на копателе

КТН-2В составил 407701,2руб. в год (6795,02 в расчете на 1 га) при уборке 60га.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Целесообразно продолжить научные исследования в направлении совершенствования рабочих органов картофелеуборочных машин на основе применения композитных материалов для различных почвенно- климатических условий.

Рекомендации производству

Для повышения эффективности функционирования картофелеуборочных машин рационально использовать композитные материалы в конструкции сепарирующего элеватора.

Список источников

1. Аббасов, Г.И. Исследование технологического процесса уборки и послеуборочной обработки картофеля [Текст] / Г.И. Аббасов // В сборнике: Аграрная наука. – Гянджа, 2019. – №6 – С. 33-35.
2. Байбобоев, А.Н. Расчёт технологического процесса сепарации почвы с рыхлительным барабаном [Текст] / А.Н. Байбобоев, С.Т. Кодиров, Ш.Б. Акбаров, У.Г. Гоипов, А.А. Хамзаев // В сборнике: Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства, Материалы Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 60-64.
3. Беляев, Н.М. Сопротивление материалов [Текст] / Н.М. Беляев // Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука». 1976 . – стр. 608.
4. Бортник, А.В. Мероприятия по повышению эксплуатационных показателей автотракторной техники при внутрихозяйственных перевозках в АПК [Текст] / А.В. Бортник, И.А. Успенский, И.А. Юхин, В.А. Волченкова // В сборнике: Техника и оборудование для села.– Рязань, Академия ФСИН России, 2019. –№ 9(267). – С. 33-36.
5. Борычев, С.Н. Технологии уборки картофеля: общие вопросы [Текст] / С.Н. Борычев, И.В. Лучкова // В сборнике: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса, Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. – Рязань, РГАТУ, 2019. – С. 71-75.
6. Бышов, Н.В. Об интенсификаторах сепарации картофелеуборочных машин [Текст] / Н.В. Бышов, Г.К. Рембалович, Н.Н. Якутин, Д.В. Калмыков, Н.В. Симонова // Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ, 2019. - С. 106-110.

7. Бышов, Н.В. Научно-методические основы расчета сепарирующих рабочих органов и повышение эффективности картофелеуборочных машин [Текст] / Н.В. Бышов // Дис. ... докт. техн. наук. – Рязань, 2000. – 414с.
8. Бышов, Н.В. Перспективы картофелеводства в рязанском АПК [Текст] / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.К. Рембалович, А.А. Желтоухов // Статья в журнале: Сельский механизатор. – Москва, 2018. – №2 – С. 17-18.
9. Бышов, Н.В. Перспективы применения системно-информационного подхода к формированию качества плодоовощной продукции при уборке, транспортировке и хранении [Текст] / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович, Н.А. Костенко, Д.А. Лапин // Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета. – 2016.–№123. – С. 841 – 855. [Электронный ресурс]. URL:<http://ej.kubagro.ru/2016/09/pdf/57.pdf>
10. Бышов, Н.В. Перспективы эксплуатации машин для уборки картофеля, оснащенных системами "бережной" сепарации [Текст] / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.К. Рембалович, Д.А. Лапин // В сборнике: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве, Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань, РГАТУ, 2017. – С. 80-87.
11. Бышов, Н.В. Повышение эффективности функционирования картофелеуборочной техники путем модернизации сепарирующих рабочих органов [Текст] / Н.В. Бышов, И.А. Успенский, Г.К.Рембалович, А.А. Голиков / Сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ВНИИКХ. – 2015. С. 3-5.
12. Бышов, Н.В. Принципы и методы расчета и проектирования рабочих органов картофелеуборочных машин [Текст] / Н.В. Бышов, А.А. Сорокин, И.А. Успенский, С.Н. Борычев, К.Н. Дрожжин // учебное пособие. – Рязань, РГАТУ, 2005. – 284 с.

13. Бышов, Н.В. Уборка картофеля в рязанской области [Текст] / Н.В. Бышов, Н.Н. Якутин, В.Д. Липин, А.А. Голахов, Н.В. Симонова // Материалы национальной научно-практической конференции, Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ, 2019. - С. 220-224.

14. Бышов, Н.В. Принципы и методы расчета и проектирования рабочих органов картофелеуборочных машин [Текст] / Н.В. Бышов, А.А. Сорокин, И.А. Успенский // учебное пособие. – Рязань, РГАТУ, 2005.-284 с.

15. Бышов, Н.В. Теоретические и практические основы применения современных сепарирующих устройств со встряхивателями в картофелеуборочных машинах [Текст] / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.К. Рембалович // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – №89. – С. 866 – 876. [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/58.pdf>.

16. Васильева, О.П. Комбайн с отделителем клубней в восходящем потоке вороха [Текст] / О.П. Васильева, Л.Л. Максимов// Материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева. – 2018. С 282-286.

17. Васильева, О.П. Экономическая эффективность использования малогабаритного картофелеуборочного комбайна [Текст] / О.П. Васильева, Л.Л. Максимов, Я.Л. Максимова, А.К. Струнов// В сборнике: Научное обеспечение инженерно-технической системы АПК: проблемы и перспективы. – 2020. С. 9-15.

18. Гаджиев, П.И. Влияние факторов на крошение почвы [Текст] / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанов, А.И. Алексеев, Т.Ш. Гаджиев // В сборнике: Ресурсосберегающее энергетическое оборудование и машины для производства сельскохозяйственной продукции. – 2018. С. 21-25.

19. Гаджиев, П.И. Машины для производства картофеля в тяжелых почвах [Текст] / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанов, А.И. Алексеев // В сборнике: В

сборнике: Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК. – 2018. С. 230-234.

20. Гаджиев, П.И. Повышение эффективности обработки почвы для комбайновой уборки картофеля [Текст] / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанов, К.А. Манаенков // Статья в журнале: Наука в центральной России. – 2020. – №4 (46). – С. 33-40.

21. Гаджиев, П.И. Способ подготовки почвы под картофель [Текст] / П.И. Гаджиев, М.М. Махмутов, А.И. Алексеев, Р.Л. Сахапов, М.М. Махмутов // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2018. – №28 (33). – С. 40-45.

22. Гаджиев, П.И. Улучшение качества обработки почвы для комбайновой уборки картофеля [Текст] / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанов, А.И. Алексеев // Статья в журнале: Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2020. – №5 – С. 46-55.

23. ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки – М.: Стандартинформ, 2009 – 20 с.

24. ГОСТ Р 52778-2007 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки – М.: Стандартинформ, 2009 – 20 с.

25. Гузалов, А.С. Повышение эффективности уборки картофеля с использованием инновационной техники во владимирской области [Текст] / А.С. Гузалов, Т.В. Ивлева // В сборнике: Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК, Материалы XI Международной научно-практической интернет конференции. – Москва, РГАУ-МСХА, 2019. – С. 421–425.

26. Гусева, Н.В. Разработка методики исследования ударного взаимодействия модели клубня картофеля с рабочими органами уборочных машин [Текст] / Н.В. Гусева, М.М. Киселев, В.Н. Костылев, П.Л. Максимов, Ю.А. Боровиков, Н.Д. Давыдов // материалы Международной научно-практической

конференции: в 3 томах. ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – 2018. С. 124-126.

27. Дородов, П.В. О прочности элементов конструкций сельхозмашин из полимерных композитных материалов [Текст] / П.В. Дородов, П.Л. Максимов, Н.Д. Давыдов, Р.А. Жуйков// Вестник ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №3 (52). – С. 41-48.

28. Дородов, П.В. Обоснование модернизации пруткового элеватора копателя-сборщика картофеля кск-1 путем использования композитных материалов [Текст] / П.В. Дородов, П.Л. Максимов, Н.Д. Давыдов// Техника и оборудование для села. – 2017. – №6.– С. 27-31.

29. Дорофеева, К.А. Особенности конструкции и применения карданных валов в зарубежной сельскохозяйственной технике и их эксплуатационная надежность [Текст] / К.А. Дорофеева, Я.А. Волошин, И.А. Успенский, И.А. Юхин, В.К. Киреев // В сборнике: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса, Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань, РГАТУ, 2019. – С. 177-182.

30. Дорохов, А.С. Лабораторные исследования ударных воздействий роликовой сортировальной машины на клубни картофеля [Текст] / А.С. Дорохов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов, Н.В. Сазонов // В сборнике: Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. Т. 22. № 1. С. 119-127.

31. Евтехов, Д.В. Анализ схемно-конструктивных решений интенсификаторов сепарации в [Текст] / Д.В. Евтехов // В сборнике: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса Материалы Национальной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства. – Рязань, РГАТУ, 2019. – С. 56-63.

32. Жбанов, Н.С. Исследование эксплуатационных показателей картофелеуборочных машин с модернизированными рабочими органами [Текст] / Н.С. Жбанов, Д.В. Евтехов, Р.В. Безносок [и др.] // Вестник Рязанского

государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ, 2021. – № 1 (49). – С. 112-119.

33. Жбанов, Н.С. Исследование траекторий движения клубней картофеля при подбрасывании на полотне из композитных прутков [Текст] / Н.С. Жбанов, С.Т. Кодиров, М.Ю. Костенко [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ, 2021. – № 3. – С. 100-105.

34. Жбанов, Н.С. Влияние элементов сепарирующего элеватора картофеле-уборочных машин на его надежность [Текст] / Н.С. Жбанов, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 7 (277). – С. 34-37.

35. Жбанов, Н.С. Исследования свойств композиционных материалов, применяемых в картофелеуборочных машинах [Текст] / Н.С. Жбанов, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ, 2020. – № 2 (46). – С. 69-75.

36. Жбанов, Н.С. Обоснование жесткости композиционных прутков элеватора картофелеуборочной машины / Н.С. Жбанов, М.Ю. Костенко, Н.А. Костенко, Г.К. Рембалович // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – №04(158). С. 215 – 228. – IDA [article ID]: 1582004016. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2020/04/pdf/16.pdf>, 0,875 у.п.л.

37. Жбанов, Н.С. Влияние конструктивно-технологической схемы на показатели работы картофелеуборочной машины [Текст] / Н.С. Жбанов, Н.В. Бышов, С.Н. Борычев [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ, 2019. – № 1 (41). – С. 15-21.

38. Жбанов, Н.С. Исследование траекторий движения клубней при взаимодействии композитных прутков с роликами интенсификаторами [Текст] / Н.С. Жбанов // В сборнике: Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации. Материалы 72-й Международной научно-практической конференции Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ, 2021. – С. 193-196.

39. Жбанов, Н.С. Методика исследований физико-механических свойств композитных материалов, применяемых в сельском хозяйстве [Текст] / Н.С. Жбанов, М.Ю. Костенко, Д.Е. Шубин // В сборнике: Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения. Материалы 71-й Международной научно-практической конференции Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ, 2020. – С. 115-118.

40. Жбанов, Н.С. Применение композиционных материалов в сельскохозяйственном машиностроении [Текст] / Н.С. Жбанов, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносюк [и др.] // В сборнике: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России. Материалы 70-й Национальной научно-практической конференция Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ, 2019. – С. 221-226.

41. Жбанов, Н.С. Анализ конструкций прутков сепарирующих элеваторов картофелеуборочных машин [Текст] / Н.С. Жбанов, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносюк // В сборнике: Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса. Материалы 70-й Международной научно-практической конференции Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ, 2019. – С. 205-211

42. Жевора, С.В. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле [Текст] / С.В. Жевора, Л.С. Федотова, В.И. Старовойтов и др. // учебное пособие. – Москва, ФГБНУ ВНИИКХ, 2019. – 120.

43. Жевора, С.В. Приоритетные направления инновационного развития картофелеводства [Текст] / С.В. Жевора, Б.В. Анисимов, Е.А. Симаков, Е.В. Овэс, В.И. Старовойтов// Селекция и семеноводство картофеля. – Чебоксары, 2020. С. 20–25.

44. Зинченко, С.И. Уборка и послеуборочная доработка клубней картофеля [Текст] / С.И. Зинченко, А.А. Григорьев, Л.И. Ильин, И.М. Щукин, И.Д. Федулова, А.А. Безменко, И.В. Князева // В сборнике: Высокопродуктивные экологически безопасные технологии возделывания картофеля на почвах верневолжья. – Иваново, 2019. – С. 75-78.

45. Ибрагимов, Р.Р. Проблемы механизации уборки картофеля на малогабаритных участках [Текст] / Р.Р. Ибрагимов , И.Х. Максимов , Р.Г. Ахмаров // В сборнике: Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК, Материалы международной научно-практической конференции в рамках XXIX Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2019». – Уфа, РГАУ. - 2019. – С. 75-78.

46. Иванов, А.Г. Применение методов механики к исследованию рабочих процессов калибрующих устройств для картофеля [Текст] / А.Г. Иванов, П.Л. Максимов, Л.Л. Максимов и др.// Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. Ижевск.: Наука. – 2021. С. 260.

47. Измайлов, А.Ю. Современные технологии и специальная техника для картофелеводства [Текст] /А.Ю. Измайлов, Н.Н. Колчин, Я.П. Лобачевский, Н.Г.Кынев// Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015 – №2 – С.43-47.

48. Измайлов, А.Ю. Современные технологии и техника для сельского хозяйства - тенденции выставки AGRITECHNIKA 2019 [Текст] / А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский, А.С. Дорохов, А.В. Сибирёв // Тракторы и сельхозмашины. – 2020.– №6. – С. 28-40.

49. Измайлов, А.Ю. Интенсивные машинные технологии и техника нового поколения для производства основных групп сельскохозяйственной продукции [Текст] /А.Ю. Измайлов, Ю.Х. Шогенов //Техника и оборудование для села. – 2017. №7. С. 2-6.

50. Исаев, Д.В. Повышение эффективности транспортного обслуживания комбайновой уборки картофеля [Текст] / Д.В. Исаев, И.С. Кручинкина // В сборнике: Студенческая наука - первый шаг в академическую науку, Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции с участием школьников 10-11 классов. – Чебоксары, 2019. – С. 35-38.

51. Камалетдинов, Р.Р. Научно-методологическое обоснование технологий и технических средств возделывания и уборки картофеля на основе объектно-ориентированного моделирования: автореф. дис...д.т.н. 05.20.01 [Текст] / Р.Р. Камалетдинов // Башкир. гос. аграр. ун-т. – Уфа, 2017 г. -22с.

52. Камалетдинов, Р.Р. Результаты испытаний экспериментального образца картофелекопателя к тракторам малого класса тяги [Текст] /Камалетдинов Р.Р. Кутлубаев А.А.// В сборнике: Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК материалы международной научно-практической конференции в рамках XXVIII Международной специализированной выставки "Агрокомплекс-2018". Башкирский государственный аграрный университет. – 2018. С. 85-88.

53. Камалетдинов, Р.Р. Рекомендации по совершенствованию рабочих органов машин для уборки картофеля 2-е издание [Текст] / Р.Р. Камалетдинов // Башкир. гос. аграр. ун-т. – Уфа, 2014- 44 с.

54. Камалетдинов, Р.Р. Фрикционный сепаратор корнеклубнеплодов [Текст] / Р.Р.Камалетдинов, И.Р.Сабирзянов// Сельский механизатор. – 2014. № 8. С. 4.

55. Канатъев, А.А. В. Перспективные направления интенсификации подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин [Текст] / А. В.

Канатьева, Д.А.Лапин, А. С.Лучина,М. А. Фархатов // Молодой ученый. – 2017. – N11-3. – С. 7 – 10.

56. Карташов, С.Г. Новый способ и устройство для уборки и трёхстадийной очистки клубней топинамбура [Текст] / С.Г.Карташов // Вестник ВИЭСХ. – 2017. №3(28). С. 114-119.

57. Колчин, Н.Н. Машинная уборка картофеля: от швырялки до комбайна [Текст] / Н.Н. Колчин, Н.В. Бышов, А.Г. Пономарев//Картофель и овощи. – 2015-№6.-С. 28-33.

58. Колчин, Н.Н. Выставка POTATOEUROPE 2015 [Текст] /Н.Н. Колчин, Н.В.Бышов, А.Г. Пономарев//Картофель и овощи .– 2016 – №1. – С. 24-27.

59. Колчин Н.Н. Как снизить повреждение клубней в машинных технологиях/ Н.Н. Колчин, А.Г. Пономарев, С.Н. Петухов // В сборнике: Картофель и овощи. – 2019. № 3. С. 14-16.

60. Кондауров, Д.А Перспективные направления и технические средства для улучшения качества сепарации почвы при машинной уборке картофеля [Текст] / Д.А Кондауров, А.В Михеев, И.А Успенский , Г.К Рембалович ,Г.Д Кокорев , Д.А Лапин // Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ, 2019. - С. 270-274.

61. Костенко, М.Ю. Исследование сепарирующей способности прутковых элеваторов [Текст] / М.Ю. Костенко, Н.А. Костенко // Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава ФГОУ ВПО РГАТУ имени П.А. Костычева. – Рязань, 2008 – С. 146-148.

62. Костенко, М.Ю. Технология уборки картофеля в тяжелых полевых условиях с применением инновационных решений в конструкции и обслуживании уборочных машин: дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / Михаил Юрьевич Костенко. – Рязань, 2011. - 462 с.

63. Костенко, М.Ю. Повышение сепарирующей способности элеваторов путем применения секционных комбинированных прутков [Текст] / М.Ю.

Костенко, С. Т. Кодиров, М.М. Ляшин [и др.] // В сборнике: Совершенствование конструкций и эксплуатации техники. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию заслуженного деятеля науки и техники РФ, академика РАТ, доктора технических наук, профессора Н.Н. Колчина. Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ, 2021. – С. 13-17.

64. Крыгин, С.Е. Пути совершенствования механизированной уборки картофеля на тяжелых суглинистых почвах Рязанской области [Текст] / С.Е. Крыгин, Е.Е. Крыгина // В сборнике: Инновационные технологии отечественной селекции и семеноводства, Всероссийского форума по селекции и семеноводству. (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ, 2018. – С. 124 – 126.

65. Кузьмин, А.В. Анализ математической модели процесса отделения растительных примесей роторным сепаратором картофелекопателя [Текст] / А.В. Кузьмин, С.С. Остроумов, С.Н. Шуханов // Вестник Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления. – УланУде, ВСГУТУ, 2018. –№ 3 (70). – С. 25-30.

66. Кузьмин, А.В. Обоснование взаимного расположения рабочих органов картофелеуборочной машины [Текст] / А.В. Кузьмин, С.С. Остроумов // В сборнике: Проблемы механики современных машин, материалы VII Международной научной конференции. Иркутск. – 2018. – С.48– 51.

67. Куцев, И.Е. Разработка разветвляющейся технологии уборки картофеля с обоснованием параметров и режимов работы сепарирующих устройств [Текст] автореферат диссертации на соискание ученой степени д.т.н. – Рязань, 1999.- 36 с.

68. Лапин, Д.А. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочных машин для работы в тяжелых условиях [Текст] /Д.А. Лапин, Г.К. Рембалович, И.А. Успенский //Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона. Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции ФГБОУ ВО РГАТУ. – Рязань, 2016. – С. 83 – 86.

69. Лапин, Д.А. Сравнение интенсификаторов сепарирующих элеваторов по воздействию на компоненты картофельного вороха [Текст] / Д.А. Лапин // В журн. «Вестник РГАТУ». – 2018. – С. 135 – 137.

70. Лапин, Д.А. Теоретические исследования траекторий движения компонентов картофельного вороха на прутковом элеваторе уборочной машины при работе дисковых интенсификаторов [Текст] / Д.А. Лапин, Д.А. Волченков, И.И. Гришин, Б.А. Нефедов. // Международный научный журнал. – 2017. – №6. – С. 107 – 112.

71. Лачуга, Ю.Ф. Приоритетные направления научно-технического развития отечественного тракторостроения [Текст] / Ю.Ф. Лачуга, А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский // Техника и оборудование для села. – 2021. – №2 (284). – С. 2-7.

72. Лачуга, Ю.Ф. Интенсивные машинные технологии, роботизированная техника и цифровые системы для производства основных групп сельскохозяйственной продукции [Текст] / Ю.Ф. Лачуга, А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский, Ю.Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. – 2018. №7. С. 2-7.

73. Липатова, М.А. Способы уборки и хранения картофеля в России [Текст] / М.А. Липатова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ, 2019. – № 1 (8). – С. 85-91.

74. Максимов, Л.Л. Обоснование параметров сепарирующего устройства малогабаритного картофелеуборочного комбайна [Текст] : Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Саранск, 2019.

75. Максимов, Л.Л. Оптимизация параметров сепарирующего устройства восходяще-сходящего действия малогабаритного картофелеуборочного комбайна [Текст] / Л.Л. Максимов, О.П. Васильева, Я.Л. Максимова // В сборнике: Аграрная наука - сельскохозяйственному производству. – 2019. С. 101-105.

76. Манохина, А.А. Машины для уборки картофеля [Текст] / А.А. Манохина, О.А. Старовойтова, В.И. Старовойтов // в сборнике: III

Международной научно-практической конференции. Под редакцией О.Н. Дидманидзе, Н.Е. Зими́на, Д.В. Виноградова. – 2018. С. 180-187.

77. Мерзляков, М.В. Применение технологий возделывания картофеля в условиях удмуртской республики [Текст] / М.В. Мерзляков // В сборнике труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск, 2019. – С. 1165-1168.

78. Михеев, В.В. К вопросу механизации уборки топинамбура [Текст] / В.В. Михеев, В.И. Еремченко, П.А. Еремин, В.К.Пышкин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2018. Т. 48. №3. С. 65-70.

79. Нестерович, Э.О. Исследование воздействия на клубненосный пласт элеватора картофелеуборочной машины [Текст] / Э.О. Нестерович, Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.К. Рембалович // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ, 2018. –№ 1 (37). – С. 89-95.

80. Новиков, Н.Н. К вопросу надежности картофелеуборочных машин [Текст] / Н.Н. Новиков, Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, Д.Н. Бышов, Д.А. Лапин, Н.А. Костенко // Статья в журнале: Техника и оборудование для села. – Москва, 2018. – №9 – С. 25-28.

81. Пат. 135224 U1 Российская Федерация, МПК А01D13/00 Картофелекопатель/Первушин В.Ф., Левшин А.Г., Зверев Н.П., Салимзянов М.З., Фатыхов И.Ш., Корепанов Ю.Г., Касимов Н.Г., Арсланов Ф.Р.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ижевская гос. с.-х. академия.//№ 2013113202/13; заявл. 25.03.13; опубл. 10.12.13, Бюл. № 34. -3 с.

82. Пат. 158737 U1 Российская Федерация, МПК А01D 13/00 Картофелекопатель / Первушин В.Ф., Левшин А.Г., Салимзянов М.З., Фатыхов И.Ш., Касимов Н.Г., Шамаев Е.В., Лебедев И.Ю. заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ижевская гос. с.-х. академия.//№ 2015119094/13, заявл. 2015.05.20, опубл. 2016.01.20.

83. Пат. 198736 U1 Российская Федерация, Устройство для сепарации вороха корнеплодов и луковиц/ Дорохов А.С., Сибирёв А.В., Аксенов А.Г.,

Мосяков М.А., Сазонов Н.В., заявитель и патентообладатель Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ//№ 2020111329; заявл. 19.03.2020.

84. Пат. 2592111, RU, МПК G01R 27/26, G01N 27/60. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины/ А.А. Голиков, И.А. Успенский, Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.К. Рембалович, И.А. Юхин, Д.А. Лапин [и др.] – Оpubл. 20.07.2016, бюл. № 20.

85. Пат. 2725548 С1 Российская Федерация, Способ формирования покрытия из сверхвысокомолекулярного полиэтилена на почвообрабатывающих рабочих органах / А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский, С.И. Старовойтов и др., заявитель и патентообладатель Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ //№ 2019134654; заявл. 29.10.2019.

86. Пат.195822 U1 Российская Федерация, Машина для подготовки почвы к комбайновой уборке картофеля/ Гаджиев П.И., Махмутов М.М., Шикалов М.С., Алексеев А.И., Рамазанова Г.Г., заявитель и патентообладатель Российский государственный аграрный заочный университет//№ 2019110197; заявл. 05.04.19

87. Пат. №157146, RU, А01D33/08. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины/ Д.А. Волченков, Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, И.А. Успенский, Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, А.А. Голиков – Оpubл. 20.11.2015, Бюл. №32

88. Пат. №91666, RU, М.кл.8 А01D33/08. Наклонный сепарирующий рабочий орган уборочной машины / О.В. Гордеев, В.И. Гордеев – Оpubл. 27.02.2010, Бюл. №6.

89. Первушин, В.Ф. Применение стеклопластиковых прутков на элеваторах картофелеуборочных машин [Текст] / В.Ф. Первушин, М.З. Салимзянов, Н.Г. Касимов, Е.В. Шамаев, И.Ю. Лебедев / Вестник ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – Ижевск, 2015. –№ 3 (44). – С. 43-47.

90. Петров, Г. Д. Картофелеуборочные машины [Текст] / Г. Д. Петров. - 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1984. - 320 с.

91. Пшеченков, К.А. Картофель: убрать эффективно [Текст] / К.А. Пшеченков, С.В. Мальцев, Д.Г. Семёнов // Картофель и овощи. – 2016. №9. С. 24-26.
92. Пшеченков, К.А. Технологии выращивания и уборки картофеля [Текст] / К.А. Пшеченков, В.Н. Зейрук, С.В. Мальцев // В сборнике: Развитие новых технологий селекции и создание отечественного конкурентоспособного семенного фонда картофеля Материалы международной научно-практической конференции. Сер. "Картофелеводство" Под редакцией С.В. Жеворы. – 2016. С. 278-299.
93. Пшеченков, К.А. Технология комбайновой уборки картофеля на суглинистых почвах в центральном регионе России [Текст] / К.А. Пшеченков, С.В. Мальцев, А.В. Смирнов // Картофель и овощи. – 2018 – №4. С. 19-21.
94. Пшеченков, К.А. Уборка картофеля [Текст] / К.А. Пшеченков, Г.Л. Белов, С.В. Мальцев, А.В. Смирнов // Земледелие. – 2018. – №5. – С. 23-26.
95. Пшеченков, К.А., Уборка, послеуборочная доработка и хранение семенного картофеля [Текст] / К.А. Пшеченков, С.В. Мальцев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. №55. С. 209-212.
96. Пшеченков, К.А. Технология выращивания и уборки картофеля в центральном регионе России [Текст] / К.А. Пшеченков, В.Н. Зейрук, С.В. Мальцев // Картофелеводство. – 2017. – С. 48-59.
97. Рембалович, Г.К. Перспективы повышения эффективности технического сервиса картофелеуборочных комбайнов [Текст] / Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносюк // В сборнике: Материально-техническое обеспечение учреждений уголовно-исполнительной системы: современное состояние и перспективы развития, Материалы Всероссийского научно-практического круглого стола. – Рязань, 2018. – С. 107-112.
98. Рембалович, Г.К. Расчет тяговой характеристики картофелеуборочных комбайнов [Текст] / Г.К. Рембалович, Ш.Б. Акбаров, А.Н. Байбобоев, К.Х. Абдуллаев, У. Гойипов // В сборнике: Ресурсосберегающие и экологически

безопасные технологии и оборудование в АПК, Материалы международной заочной научно-практической конференции. – 2019. – С. 9-13.

99. Рембалович, Г.К. Технологические особенности производства и ремонта деталей автотракторной техники с применением полимерных материалов [Текст] / Г.К. Рембалович, А.В. Кузнецов, А.В. Семенов, В.А. Адрова // В сборнике: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве, Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань, РГАТУ, 2017. – С. 265-269.

100. Повышение надежности технологического процесса и технических средств машинной уборки картофеля по параметрам качества продукции [Текст] / Г.К. Рембалович, И.А. Успенский, Р.В. Безносок [и др.] // В журн. «Техника и оборудование для села». – 2012. № 3 стр. 6-8.

101. Рембалович, Г.К. Совершенствование первичной сепарации в картофелеуборочных машинах [Текст] / Г.К. Рембалович, Н.А. Рязанов, И.А. Успенский - Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011, №10. – С. 5- 6.

102. Рембалович, Г.К. Сравнительная оценка эксплуатационной надежности картофелекопателей. [Текст] / Г.К. Рембалович, С.Н. Борычев, И.А. Успенский // В журн. «Тракторы и сельхозмашины». – 2010. № 2. – С. 46-47.

103. Ромашов, Е.А. Совершенствование машин для уборки картофеля / Е.А. Ромашов [Текст] // В сборнике 27-й студенческой научной конференции. – Благовещанск. – 2019. – С. 162-165.

104. Рябчиков, Д.С. Исследование выгрузки картофеля с транспортных средств при уборке [Текст] / Д.С. Рябчиков, С.Н. Борычев, Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносок, Г.А. Борисов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ, 2019. –№ 3 (43). – С. 136-141.

105. Рязанов, Н.А. Усовершенствованный технологический процесс и интенсификатор основного элеватора картофелеуборочных машин [Текст] : дис. ...канд. техн. наук. – Рязань, 2012. – 144 с.

106. Сабирзянов, И.Р. Разработка конструкции и оптимизация параметров устройства для сепарации корнеклубнеплодов [Текст] / И.Р. Сабирзянов, Р.Р. Камалетдинов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. №6(50). С. 72-74.

107. Старовойтова, О.А. Механизация уборки и хранения клубнеплодов [Текст] / О.А. Старовойтова, А.А. Манохина, В.И. Старовойтов// учебное пособие. – Москва, ФГБНУ ВНИИГМ, 2018. – 102.

108. Старовойтова, О.Н. Использование картофелекопателя с калибратором в органическом земледелии [Текст] / О.А. Старовойтова, В.И. Старовойтов, А.А. Манохина// В сборнике: Логистика в АПК: Тенденции и перспективы развития. – Новосибирск, 2020. С 129–132.

109. Старовойтова, О.Н. Картофелекопатель для уборки раннего картофеля [Текст] /О.А. Старовойтова, В.И. Старовойтов, А.А. Манохина// Международная научная конференция профессорско-преподавательского состава, посвященная 155-летию РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева. – Москва, 2021. С. 285–288.

110. Старовойтова, О.Н. Машина для уборки раннего картофеля с разделением клубней на фракции [Текст] /О.А. Старовойтова, В.И. Старовойтов, А.А. Манохина// В сборнике: Проблемы и перспективы инновационного развития АПК. – Москва, РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. С. 63–66

111. Старунский, А.В. Пути повышения агротехнических показателей работы картофелеуборочных машин [Текст] / А.В. Старунский, Д.А. Лапин, В.В. Акимов, Д.В. Тян // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2017. – N1-2. – С. 34 – 37.

112. Туболев С.С. Инновационные машинные технологии в картофелеводстве России [Текст] / С.С. Туболев, Н.Н. Колчин, Н.В. Бышов,

И.А.Успенский, Г.К. Рембалович / Тракторы и сельхозмашины. – 2012. - №10. – С. 3–5.

113. Туболев, С.С. Машинные технологии и техника для производства картофеля / С.С. Туболев, С.И. Шеломенцев, К.А. Пшеченков [и др.] – М.: Агроспас. – 2010. – 316 с.

114. Туболев, С.С. Развитие отечественного сельскохозяйственного машиностроения на примере производства специальной техники для картофелеводства и овощеводства [Текст] / С.С. Туболев, Н.Н. Колчин // – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». – 2011. – 68 с.

115. Угланов, М. Б. Справочник механизатора-картофелевода [Текст] / М. Б. Угланов. – М. : Агропромиздат, 1986. - 205,[3]

116. Успенский, И.А. Исследование причин возникновения повреждений клубней картофеля при их загрузке в транспортное средство [Текст] / И.А. Успенский, И.А. Юхин, А.А. Голиков // В сборнике: Техника и оборудование для села. – Рязань, Академия ФСИН России, 2019. –№ 10(268). С. 26-29.

117. Успенский, И.А. Оценка перспективной технологической схемы картофелеуборочного комбайна [Текст] / И.А. Успенский, Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносюк // Статья в журнале: Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – Волгоград, 2018. – № 49 – С. 262-269.

118. Успенский, И.А. Перспективная схема картофелеуборочного комбайна с взаимозаменяемыми сепарирующими модулями [Текст] / И.А. Успенский, Д.А. Волченков, Г.К. Рембалович, А.А. Голиков, О.В. Филюшин, Д.А.Лапин, // Техника и оборудование для села. – Рязань, 2015. №6. – С.35– 38.

119. Основы снижения энергозатрат в сельскохозяйственном производстве (на примере картофеля) [Текст] / И.А. Успенский, Г.К. Рембалович, Н.В. Бышов[и др.] // Монография. – Рязань, 2010.-276 с, 316.

120. Ханхасыкова, Л.П. Изучение процессов повреждения клубней при уборке картофеля [Текст] / Л.П. Ханхасыкова, А.В. Кузьмин // В сборнике:

Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК, Материалы всероссийской научно-практической конференции. – Иркутск, 2019. – С. 178–186.

121. Хитрова, В.Д. Повышение эффективности машинной уборки картофеля совершенствованием рабочих органов комбайнов на селекционных участках [Текст] / В.Д. Хитрова // В сборнике: Идеи молодых ученых - агропромышленному комплексу: агроинженерные и сельскохозяйственные науки, Материалы студенческой научной конференции Института агроинженерии. – Троицк. – 2019. – С. 185–193.

122. Хомидов, Р.Д. Некоторые аспекты механизации возделывания картофеля в личных подсобных хозяйствах [Текст] / Р.Д. Хомидов, А.А. Котлубаев, Р.Р. Камалетдинов // Наука молодых – инновационному развитию АПК. – 2015 – С. 378-380.

123. Чаткин, М.Н. Анализ способов посева пропашных культур [Текст] / М.Н. Чаткин, В.А. Овчинников, Е.А. Иконников // Материалы Международной научно-практической конференции. – 2019. С. 135-138

124. Черноиванов, В.И. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства [Текст] / В.И. Черноиванов, А.А. Ежевский, В. Ф. Федоренко. – М.: ФГБНУ Росинформагротех, 2012. – 284 с.

125. Byshov, N.V. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / N.V Byshov, S.N. Borychev, D.E. Kashirin , G.D. Kokorev , M.Y. Kostenko, G.K. Rembalovich, A.A. Simdyankin, I.A. Uspensky, A.V. Shemyakin, I.A. Yukhin, I.K. DANILOV , A.I. Ryadnov, R.A. Kosul'nikov / ARPN Journal of Engineering and Applied Science. – 2018. – №13 (10). – S. 3502–3508.

126. Byshov, N.V. Validating the parameters of the rotary device for potato haulm removal [text] / N.V Byshov, S.N. Borychev, YU.N. Abramov, M.B. Uglanov, M.YU. Kostenko, G.K. Rembalovich BIO Science Biotechnology Research Communications. – 2019. – №12 (5). – S. 312–322.

127. Glaser, M. Einsatz der Zwei – Gammaenergie – Transmissions – methode zur Bestimmung des Beimengungsanteiles in Erntegut [Text] / Glaser, M. // Arbeiten zur mechanisierung der Pflanzen – und Tierproduktion . - №10. – 1986. – s. 38 – 49.

128. Graichen, G. Kartoffelernte mit dem Rodelader E 684 [Text] / G. Graichen //Agrrotechnik. - 1978. - № 7. - s. 296-297.

129. Hevko, R.B. Development of design and investigation of operation processes of small-scale root crop and potato harvesters [text] / R.B. Hevko, I.G. Tkachenko, S.V. Synii, I.V. Flonts / INMatch - agricultural engineering. –2016. – № 2. – S. 53-60.

130. Kartoffeln “sanft” ernten [Text] //Agrartechnikinternational. – 1983. - Juli. – s. 10 – 11.

131. Liske, P. Baugruppen zur Verminderung der Kartoffellbelastungen in der Annahmesrteke bei schwierigen Einsatzbedigungen [Text] / P. Liske, L. Fischer // Agrartechnik. - Bd. 37. - Jg. 8. – 1987. – s. 352 – 353

132. Offizielle website der kartoffelroder Grimme: seite. – 2010. – URL: <https://www.grimme.com/de/> (datum der bewerbung: 01.09.2021).

133. Ovchinnikova, N.I. Analysis of functioning of potato-terminal technological system based on probability-statistical approach [text] / N.I. Ovchinnikova, A.V. Kosareva, V.V. Bonnet /The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019

134. Siberev, A.V. Comparative study of the force action of harvester work tools on potato tubers [text] / Research in Agricultural Engineering. – 2019. – № 3. – S. 85-90.

135. Zhbanov, N.S. Improvement of the working bodies of the harvesting machines by means of the use of composite materials [text] / N.S. Zhbanov, N.V.Byshov, G.C. Rembalovich, M.Y. Kostenko / BIO Web of Conferences 17. 2020.

136. Zhou, J.G. Design and experiment of a self-propelled crawler-potato harvester for hilly and mountainous areas [text] / J.G. Zhou, Z.N. Gao, J. Chen, S.M.

Yang, M.Q. Li, Z. Chen, J.D. Zhou / INMatch - agricultural engineering. –2021. – № 2.
– S. 151-158.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица – Характеристические показатели траектории полета клубней

№		Дальность полета, м			
		0,05	0,10	0,15	0,20
1	Высота подскока, м	0,05	0,07	0,06	0,0
2		0,03	0,05	0,05	0,0
3		0,04	0,06	0,03	0,0
4		0,04	0,07	0,05	0,0
5		0,05	0,05	0,02	0,0
6		0,03	0,04	0,02	0,0
7		0,03	0,06	0,04	0,0

«УТВЕРЖДАЮ»

Исполнительный директор

ООО «Авангард»

Рязанского района

Рязанской области

Красников И.Г.

_____ 2020 года



АКТ

испытаний картофелекопателя КТН-2В с использованием сепарирующего элеватора из композитного материала в ООО «Авангард» Рязанского района

Комиссия в составе: представителей ООО «Авангард» главного инженера Липатова Н.В., главного агронома Овсянников В.Н., представителей ФГБОУ ВО РГАТУ профессора кафедры ТМиРМ Костенко М.Ю., доцента кафедры ТМиРМ Безносюка Р.В. и аспирантов кафедры ТМиРМ Кодирова С.Т., Жбанова Н.С., Пиманова А.Е. составила настоящий акт о том, что картофелекопатель КТН-2В с экспериментальным рабочим органом проходил испытания 22 сентября 2020 года в ООО «Авангард» Рязанского района на тяжелых суглинках. На картофелекопателе был установлен сепарирующий элеватор из композитного материала, с закрепленными под верхней ветвью ведущими, ведомыми роликами, а также роликами интенсификаторами, расположенными с несовпадением фаз подъема и опускания прутков полотна элеватора с образованием волнообразной поверхности. В результате полевых испытаний установлена работоспособность копателя в целом, и сепарирующего элеватора с прутками из композитного материала в частности.

В результате изгиба композитных прутков под воздействием картофельного вороха возникала волнообразная поверхность, что приводило

к перегибам и разрывам картофельного вороха, что улучшало сепарацию почвы и отделение клубней от примесей.




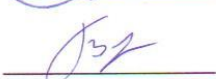



Это позволило повысить сепарирующую способность сепарирующего устройства на суглинках нормальной влажности (около 22%) количество повреждений клубней снижено на 2,6%. Повреждения оценивались по стандартной методике.

Общая площадь, убранная картофелекопателя, с сепарирующим элеватором из композитного материала, составила около 1,2 га.

Приложение:

1. Протокол № 1.
2. Протокол №2.
3. Протокол №3.

Подписи:

Главный инженер ООО «Авангард»		Липатов Н.В.
Главный агроном ООО «Авангард»		Овсянников В.Н.
Профессор кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Костенко М.Ю.
Доцент кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Безносюк Р.В.
Аспирант кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Жбанов Н.С.
Аспирант кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Кодиров С.Т.
Аспирант кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Пиманов А.Е.




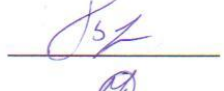
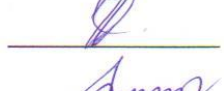

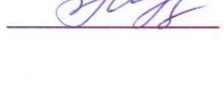
ПРОТОКОЛ №1

агротехническая оценка при полевых испытаниях в ООО «Авангард»
Рязанского района от 22 сентября 2020 года

Присутствовали: представители ООО «Авангард» главный инженер Липатов Н.В., главный агроном Овсянников В.Н., представители ФГБОУ ВО РГАТУ профессор кафедры ТМиРМ Костенко М.Ю., доцент кафедры ТМиРМ Безносюк Р.В. и аспиранты кафедры ТМиРМ Кодиров С.Т., Жбанов Н.С., Пиманов А.Е.

Наименование показателей	Дата
Характеристики культуры:	
сорт картофеля	Ред Леди
способ посадки	гребневой
биологическая зрелость клубней	зрелые
состояние ботвы	скошена
Характеристика гряды, высота, см.	22
Характеристика куста	
Высота среза ботвы, см	12
Густота насаждений, тыс. шт/га	55
Характеристики гнезда:	
Ширина, см	21
Глубина верхнего и нижнего клубней	3...16
Ширина междурядий, см	75
Фактическая урожайность клубней, т/га	33,5

Подписи:

Главный инженер ООО «Авангард»		Липатов Н.В.
Главный агроном ООО «Авангард»		Овсянников В.Н.
Профессор кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Костенко М.Ю.
Доцент кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Безносюк Р.В.
Аспирант кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Жбанов Н.С.
Аспирант кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Кодиров С.Т.
Аспирант кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Пиманов А.Е.

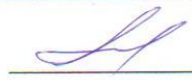






ПРОТОКОЛ №2

характеристика участка при полевых испытаниях в ООО «Авангард»
Рязанского района от 22 сентября 2020 года

Присутствовали: представители ООО «Авангард» главный инженер Липатов Н.В., главный агроном Овсянников В.Н., представители ФГБОУ ВО РГАТУ профессор кафедры ТМиРМ Костенко М.Ю., доцент кафедры ТМиРМ Безносюк Р.В. и аспиранты кафедры ТМиРМ Кодиров С.Т., Жбанов Н.С., Пиманов А.Е.

Наименование показателя	Дата
Тип почвы и название по механическому составу	Темно-серая лесная
Рельеф (уклон)	1...2%
Микро рельеф	гряды
Влажность почвы в % по слоям, см	
0...5	20,9%
5...10	21,6%
10...15	22,5%
15...20	23,7%
20...25	24,8%
Число сорняков на 1 м ²	Отсутствуют
Масса сорняков кг/га	Отсутствуют
Число камней(более 50мм), шт/га	Отсутствуют
Температура воздуха, С ⁰	18
Температура почвы на глубине залегания клубней	16
Предшественник	картофель
Предшествующая обработка	фрезерование

Подписи:

Главный инженер ООО «Авангард»		Липатов Н.В.
Главный агроном ООО «Авангард»		Овсянников В.Н.
Профессор кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Костенко М.Ю.
Доцент кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Безносюк Р.В.
Аспирант кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Жбанов Н.С.
Аспирант кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Кодиров С.Т.
Аспирант кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Пиманов А.Е.






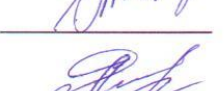
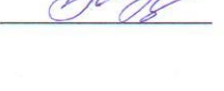
ПРОТОКОЛ №3

Определение показателей качества работы картофелекопателя КТН-2В с сепарирующим элеватором из композитного материала при полевых испытаниях в ООО «Авангард» Рязанского района от 22 сентября 2020 года

Присутствовали: представители ООО «Авангард» главный инженер Липатов Н.В., главный агроном Овсянников В.Н., представители ФГБОУ ВО РГАТУ профессор кафедры ТМиРМ Костенко М.Ю., доцент кафедры ТМиРМ Безносюк Р.В. и аспиранты кафедры ТМиРМ Кодиров С.Т., Жбанов Н.С., Пиманов А.Е.

Показатели	Дата
Скорость движения агрегата, км/ч	4,7
Глубина хода лемеха, см	18
Полнота выкапывания, %	98,3
Полнота уборки клубней, %	97,4
Присыпано почвой	1,7
Оставлено в почве	0,9
Всего потерь	2,6
Повреждение клубней по массе, %	2,5
Количество повреждений приходящихся на 100 клубней	3
Содрана кожица более 1/2 поверхности	1
Потемнела мякоть глубиной более 5мм	1
Резанные клубни	1
Ширина полосы выкопанных клубней, см	83

Подписи:

Главный инженер ООО «Авангард»		Липатов Н.В.
Главный агроном ООО «Авангард»		Овсянников В.Н.
Профессор кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Костенко М.Ю.
Доцент кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Безносюк Р.В.
Аспирант кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Жбанов Н.С.
Аспирант кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Кодиров С.Т.
Аспирант кафедры ТМиРМ ФГБОУ ВО РГАТУ		Пиманов А.Е.



**СЕРТИФИКАТ О ПРОХОЖДЕНИИ ПРОГРАММЫ
В АККРЕДИТОВАННОМ ПРЕАКСЕЛЕРАТОРЕ**



**ФОНД СОДЕЙСТВИЯ
ИННОВАЦИЯМ**



Бизнес-акселератор

Dotcom

Название программы:

Даты прохождения:

01.05.2021 - 30.06.2021

Преакселерационная программа «Дотком инновации»

ПОБЕДИТЕЛЬ ПРОГРАММЫ «УМНИК» ФОНДА СОДЕЙСТВИЯ ИННОВАЦИЯМ

**ЖБАНОВ
НИКИТА СЕРГЕЕВИЧ**

09.11.1992

Руководитель преакселератора
Гладких Гулькай Руфкатовна

