

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П.А. Костычева»

На правах рукописи



Нестерович Эдуард Олегович

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ**

Специальность: 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Бышов Николай Владимирович

Рязань – 2018

Содержание

Введение.....	5
Глава 1 История, современное состояние и тенденции развития картофелеуборочных машин и подкапывающих органов	9
1.1 Статистические показатели производства картофеля в стране и регионе, особенности и способы его уборки.....	9
1.1.1 Показатели производства картофеля в стране и регионе.....	9
1.1.2 Особенности уборки картофеля.....	13
1.1.3 Способы организации работ.....	14
1.1.4 Способы уборки картофеля.....	15
1.2 История, современное состояние и тенденции развития техники для уборки картофеля.....	16
1.2.1 Первые упоминания и история развития картофелеуборочной техники.....	16
1.2.2 Картофелеуборочные комбайны послевоенных лет.....	22
1.2.3 Современные комбайны и копатели.....	25
1.3 Подкапывающие рабочие органы картофелеуборочных машин.....	29
1.3.1 Анализ конструкций подкапывающих органов машин для уборки картофеля и их классификация.....	29
1.3.2 Анализ принципа работы и теоретических исследований пассивных подкапывающих органов.....	34
1.3.3 Анализ конструкций и принципа работы активных подкапывающих органов.....	37
1.3.4 Анализ конструкций и принципа работы комбинированных подкапывающих рабочих органов.....	40
Выводы к главе 1.....	44
Глава 2 Теоретические исследования подпружиненного лемеха.....	45
2.1 Конструктивно-технологическая схема подпружиненного лемеха.....	45
2.2 Исследование геометрии подпружиненного лемеха.....	47
2.3 Механика взаимодействия лемеха со связным пластом почвы.....	49

2.4 Теоретическое обоснование параметров пружины лемеха.....	53
2.5 Исследование величины подскока компонентов клубненосного пласта.....	56
2.6 Теоретические предпосылки к обоснованию применения делителя клубненосного пласта.....	70
Выводы к главе 2.....	75
Глава 3 Программа, методики экспериментальных исследований картофелекопателя с усовершенствованным подкапывающим рабочим органом.....	77
3.1 Программа экспериментальных исследований.....	77
3.2 Методика агротехнической оценки.....	77
3.3 Методика определения рациональных параметров усовершенствованного подкапывающего рабочего органа.....	79
3.4 Методика проведения сравнительных полевых исследований серийного и усовершенствованного картофелекопателей.....	82
Выводы к главе 3.....	85
Глава 4 Результаты экспериментальных исследований картофелекопателя с усовершенствованным подкапывающим рабочим органом	86
4.1 Результаты агротехнической оценки.....	86
4.2 Результаты определения рациональных параметров усовершенствованного подкапывающего рабочего органа.....	89
4.3 Результаты хозяйственных исследований серийного и усовершенствованного картофелекопателя КТН-2В.....	92
4.3.1 Объект полевых исследований.....	92
4.3.2 Экспериментальные исследования в полевых условиях.....	92
4.4 Определение полноты уборки, потерь и повреждений клубней картофеля.....	94
Выводы к главе 4.....	97
Глава 5 Техничко-экономические показатели картофелеуборочной машины с усовершенствованным подкапывающим рабочим органом.....	98
5.1 Исходные данные.....	98
5.2 Расчет технико-экономических показателей.....	99

5.3 Эксплуатационные затраты.....	101
5.4 Показатели эффективности инвестиций.....	103
Выводы к главе 5.....	105
Заключение.....	107
Литература	109
Приложения.....	122

Введение

Актуальность темы исследования. Одной из причин, сдерживающих развитие картофелеводства в фермерских и крестьянских хозяйствах является низкий уровень материально-технического снабжения недорогой, производительной техникой для основных процессов возделывания картофеля. Так рассматривая наиболее трудоемкий процесс уборки картофеля, очевидно, что использование на малых площадях высокопроизводительных картофелеуборочных комбайнов не экономично. Поэтому существует острая необходимость в разработке картофелекопателей способных снизить экономические затраты.

Проведение уборки картофеля с минимальными затратами труда и средств может быть достигнуто на основании повышения урожайности, создания менее энергоемких машин, улучшения организации работ, высокого уровня селекции и семеноводства. Эффективность технологии может быть обеспечена лишь в том случае, если она разработана и применяется с учетом конкретных почвенно-климатических и условий местных хозяйств.

Качественное выполнение технологического процесса уборки картофеля во многом зависит от работы подкапывающих органов, которые в свою очередь должны облегчать процесс сепарации. В связи с этим, исследование влияние параметров рабочих органов картофелеуборочных машин на качественные показатели технологического процесса является актуальной задачей, имеющей большое значение для народного хозяйства России.

Степень разработанности темы. Современные способы уборки картофеля и используемые для этого картофелеуборочные машины изложены в работах: Н.В. Бышова, С.Н. Борычева, А.А. Голикова, Р.Р. Камалетдинова, Н.Н. Колчина, А.С. Колотова, М.Ю. Костенко, О.Н. Кухарева, И.Е. Кущева, Н.М. Марченко, Г.Д. Петрова, А.Г. Пономарева, К.А. Пшеченкова, Г.К. Рембаловича, А.А. Сорокина, В.И. Старовойтова, М.Б. Угланова, И.А. Успенского, W. Rosel, B. Radil и других

авторов. Проведенный анализ показал, что вопрос совершенствования технологий и средств машинной уборки картофеля требует дальнейшего исследования.

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 работы. Повышение производительности картофелеуборочных машин.

Объект исследований. Технология подкапывания и взаимодействия клубненосного пласта с рабочими органами картофелеуборочных машин.

Предмет исследований. Закономерности взаимодействия клубненосного пласта с рабочими органами картофелеуборочных машин.

Задачи исследований:

1. Провести анализ существующих конструкций картофелеуборочных машин и подкапывающих рабочих органов, на основе которого определить перспективное направление их совершенствования.

2. Теоретически обосновать параметры рабочих органов картофелеуборочных машин.

3. Провести лабораторно-полевые исследования экспериментального картофелекопателя.

4. Определить технико-экономические показатели экспериментального картофелекопателя в результате проведения хозяйственных исследований.

Научная новизна диссертационной работы:

— математическая модель определения основных параметров рабочих органов картофелеуборочных машин;

— математическая модель взаимодействия рабочих органов картофелеуборочных машин с клубненосным пластом;

– аналитические зависимости для обоснования параметров рабочих органов картофелеуборочных машин.

Методология и методы исследований. При проведении теоретических исследований использовались известные законы физики и математики, а также теоретической и прикладной механики. Лабораторные и производственные испытания проводились на основании общеизвестных методик и разработанных на их базе – частных, с использованием современных электронных и механических устройств, установок и приборов, специально разработанных и изготовленных. Обработка экспериментальных и теоретических данных исследований осуществлялась при помощи компьютерных программ: Statistica V8, Mathcad 15, Microsoft Excel 15.

Положения, выносимые на защиту:

- конструктивно-технологическая схема картофелекопателя с подкапывающим рабочим органом в виде подпружиненного лемеха;
- теоретические и экспериментальные зависимости обоснования параметров рабочих органов картофелеуборочных машин;
- результаты лабораторно-полевых исследований экспериментального картофелекопателя;
- результаты сравнительных полевых исследований серийного и экспериментального картофелекопателя.

Теоретическая значимость работы. Исследовано воздействие рабочих органов на компоненты клубненосного пласта при переходе с лемеха на прутковый элеватор; определены: зависимость скорости движения компонента картофельного вороха после взаимодействия с прутком элеватора от угла воздействия первого элеватора на клубненосный пласт; траектория движения компонента картофельного вороха после взаимодействия с прутком элеватора.

Практическая значимость работы. Научно-обоснованные параметры рабочих органов картофелеуборочной машины позволяют при повышении интенсивности их воздействия на клубненосный пласт увеличить производительность уборочного агрегата, что подтверждают результаты

экспериментального применения картофелекопателя КТН-2В в условиях опытной агротехнологической станции ФГБОУ ВО РГАТУ в п. Стенькино Рязанского района Рязанской области.

Реализация результатов исследования. Экспериментальный картофелекопатель КТН-2В прошел производственную проверку на базе опытной агротехнологической станции ФГБОУ ВО РГАТУ в п. Стенькино Рязанского района Рязанской области в 2015 и 2016 годах, в ходе которой получены положительные результаты.

Степень достоверности. Достоверность научных положений подтверждена достаточной сходимостью результатов теоретических и экспериментальных (лабораторно-полевых) исследований, а также обеспечена применением современных методик, контрольно-измерительной аппаратуры и средств обработки результатов экспериментов.

Апробация работы. Результаты диссертационного исследования обсуждены на международных научно-технических конференциях Рязанского ГАТУ имени П.А. Костычева (2012-2015 гг.).

Личное участие соискателя в получении результатов состоит в обосновании актуальности проблемы, постановке цели и задач исследования, проведении теоретических и экспериментальных исследований, обработке и интерпретации результатов, разработке новых технических решений, формулировке выводов и практических рекомендаций производству.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в печати в 7 научных работах, из них 4 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. Получен 1 патент РФ на изобретение и 1 патент РФ на полезную модель. Общий объем публикаций составил 2,25 п.л., из них лично соискателю принадлежит 1,5 п.л.

Структура и объем работы. В целом диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения (общих выводов), списка литературы из 107 наименований, приложения, изложена на 128 страницах, включает 42 рисунка и 10 таблиц.

Глава 1 История, современное состояние и тенденции развития картофелеуборочных машин и подкапывающих органов

1.1 Статистические показатели производства картофеля в стране и регионе, особенности и способы его уборки

1.1.1 Показатели производства картофеля в стране и регионе

Для проведения анализа состояния и тенденций развития картофелеуборочных машин необходимо познакомиться со статистическими показателями производства картофеля в Российской Федерации за последние несколько лет. Для этого обратимся к таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Показатели производства картофеля за 2015-2017 годы в Российской Федерации согласно данным Федеральной службы государственной статистики [59]

Показатели	Годы		
	2015	2016	2017
Валовый сбор, млн. тонн	33,6	31,1	29,6
Сельскохозяйственные организации	4,6	4,2	4,2
Крестьянские (фермерские) хозяйства	2,9	2,7	2,5
Хозяйства населения	26,1	24,2	22,8
Урожайность, ц/га	159	153	156
Сельскохозяйственные организации	233	226	258
Крестьянские (фермерские) хозяйства	196	186	206
Хозяйства населения	148	142	142
Посевные площади, тыс. га	2128	2053	1906
Сельскохозяйственные организации	207	195	171
1	2	3	4

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
Крестьянские (фермерские) хозяйства	153	149	129
Хозяйства населения	1768	1709	1606

Отдельно стоит обратить внимание на удельный вес посевных площадей по хозяйствам различных организационно-правовых форм Российской Федерации в 2017 году (рис. 1.1.)



Рисунок 1.1 – Удельный вес посевных площадей по хозяйствам различных организационно-правовых форм Российской Федерации в 2017 году

Что касается Рязанской области, то основная доля посевных площадей картофеля приходится на хозяйства населения, так в 2017 году картофель во всех категориях хозяйств занимал 23,1 тыс. га, в том числе в сельскохозяйственных организациях и фермерских хозяйствах – 4,7 тыс. га. (рис 1.2.) [58].



Рисунок 1.2 –Удельный вес посевных площадей по хозяйствам различных организационно-правовых форм Рязанской области в 2017 году

Анализируя рисунки 1.1. и 1.2. можно заметить, что ситуация с производством картофеля как в стране, так и в регионе, в целом одинакова. Так основная доля посевных площадей представлена хозяйствами населения (около 80%), а это лишний раз указывает на то, что картофель выращивается на небольших участках в личных целях. Также следует отметить наличие небольшого разрыва между с/х организациями и крестьянскими (фермерскими) хозяйствами в освоении посевных площадей по стране (9% и 7% соответственно), а вот в Рязанской области данный разрыв куда более очевиден (19% и 2% соответственно), что на наш взгляд, указывает на наличие большого потенциала в развитии крестьянских (фермерских) хозяйств, особенно в нынешней экономической ситуации, с ярко выраженной политикой поддержания малого бизнеса и импортозамещения. В большинстве описанных выше хозяйствах нет финансовых мощностей приобретать и использовать дорогостоящую технику, что также указывает на необходимость усовершенствования не только картофелеуборочных комбайнов, но и картофелекопателей, чья стоимость меньше практически в 10 раз, таблица 1.2 [56, 57].

Таблица 1.2 – Стоимость картофелеуборочной техники на 2017 год

Картофелеуборочные машины	Стоимость, руб.
Комбайны	
Лидчанин-1	1 963 000,00
КПК 2-01	1 297 102,00
ККУ-1	1 175 000,00
Картофелекопатели	
КСТ-1,4	255 000,00
КТН-2В	181 527,00
Л-651	130 000,00
КТН-1Б	63 000,00

Рассмотрим подробнее показатели производства картофеля, выращенного в Рязанской области за последние годы, для этого обратимся к таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Показатели производства картофеля за 2015-2017 годы в Рязанской области

Показатели	Годы		
	2015	2016	2017
Валовый сбор, тыс. тонн	442,3	369,4	352,7
Сельскохозяйственные организации	128	124,9	115,6
Крестьянские (фермерские) хозяйства	17,1	7,9	9
Хозяйства населения	297,2	236,7	228
Урожайность, ц/га	172,9	152,1	152,7
Сельскохозяйственные организации	284	276,4	268,7
Крестьянские (фермерские) хозяйства	212,3	171,9	224,7
Хозяйства населения	146,6	122,5	124
1	2	3	4

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4
Посевные площади, тыс. га	25,7	24,5	23,1
Сельскохозяйственные организации	4,6	4,6	4,3
Крестьянские (фермерские) хозяйства	0,8	0,6	0,4
Хозяйства населения	20,3	19,3	18,4

Из приведенных в таблице данных видно, что в нашем регионе высокие показатели роста валового сбора, что лишний раз подтверждает большой интерес к производству картофеля и значительный потенциал этой отрасли. Также стоит отметить 33 место нашего региона, среди всех субъектов РФ, и долю в валовом сборе в 1,2%, что указывает на значимость нашей области, в данной отрасли [58, 59]. Но, чтобы добиться продолжения роста показателей, необходимо развивать каждый элемент, участвующий в процессах возделывания и уборки картофеля. Рассмотрим подробнее самый трудоемкий процесс его производства, уборку.

1.1.2 Особенности уборки картофеля

Уборка картофеля – наиболее трудоемкий процесс. Анализ затрат труда на все операции производства картофеля показывает, что около 70% затрат приходится на уборку. Поэтому комплексная механизация этих процессов и грамотное использование машин на уборке при соблюдении агротехнических требований на выполнение всех операций, обеспечивают полный сбор урожая картофеля с минимальными потерями и затратами труда [65, 74, 95, 104].

Уборка картофеля включает следующие операции: удаление ботвы, подкапывание пласта с клубнями, разрушение пласта и отделение клубней от почвы, остатков ботвы, камней и других примесей и сбор чистых клубней в тару [9, 36, 48, 71, 86, 89, 91].

Как правило, перед уборкой ботву удаляют механическим способом. При механическом способе применяют косилки КИР-1,5Б, ботводробители роторные и цепные [7, 90]. Благодаря этому мероприятию интенсифицируется процесс созревания клубней и опробкования их покровных тканей, устраняются заражение клубней фитофторой, забивание рабочих органов и облегчается функционирование ботвоудаляющих устройств машин для уборки картофеля, а также, подсыхание почвы, при её значительной влажности [48, 99].

В зависимости от условий уборки и имеющихся средств механизации дальнейшие операции выполняются с применением картофелеуборочных комбайнов или копателей.

Применение разнообразных схем операций уборки и машин определяется следующими параметрами осуществления работ: влажность и тип почвы; биологическим урожаем картофеля (продовольственный, фуражный или семенной); климатическими и природными условиями; размерами полей; урожайностью культуры; трудовыми ресурсами в хозяйстве, наличием хранилищ и свободных средств транспорта в период уборки [17, 48, 50, 65, 75].

Финансовые возможности сельхозпроизводителей, в приобретении соответствующей уборочной техники играют не последнюю роль.

1.1.3 Способы организации работ

Поточная уборка. Предусматривается комплекс процессов, обеспечивающих сбор урожая машиной и его погрузку в транспортное средство для перевозки на приемные пункты заводов и хозяйств. В результате затраты труда в хозяйствах и потери урожая уменьшаются, а уборка ускоряется [11, 33].

Перевалочная уборка производится по следующей схеме: сбор урожая картофелеуборочными машинами, складирование урожая на поле в виде куч, валков или кагатов для временного хранения, погрузка с очисткой от примесей и перевозка на заводы для переработки или в хозяйства для хранения. Такая организация уборки более трудоемка, чем поточная, возможен рост потерь урожая

[33, 72]. К данной схеме, чаще всего, прибегают при излишней засоренности продукта, либо при недостаточном количестве транспорта для перевозки урожая с поля [27].

Поточно-перевалочная уборка сочетает два вышеописанных способа, т.е. одну часть продукции перевозят непосредственно от машины в хозяйство, а другую оставляют на перевалочной площадке. При этом улучшается использование транспортных средств, уменьшается их потребное количество и сокращаются простои машин [33, 41].

1.1.4 Способы уборки картофеля

Раздельная уборка состоит из двух фаз. Первая фаза включает подкапывание пласта, частичное отделение почвы, растительных остатков и примесей, а также укладку клубней из нескольких рядков в узкую ленту-валок, где приставшая к клубням почва подсыхает, и прочность кожицы картофеля повышается. Эта фаза уборки выполняется специальными картофелекопателями-валкоукладчиками. Вторая фаза уборки выполняется картофелеуборочными комбайнами или подборщиками и включает подбор клубней из валка, окончательную очистку от почвы и примесей и сбор чистых клубней в бункер (тару) [29, 36, 78].

Комбинированный способ уборки предусматривает укладку клубней с двух или четырех рядков между двумя соседними неубранными рядками и уборку картофеля с этих рядков комбайнами [29, 36, 78].

Уборка картофелекопателями связана со значительными затратами ручного труда и применяется повсеместно картофелекопателями различных типов. Подкопанный пласт почвы с кустами картофеля разрушается, а клубни сбрасываются на поверхность поля. Затем с поверхности поля их подбирают вручную [36, 78].

Комбайновая уборка выполняется прямым комбайнированием, комбинированным и раздельным способами. При прямом комбайнировании все указанные выше операции уборки выполняются за один проход агрегата [76, 78].

При уборке картофеля содержание примесей в обработанном продукте по требованиям ГОСТ Р 53136 – 2008 допускается не более 2 %, точность разделения на фракции не ниже 97 %, общее количество повреждённого картофеля не должно превышать 3 % от исходного объёма. Клубненосный пласт необходимо подкапывать на глубину залегания нижнего клубня плюс 0,01 м по всей ширине клубневого гнезда. Разброс ширины валка не должен превышать 0,9 м при раздельном способе. Органы картофелеуборочных комбайнов должны быть отрегулированы так, чтобы в таре чистота вороха была не ниже 80%. На полях, намеченных к комбайновой уборке, высота среза ботвы устанавливается 18-20 см, на полях, планируемых к уборке картофелекопателями, 8-10 см. На посевах продовольственного картофеля ботва скашивается за 2-5 дней до уборки, на семеноводческих посевах – за 10-12 дней.

1.2 История, современное состояние и тенденции развития техники для уборки картофеля

1.2.1 Первые упоминания и история развития картофелеуборочной техники

Первые упоминания о создании техники для уборки картофеля и её испытаниях уходят в начало XX века. В 1911 – 1912 гг., на испытаниях, проведенных Департаментом Земледелия, в Харьковской губернии и на Прибалтийской машиноиспытательной станции, было представлено 14 различных моделей конных копателей. Они включали 8 моделей однорядных копателей швырального типа (4 машины – из Германии и 2 - из США, по одной – из Англии и России), 4 модели элеваторного типа (все – из США) и по одной модели из США - лемешного типа и из Франции – с колеблющейся скобой с прутками.

Работа машин оценивалась при урожайности картофеля около 15 т/га по сравнению с ручной уборкой [6, 35].

Копатели швырального типа имели различную, подчас сложную, конструкцию привода ротора и его лопастей. Перед ним располагались два колеса с упряжкой. Некоторые копатели имели боковой экран для ограничения полосы разброса клубней. Для их работы требовались две лошади. У элеваторных копателей прутковый элеватор располагался за лемехом. Упряжка состояла из четырех лошадей. Привод рабочих органов всех моделей копателей осуществлялся от их колес со шпорами [35, 44].

Испытания не выявили явных преимуществ какой – либо модели копателя. Их рекомендовалось использовать при дефиците рабочего персонала и в экстремальных условиях [28].

В начале 30-х годов прошлого века в стране было выпущено более 20 тыс. швырялок. Однако, они не нашли широкого применения из-за необходимости использования сильных лошадей для работы с ними, а также из-за отсутствия особых преимуществ в использовании этих машин на уборке картофеля по сравнению с применением конных плугов [1, 46].

В это же время в число работ Межведомственной комиссии по всесоюзным испытаниям сельскохозяйственных машин были включены испытания картофелеуборочных машин. В них необходимо было оценить серийные машины данного назначения, изготавливаемые на отечественных заводах, отдельные их образцы, созданные по предложениям изобретателей, а также имеющиеся в то время в стране образцы зарубежных машин [35].

В период с 1 по 30 октября 1933 г. в совхозе «Россошное» Центральной черноземной зоны России были впервые проведены государственные испытания картофелеуборочных машин (копателей), которые по конструкционным особенностям были разделены на четыре группы:

- 1) машины швырального типа;
- 2) машины элеваторного типа;
- 3) машины элеваторного типа с дополнительными рыхлящими и

проталкивающими органами;

4) машины элеваторного типа с уборкой картофеля в тару (условно комбайны).

Всего на испытания было представлено 19 машин, большинство из которых были разработаны изобретателями. Кроме того, были машины, изготовленные заводом Рязсельмаш (Н-2, «ВИСХОМ-2» и «ВИСХОМ-3»), а также импортные машины «Джон Дир», «Мак-Кормик», «Дауден» производства США. Испытания проводились с привлечением институтов ВИСХОМ, НИИКХ, ВИМ и завода «Рязсельмаш». Кроме указанных групп машин были представлены также копатели, сочетающие в своей конструкции прутковый элеватор и просеивающий цилиндр, а также элеваторные копатели, например, двухрядный копатель фирмы «Мак-Кормик» [92]. Характеристика участка испытаний приведена в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Характеристика участка испытаний

Наименование показателей	Значение показателей
Сорт картофеля	Вольтман
Тип почвы	Деградированный чернозем
Влажность почвы, %	11,8 - 23
Ширина междурядий, см	60 +/- 5
Количество сорняков, т/га	0,8
Фактический урожай клубней, т/га	8,6
Ширина гнезда, см	22-30
Глубина залегания клубней, см	8-15
Размеры гребней:	
Высота, см	12-16
Ширина:	
Вверху, см	20-45
Внизу, см	45-60

Большинство образцов за исключением машин Джон Дир, Н– 2 и ВИСХОМ – 2, ВИСХОМ – 3 (рис. 1.3.), оборудованных емкостями для выхода клубней (бункер, корзина и повозка), подкапывали гребень с клубнями, частично отделяли клубни от почвы, в том числе с помощью рыхлителей разных типов, и укладывали их на поле лентой или в разброс. На некоторых машинах были установлены различные устройства для отделения клубней от ботвы. Колеса машин были металлические, с широким ободом.

Некоторые машины подавали убранный картофель в тару или в транспорт. На машине Джон Дир был установлен сбоку металлический бункер с открывающимся вручную дном, а на машине Н – 2 использовались корзины.

Испытания были разделены на два этапа. На первом этапе выполнялась общая оценка их конструкции, определялись показатели качества работы. Качество работы машин характеризовалось потерями клубней, степенью сепарации почвы, отделением клубней от ботвы и количеством их повреждений.

Проводилась также отдельная сравнительная оценка эффективности отдельных рабочих органов испытываемых машин. Из разных типов лемехов машин были отмечены плоские лемеха машины ВИСХОМ – 3, в меньшей степени подверженные забиванию. Отмечалось, что от результатов работы первого элеватора зависит успешная работа остальных рабочих органов уборочных машин. При этом установка второго элеватора дает положительные результаты по сепарации почвы и по отделению клубней от ботвы. Применение на машине ВИСХОМ – 3 вилочных рыхлящих органов над элеваторами повышало их сепарирующую способность и степень отделения клубней от ботвы. Из ботвоудалителей разных типов предпочтение было отдано планчатому элеватору.

На втором этапе испытаний машины оценивались по снижению затрат труда при хозяйственной работе по сравнению с уборкой картофеля сохой. Наиболее выгодной была признана машина ВИСХОМ – 3. Применение этой машины позволяло снизить затраты труда на 4 – 8 чел. дней/га. Рекомендовалось уменьшить массу машины с тем, чтобы трактор СТЗ – 15/30 мог работать с ней на второй передаче [35].

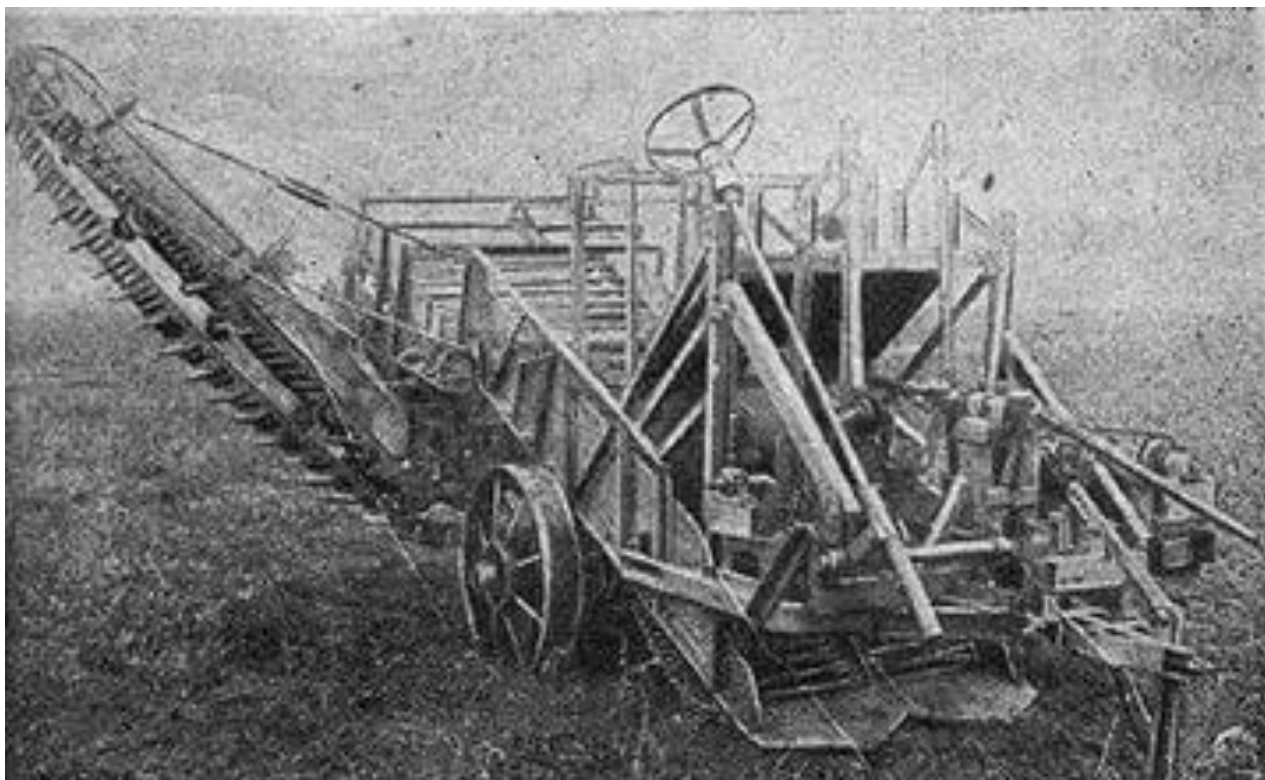


Рисунок 1.3 – Картофелеуборочная машина ВИСХОМ – 3

С учётом результатов испытаний 1933 г продолжалась работа по разработке новых конструкций картофелеуборочных машин. До 1936 г выпускался однорядный конный копатель швыряльного типа «К» (рис. 1.4). Он разрыхлял пласт, отрывал клубни от столонов и отделял их от почвы. Однако при этом значительно повреждал клубни и разбрасывал их по поверхности поля полосой шириной 1,5–2,0 м.

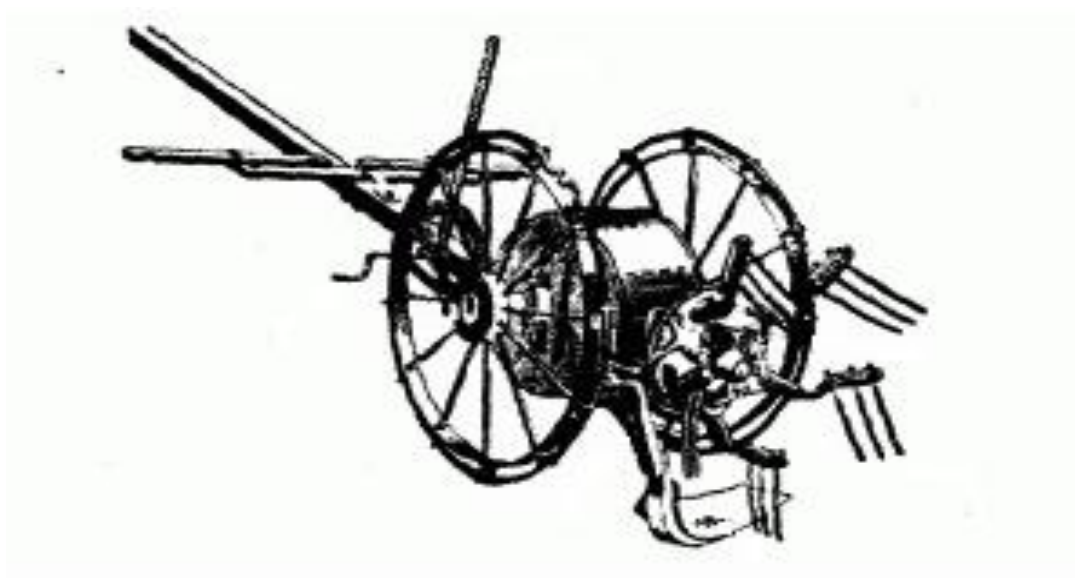


Рисунок 1.4 – Однорядный конный копатель швыряльного типа «К»

В дальнейшем основной упор был сделан на разработку копателей элеваторного типа (рис. 1.5). Для улучшения качества работы нередко вместо каскадного элеватора ставили решётки из стальных прутьев, с которых ботва сбрасывалась в сторону качающимися над решёткой вилками, а клубни скатывались по второй нижней решётке на почву.

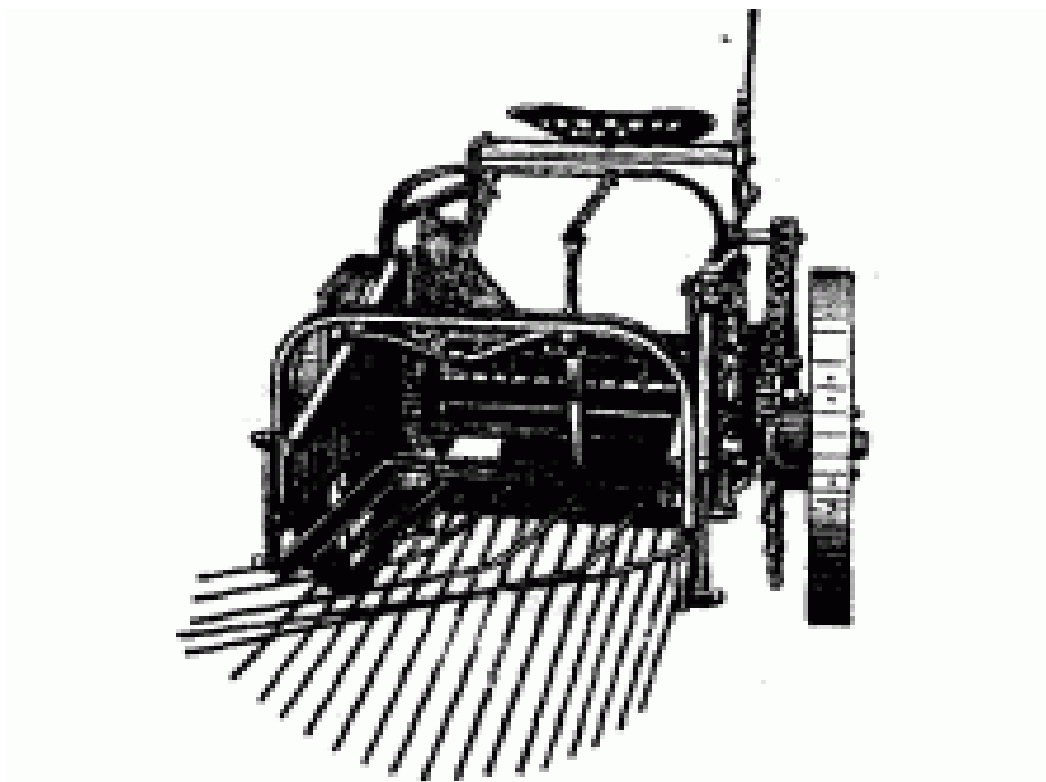
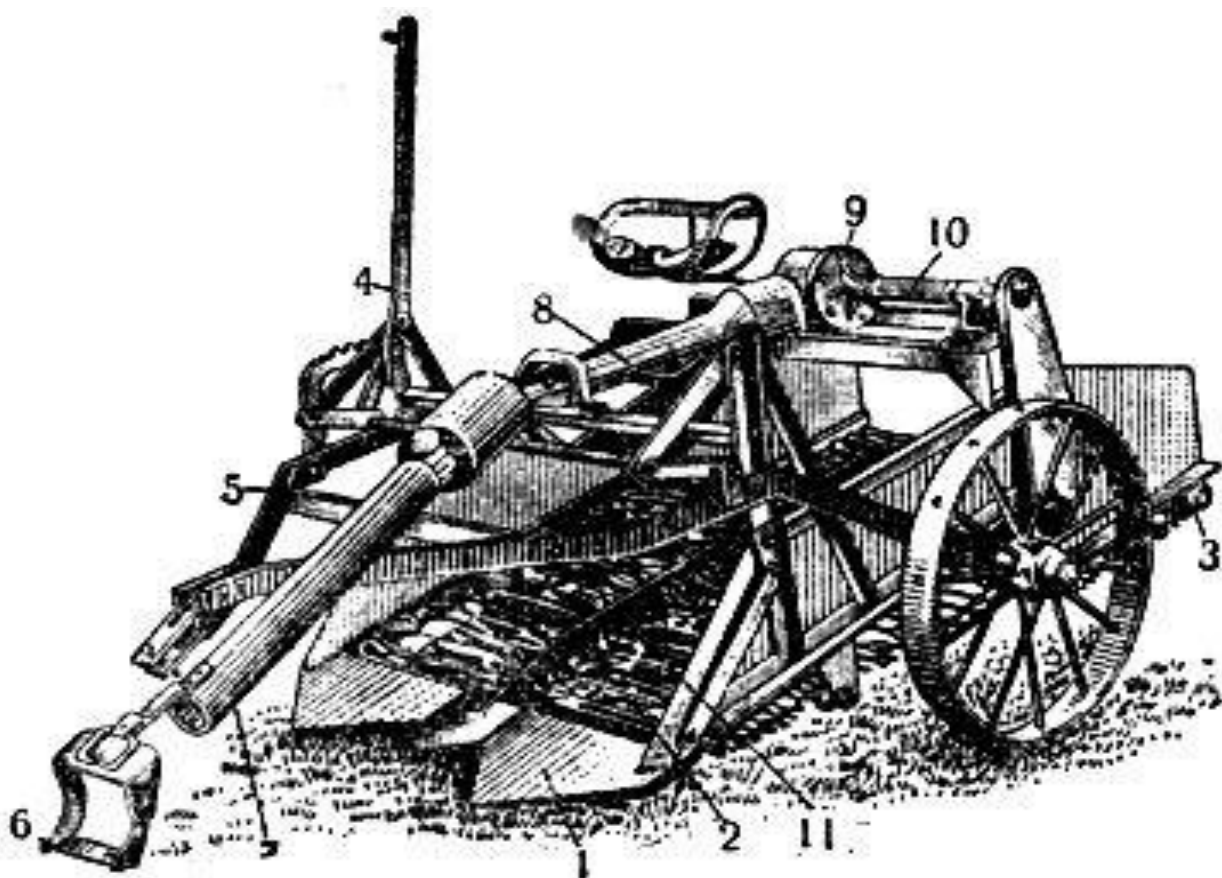


Рисунок 1.5 – Однорядный элеваторный копатель «Джон Дир».

В 1936–1937 гг завод «Рязсельмаш» производил двухрядный элеваторный копатель М-2, а с 1938 г. — более совершенный копатель ТЭК-2 (рис. 1.6), который выпускался длительное время и явился прообразом изготавливаемых в последнее время копателей типа КТН-2; КТН-2М; КТН-2Б; КТН-2В; КСТ-1,4 и другие [42,55,85].

В эти же годы появились опытные образцы комбайнов, которые выдавали убранный в корзины чистый картофель на песчаных почвах, но на тяжелых — со значительными примесями.



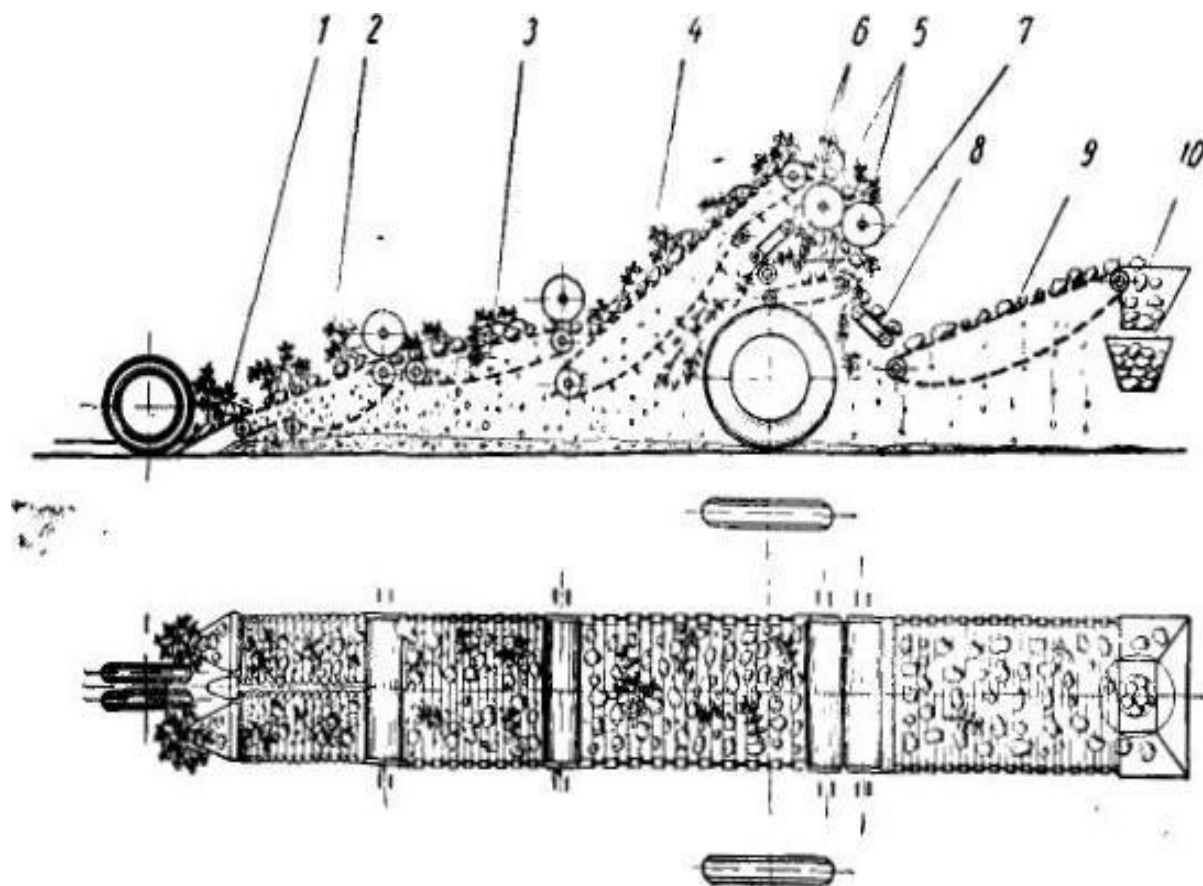
1 – лемехи, 2 – основной элеватор, 3 – каскадный элеватор, 4 – рычаг подъема, 5 – прицеп, 6 – скоба защитного кожуха, 7 – защитный кожух, 8 – продольный вал с защитным кожухом, 9 – коробка передач, 10 – поперечный вал, 11 – средняя стенка

Рисунок 1.6 – Картофелекопатель ТЭК-2

1.2.2 Картофелеуборочные комбайны послевоенных лет

Работы по созданию картофелеуборочных комбайнов были продолжены в послевоенные годы. С образованием в пятидесятые годы прошлого века ГСКБ в городе Рязани, активизировалась работа по разработке различных конструкций картофелеуборочных комбайнов. В основу этих работ была положена технологическая схема элеваторного комбайна КОК– 2 с баллонами–комкодавителями, разработанная во ВНИИКХ в довоенные годы. В середине 50-х гг прошлого века ГСКБ совместно с ВИСХОМом был разработан комбайн ККР–2

(рис. 1.7.) со сбором клубней в корзины, который выпускался серийно, в том числе на оборонном заводе. На базе этого комбайна была разработана модель под маркой ККР–2Б со сбором убранный картофеля в бункер, которая была выпущена большой партией [92].



1 –лемехи, 2 – элеватор основной, 3 – элеватор каскадный, 4 – элеватор подъёмный, 5 – пневматические баллоны, 6 –ботвоудаляющее устройство, 7 – элеватор под грохотом, 8 – горка, 9 – переборочный транспортёр, 10 – корзина

Рисунок 1.7 – Схема картофелеуборочного комбайна ККР– 2

В дальнейшем по результатам испытаний и работы названных комбайнов в хозяйствах, выявивших низкие показатели качества работы и практически отсутствие достаточного экономического эффекта, в ГСКБ был разработан прицепной двухрядный комбайн К– 3 (рис. 1.8.) с переборочным столом на втором ярусе и бункером вместимостью до 800 кг. Между основным элеватором и двухрешётным сепарирующим грохотом на комбайне было установлено два (один над другим) пневматических баллона–комкодавителя.

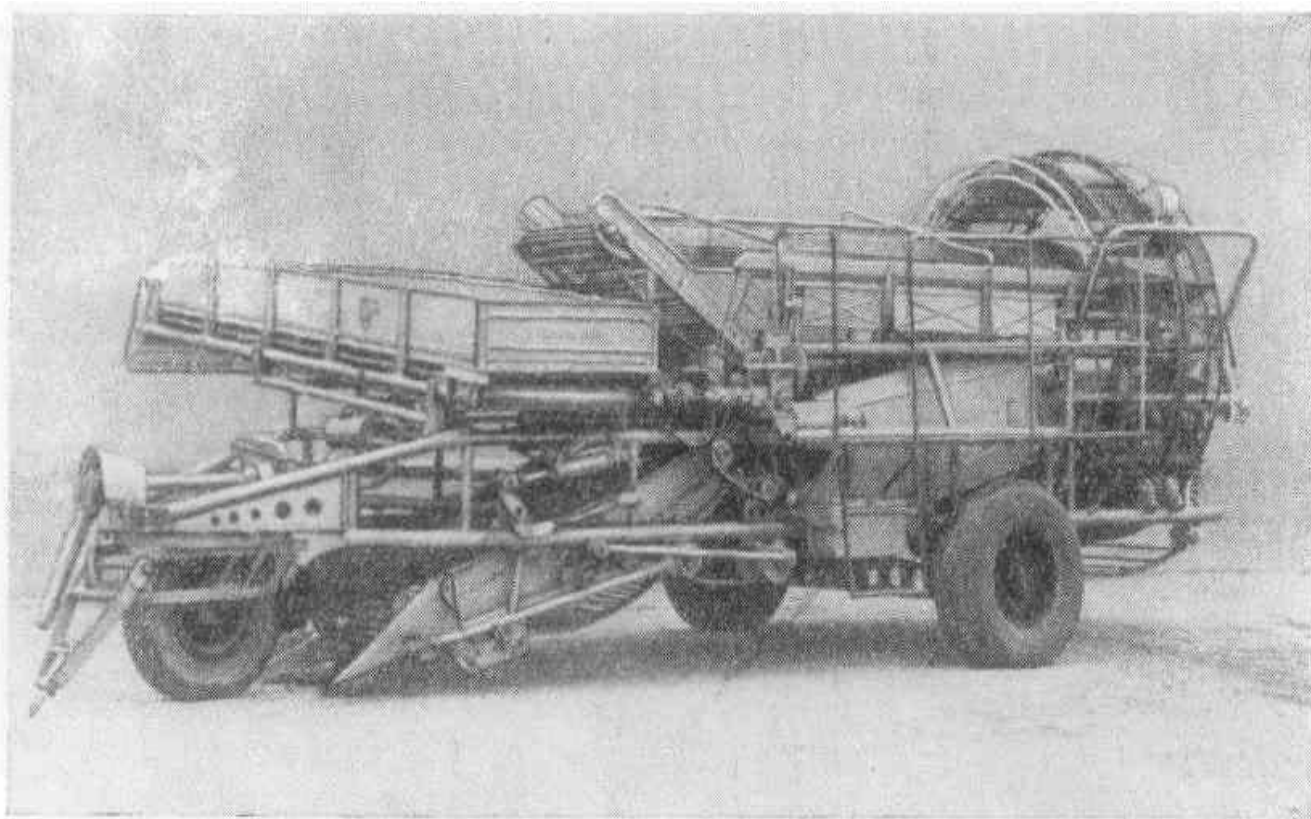


Рисунок 1.8—Прицепной двухрядный картофелеуборочный комбайн К– 3

Значительный вклад в развитие комбайнов внесли специалисты бывшей ГДР, с которыми велась активная совместная работа по разработке различных по конструкции двух–трёхрядных прицепных комбайнов, многие из которых Е– 372, Е–675, Е–670, Е–665, Е–684, Е–686 и некоторые другие поставлялись в Советский Союз [6,35].

В дальнейшем на основе вышеперечисленных комбайнов ВИСХОМом и ГСКБ был разработан элеваторный полунавесной двухрядный комбайн ККУ– 2 «Дружба». В конце 70-х комбайн ККУ– 2 был модифицирован, на него установили активный лемех, позволивший, наряду с прямым комбайнированием, убирать картофель отдельным и комбинированным способами. Данной машине была присвоена марка ККУ– 2А (рис. 1.9), которая стала базовой моделью прицепных комбайнов того времени и выпускалась в течение многих лет массовыми сериями — до 10,0–12,0 тыс. шт. в отдельные годы [31,94].



Рисунок 1.9 – Картофелеуборочный комбайн ККУ– 2А

1.2.3 Современные комбайны и копатели

Сопоставление показателей прицепных двухрядных комбайнов бункерного типа выпуска разных периодов, полученных при работе на тяжелых суглинках, характеризует значительное их развитие с улучшением качества работы. В настоящее время производятся картофелеуборочные комбайны разных технологических схем и типов.

Современные комбайны, используемые в европейских странах, как правило, выпускаются в модификациях. Увеличилась доля моделей прицепных комбайнов, выполненных по поворотной П – образной технологической схеме. В данной схеме в большей степени реализуются возможности технологического процесса вторичной сепарации за счет применения выносных горок и отражающих валиков разной конструкции. Самоходные комбайны выполняются по прямоточной двухъярусной технологической схеме. В качестве основных рабочих органов первичной сепарации во всех типах комбайнов используются системы прутковых элеваторов на прорезиненных ремнях [19, 96]. Предусматриваются их сменные

полотна. Они могут отличаться по количеству в системе, ширине и длине [31]. Под сепарирующими горками дополнительно устанавливаются сепараторы с аксиальными роликами, используются ботвоудаляющие устройства роликового или транспортерного типов [88, 96]. На прицепных комбайнах применяются устройства для бокового подкопа. При такой схеме агрегатирования трактор в работе идет по убранной части поля, что снижает повреждения клубней [18]. С целью снижения повреждений клубней подвижное дно бункера имеет амортизирующее покрытие, а подающий транспортер регулируется по высоте. На ряде моделей устанавливаются бункера, осуществляющие выгрузку картофеля из них на ходу [40]. На комбайнах Ropa Keiler площадки переборочного стола для рабочих выполнены регулируемые по высоте.

Практически на всех последних моделях прицепных двухрядных комбайнов установлены механические роторные пальцевые сепараторы для отделения почвенных комков и камней [26, 64]. Их применение позволяет снизить количество рабочего персонала на комбайне в 1,5 – 2 раза. В трансмиссиях комбайнов широко используется гидропривод, что позволяет регулировать режимы их работы. Наблюдается высокий уровень автоматизации технологического процесса комбайнов. Осуществляется автоматическое направление подкапывающих лемехов на убираемые рядки и поддержание заданной глубины подкапывания. Имеется система автоматического регулирования давления копирующих катков комбайнов на гребни убираемых рядков. Это повышает степень сепарации почвы. С целью предупреждения повреждений клубней может быть установлена автоматическая система синхронизации скоростей движения машины и элеваторных полотен [25, 106].

На самоходных комбайнах устанавливаются гусеничные ходовые системы, на прицепных - различные типы шин, в том числе широкопрофильные, что повышает их проходимость (рис. 1.10). Данные ходовые системы позволяют существенно повысить работоспособность уборочных машин в тяжелых условиях и в меньшей степени воздействуют на структуру почвы. В кабинах тракторов

прицепных и операторов самоходных комбайнов используются мониторы для визуального контроля процесса их работы и регулирования рабочих режимов [35].



Рисунок 1.10 – Самоходный комбайн Dewulf Kwarto

Не можем обойти стороной современные картофелекопатели, широко распространенные в хозяйствах РФ, благодаря дешевизне и возможности применения в тяжелых почвенно-климатических условиях, на малых участках. Технологические процессы копателей включают одинаковые операции: подкоп клубненосного пласта, его сепарацию и укладку картофеля на просеянную почву [3, 73]. Наиболее известными марками копателей являются КТН–2В (рис. 1.11), КСТ–1,4А (рис. 1.12), Л – 652 и их модификации.



Рисунок 1.11– Картофелекопатель КТН– 2В



Рисунок 1.12 – Картофелекопатель КСТ– 1,4А

По итогам анализа картофелеуборочной техники можно сделать вывод, что подавляющее большинство производителей делают ставку на разработку, производство и продажу картофелеуборочных комбайнов, т.к. их экономически эффективно использовать в крупных хозяйствах, занимающихся производством картофеля. Но в наше время в России большая часть картофеля производится на малых сельскохозяйственных предприятиях и в личных хозяйствах граждан, где использование комбайнов технологически и экономически нецелесообразно из-за небольших площадей, чего нельзя сказать про картофелекопатели [3, 83, 87, 101].

Исходя из этого, наиболее перспективным на наш взгляд является направление по усовершенствованию картофелекопателей, которые более удобны в использовании в личных и фермерских хозяйствах.

1.3 Подкапывающие рабочие органы картофелеуборочных машин

1.3.1 Анализ конструкций подкапывающих органов машин для уборки картофеля и их классификация

Подкапывающие рабочие органы предназначены для подкапывания клубненосного пласта на глубину залегания клубней и передачи его на сепарирующие рабочие органы, причем при выполнении данных операций необходимо забирать вместе с клубнями минимальное количество почвы и обеспечивать лучшее крошение пласта для облегчения сепарации. Исходя из данного определения подкапывающих рабочих органов, данного Г.Д. Петровым, можно с уверенностью сказать, что производительность и качество выполнения технологического процесса картофелеуборочной машины существенно зависят от работы данных органов.

Подкапывающие рабочие органы можно классифицировать по нескольким параметрам. Основными признаками классификации подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин послужили способ воздействия их на обрабатываемый материал – картофельную грядку, форма и тип поверхности

[illegible]

Сплошные лемехи применялись на картофелеуборочных швырялках, разрезные – на машинах, выпускаемых фирмой Г. Сакка (Германия), лемехи с

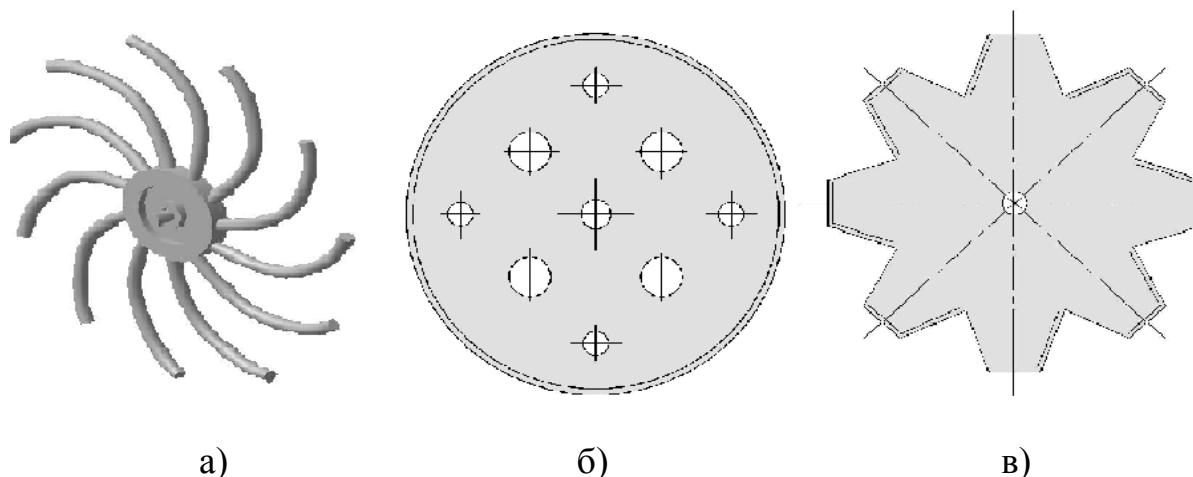
прямым углом и разрезом посередине установлены на агрегатах фирмы «Джонсон» (Англия) [55].

Значительный интерес по конструкции подкапывающего органа представляет однорядный картофелеуборочный комбайн фирмы «Рекорд» (ФРГ). Он имел корытообразный лемех с активными боковинами, катком и дисками [67]. Испытания показали, что благодаря наличию активных боковин и дисков лемех такого типа подкапывает грядку без потерь клубней, не разваливает массу по бокам и не забивается даже при уборке картофеля с развитой ботвой [2, 105]. Учитывая это, большинство зарубежных комбайнов имеет комбинированную подкапывающую часть, состоящую из плоских пассивных лемехов, копирующих устройств, пассивных или активных дисков. В качестве примера можно привести картофелеуборочную технику фирмы AVR (Бельгия), картофелеуборочные комбайны AVR 4100 и AVR 6200 SPIRIT (рис. 1.14), а также копатели-погрузчики оснащены подкапывающим рабочим органом, включающим плоские пассивные лемехи, копирующие катки и пассивные плоские диски [43, 61].



Рисунок 1.14 – Картофелеуборочный комбайн AVR 6200 SPIRIT

Еще одним типом подкапывающих рабочих органов являются дисковые лемехи (рис. 1.15), примененные на комбайнах Е665 и Е660 (ГДР) и «Импульс» (СССР). На каждый рядок устанавливают по одному диску. На элеватор подкопанный пласт направляется щитками [37, 61].



а) вертикальный прутковый диск; б) плоский диск; в) диск с трапециевидными зубьями

Рисунок 1.15 – Схемы дисковых рабочих органов

В американских картофелеуборочных машинах и подборщиках применяется активный валиковый подкапывающий рабочий орган. Он обычно состоит из двух валиков (квадратного и круглого), вращающихся в направлении перемещения пласта (рис. 1.16.) [37, 51].

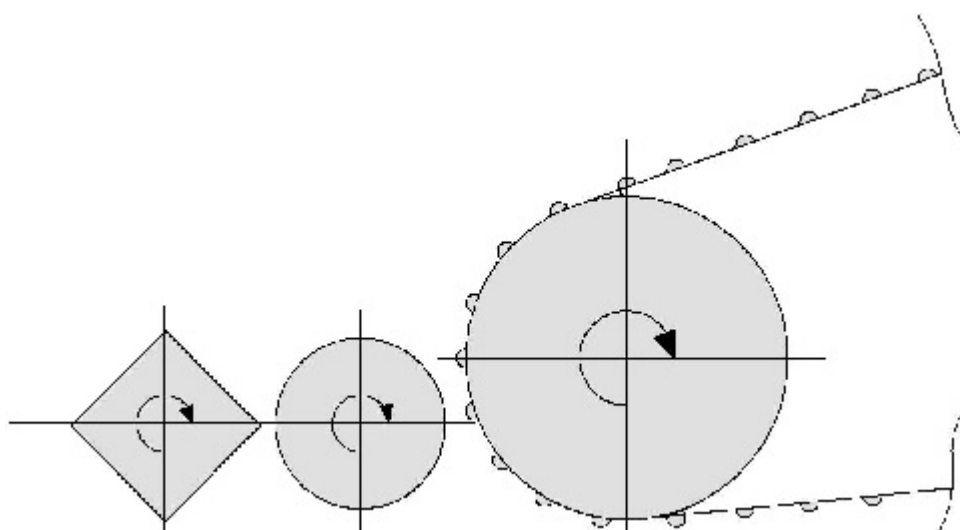


Рисунок 1.16 – Схема валикового подкапывающего рабочего органа

Наиболее распространенным типом подкапывающих органов являются пассивные лемехи. Несмотря на ряд технологичных недостатков, наиболее часто встречаются плоские сплошные лемехи (рис. 1.17.). Это объясняется, прежде всего, простотой и надежностью их конструкции [61, 15].

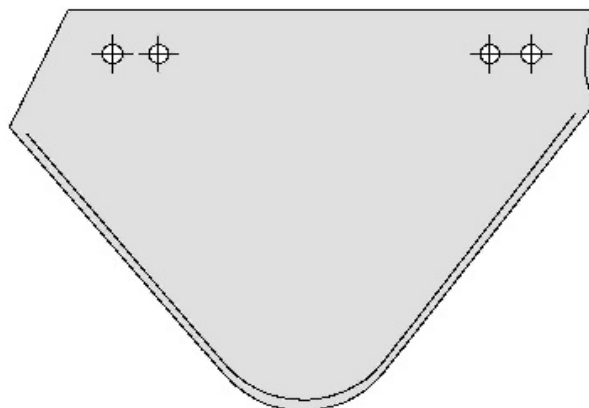


Рисунок 1.17 – Плоский сплошной лемех

Вибрационные подкапывающие рабочие органы не получили широкого распространения в выпускаемых промышленностью картофелеуборочных машинах по целому ряду причин, основной из которых является необходимость в колебательном движении больших масс, вследствие чего в раме и подвесах картофелеуборочной машины возникают значительные динамические нагрузки [10, 61].

В настоящее время в машинах для уборки картофеля широко внедряются комбинированные лемехи. Они обладают бесспорными преимуществами по крошению подкапываемого пласта, снижению тягового сопротивления и передачи подкапываемой массы на сепарирующие органы, но имеют сложную конструкцию, металлоемки и повреждают клубни сильнее пассивных лемехов.

Анализируя данную классификацию подкапывающих рабочих органов, можно сказать, что, несмотря на ряд технологических недостатков, пассивные лемехи все же имеют наибольшее распространение. На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, что исследование, направленное на совершенствование конструкции пассивного лемеха, является актуальной задачей.

1.3.2 Анализ принципа работы и теоретических исследований пассивных подкапывающих органов

Еще в 1935 году Н.В. Фирсов [55, 100] указывал, что во избежание сгруживания клубненосного пласта, которое является основным недостатком пассивных подкапывающих рабочих органов, «лемеха должны выполняться короткими и с наименьшим возможным углом резания, но в то же время необходимо иметь заднюю кромку лемеха, расположенной по отношению к лезвию на высоте не менее 100...120 мм, так как ее положение должно обеспечивать прохождение рабочих органов первого элеватора без задевания поверхности поля. Явлению сгруживания клубненосного пласта, по мнению Н.В. Фирсова, способствует также нависание ботвы на боковинах и сползание пласта в сторону» [97].

«На основании изучения работы картофелеуборочных машин были установлены главные недостатки подкапывающих органов - забивание лемехов растительными остатками с последующим сгруживанием массы почвы и разваливанием ее вместе с клубнями на сторону» [97].

«Из зарубежных ученых этого периода выделяются работы немецкого профессора Г. Фишера. Его исследования сводились к сравнительной оценке известных конструкций подкапывающих рабочих органов. Одновременно ставилась задача найти максимально возможный угол наклона и минимальную длину лемеха» [97].

«Наиболее значительные разработки и исследования подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин выполнены научными сотрудниками ВИСХОМа Н.В. Фирсовым, В.М. Чаусом, Г.Г. Кусовым, Г.Д. Петровым, А.А. Сорокиным» [97].

В 1955 году в ВИСХОМе проведены исследования лемехов: плоского, выжимного корытообразного односекционного и двухсекционного и вилообразного с режущей кромкой. «Установлено, что все пассивные лемеха испытанных конструкций создают большие сопротивления при подкопе

картофельной грядки, что приводит к сгуживанию почвы и потерям клубней картофеля. Подкопанная пассивным лемехом картофельная грядка при передаче ее на сепарирующий орган разрушается недостаточно, что затрудняет работу сепарирующих органов машины для уборки картофеля» [97].

Исследования [62] показали, «что выжимные лемехи не имеют преимуществ по сравнению с остальными лемехами» [97].

В Белорусском институте механизации и электрификации сельского хозяйства М.Т. Ткачевым, А.Ю. Кречко и другими учеными [62, 77] была проведена значительная работа по исследованию плоских пассивных подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин. «Основные исследования были направлены на установление оптимальных значений длины лемеха, угла наклона его к горизонту и угла между лезвиями при вершине, при которых осуществлялось бы передвижение подкопанного клубненосного пласта по подкапывающему рабочему органу без сгуживания и разваливания» [97].

На протяжении нескольких лет под руководством Е.А. Глухих А.Е. Пермякова [62] исследовала процесс подкапывания и сепарации почвы при уборке картофеля, возделываемого в Ростовской области. «Было установлено, что при уборке картофеля, возделываемого на тяжелых глинистых почвах с пониженной влажностью, более перспективен корытообразный лемех со следующими параметрами: ширина захвата - 415 мм; длина лемеха - 500 мм; угол наклона $12^{\circ}\dots 14^{\circ}$ » [97].

«Большие работы выполнены сотрудниками ГСКБ (г. Рязань) И.П. Гудзенко, М.Б. Углановым и другими по изысканию и отработке конструктивных параметров подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин. Результатом многолетней работы Рязанского ГСКБ явилось создание картофелеуборочного комбайна К- 3, где были использованы корытообразные лемеха» [97].

Обнадеживающие результаты показали испытания рабочих органов, на поверхности которых, нанесены материалы, обладающие низким коэффициентом трения. «Так, исследованиями, проведенными в 1962...1965 годах сотрудниками

ВИСХОМа на опытных полях учебного хозяйства "Отрадное" Воронежского сельскохозяйственного института было установлено, что фторопласт-4 и полиэтилен высокого и низкого давления, применяемые в качестве покрытий на рабочие поверхности, дают положительные результаты. Было отмечено устранение залипания и снижения тягового сопротивления до 4...5%. Но в этом случае остается не решенным вопрос о долговечности полимерных материалов-пластмасс»[97].

«Из зарубежных исследований наибольший интерес представляют работы С. Хоукинса (Национальный институт сельского хозяйства Англии). Им проведено тщательное изучение распределения клубней в гнездах картофеля, дан анализ известных конструкций подкапывающих органов» [97].

Проведя анализ многочисленных экспериментальных исследований пассивных лемехов [30, 51, 52, 55, 61, 62, 77] можно сделать вывод, «что рассмотренные разновидности конструкций пассивных подкапывающих рабочих органов имеют ряд общих существенных недостатков: повышенное тяговое сопротивление, сгуживание подкопанной массы, недостаточное крошение клубненосного пласта, потери картофеля за счет разваливания подкапываемой грядки, забивание лемехов ботвой и другими растительными остатками» [97].

Поэтому все дальнейшие работы должны быть направлены на изыскание новых конструкций подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин [8, 61, 97], устраняющих эти недостатки.

«Анализируя данные литературного обзора экспериментальных и теоретических исследований конструкций и принципа работы пассивных подкапывающих рабочих органов машин для уборки картофеля, можно сказать, что в этом направлении проведен значительный объем работы»[97]. Но, все еще не создана конструкция лемеха, которая была бы работоспособной во всех почвенно-климатических условиях [10, 30, 55], поэтому на наш взгляд, экспериментальные и теоретические исследования пассивных подкапывающих органов необходимо продолжать, чтобы добиться повышения эффективности их работы.

1.3.3 Анализ конструкций и принципа работы активных подкапывающих органов

«С 1956 года сотрудниками ВИСХОМа Г.Д. Петровым, А.А. Сорокиным, Г.Г. Кусовым велись теоретические и экспериментальные исследования вибрационных подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин. Полученные ими результаты дали возможность создать новый подкапывающий рабочий орган - вибрационный лемех, который имел корытообразную форму и прутковую поверхность» [97].

«Дальнейшие изыскания позволили разработать активный лемех в виде передней режущей кромки колеблющегося грохота. В целях уменьшения количества поступающей почвы при подрезании грядок картофеля подкапывающий орган был профилирован» [97].

«Впервые вибрационный лемех с прямолинейной режущей кромкой был применен в 1957 году на экспериментальном комбайне К-1. Он обеспечивал хорошее рыхление подкапываемого клубненосного пласта, не забивался ботвой, устранял сгуживание и разваливание почвы» [97].

Дальнейшие исследования ВИСХОМа [63, 66, 79, 80] в области «вибрационных рабочих органов для картофелеуборочных машин сделали возможным создание картофелекопателей КВН-2, КВН-2М, КГ-2 и картофелеуборочного комбайна КГП-2» [97].

«Наиболее существенным недостатком данных активных подкапывающих рабочих органов следует считать то, что они выполнены заодно с первым грохотом и, следовательно, имеют с ним одни и те же кинематические параметры. Вследствие этого оптимальный скоростной режим, выбранный для лемехов, не является наилучшим для сепарирующего рабочего органа» [97].

«С 1959 года по 1963 год В.И. Гиммельфарб проводил экспериментальные исследования вибрационного лемеха на картофелекопателе КВН-2М в условиях Северо-Западной зоны СССР. Испытания показали, что применение активного подкапывающего рабочего органа в условиях этой почвенно-климатической зоны

является перспективным. Им были определены оптимальные режимы вибрации для лемехов и выявлены динамические нагрузки, действующие в механизме подкапывающего рабочего органа» [97].

Рязанским ГСКБ была проделана большая работа в области машин для возделывания и уборки картофеля [94]. «Им впервые был поставлен вибрационный подкапывающий рабочий орган на картофелеуборочную машину элеваторной модификации и проведены значительные исследования по отысканию наилучших параметров активного лемеха» [97].

«В области теоретических исследований особо следует отметить работы А.А. Сорокина. Им проводились теоретические исследования процесса подкапывания клубненосного пласта колеблющимся лемехом с целью определения оптимального режима его работы, обеспечивающего минимальное тяговое сопротивление, эффективное перемещение и передачу пласта на сепарирующий рабочий орган с незначительными повреждениями клубней картофеля. А.А. Сорокин впервые дал теоретическое объяснение явления перемещения почвы по поверхности активного подкапывающего рабочего органа и вывел теоретические зависимости для расчета оптимальных кинематических параметров вибрации» [97].

«Решая совместно уравнения движения пласта в свободном полете после отрыва от лемеха и уравнение лемеха, колеблющегося и движущегося поступательно, а также учитывая характер траектории движения режущей кромки подкапывающего рабочего органа, он, принимая ряд допущений, определил диапазон колебаний вибрационного лемеха» [97]:

$$1,7 g \cdot \cos \alpha \sin \beta < \omega^2 r < 2,6 g \cos \alpha \sin \beta, \quad (1.1)$$

«Теоретические предпосылки А.А. Сорокина в дальнейшем были подтверждены экспериментальными исследованиями, проведенными на ЦМИСе, и легли в основу кинематического исследования механизма колеблющегося подкапывающего рабочего органа, проведенного К.И. Родиным, который исследовал работу вибрационного лемеха на торфяных почвах. Им установлено, что наиболее работоспособным подкапывающим рабочим органом на торфяной

почве является двухсекционный корытообразный лемех с боковыми дисками диаметром 600 мм. К.И. Родин в своей работе предлагает следующий кинематический режим вибрационного лемеха: амплитуда 22...23 мм, частота 600...650 кол/мин и поступательная скорость машины 0,6...0,8 м/с» [97].

И.В. Никулиным [53] были осуществлены значительные теоретические и экспериментальные исследования вибрационных лемехов. «Он применил подкапывающий рабочий орган, совершающий угловые колебания в плоскости лемеха. И.В. Никулиным даны теоретические предпосылки явления снижения тягового сопротивления рабочего органа, совершающего угловые колебания, получено аналитическое выражение для определения тягового сопротивления активного лемеха, установлено влияние амплитудно-частотных параметров колебаний подкапывающего рабочего органа на качественные и энергетические показатели его работы, определены рациональные параметры лемехов, теоретически обоснована и экспериментально проверена целесообразность применения подкапывающих рабочих органов шириной 40 см» [97]. Им сделан вывод о том, что пассивные и активные рабочие органы не лишены ряда существенных недостатков, которые значительно снижают технико-экономические показатели эксплуатации картофелеуборочных машин [21, 34, 55].

Из зарубежных исследований по применению вибрации в сельскохозяйственных машинах, наибольший интерес представляют работы Эгенмюллера [32,63]. «Им получены оптимальные кинематические режимы вибрационных рабочих органов почвообрабатывающих машин, при которых наблюдается значительное снижение тягового сопротивления, а также даны теоретические зависимости параметров колебаний рабочего органа от скорости поступательного движения орудия» [97].

«Из работ по активным лемехам картофелеуборочных машин заметны исследования В.Е. Фишер-Шлема и Е. Мозера. Авторы показали, что при применении вибрационных подкапывающих рабочих органов тяговое сопротивление картофелеуборочных машин и буксование трактора снижаются» [97].

Из приведенного анализа теоретических и экспериментальных исследований колеблющихся лемехов можно сделать вывод, что кроме преимуществ, у рассмотренных подкапывающих органов есть ряд недостатков. «Один из них - необходимость приводить в колебательное движение большие массы. Вследствие этого в подвесках и раме картофелеуборочной машины возникают значительные динамические нагрузки. Отрицательной стороной этих подкапывающих органов является и то, что грядки необходимо подкапывать глубже залегания клубней на величину равную 2...3 см, что приводит к увеличению тягового сопротивления машины и повышению нагрузки на сепарирующие органы» [97].

«Существенным недостатком качающихся лемехов является также и то, что с изменением почвенно-климатических условий необходимо изменять параметры вибрационного движения, чтобы не снизить технико-экономических показателей этого типа подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин» [97]. Одним из самых критических их недостатков является большая повреждаемость клубней картофеля по отношению к другим типам рабочих органов.

1.3.4 Анализ конструкций и принципа работы комбинированных подкапывающих рабочих органов

Теоретическими и экспериментальными исследованиями работы комбинированных подкапывающих рабочих органов машин для уборки картофеля занимались многие ученые, в том числе Н.И. Верещагин и К.А. Пшеченков, которые в своих работах [12, 13, 14, 15, 53, 94] отмечают, «что боковые диски предотвращают поступление из междурядий уплотненной колесами трактора почвы на лемеха, а также разрезают ботву, расположенную в междурядьях, снижают потери клубней картофеля в результате предотвращения разваливания подкопанного клубненосного пласта по бокам лемеха» [97].

«К.И. Родин указывает, что постановка плоских или сферических дисковых ножей по бокам подкапывающих рабочих органов способствует перемещению

почвы по лемеху и значительно сокращает потери клубней. Дисковые ножи разрезают корни и стебли ботвы, расположенные в междурядьях. Он предложил методику графоаналитического расчета боковых дисков» [97].

Исследование комбинированных подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин отражено в работе [54] И.В. Никулина. «Им опытным путем установлено, что глубина хода дисков, при выбранных параметрах лемеха составляет 10...12 см, с учетом толщины стебля ботвы определен радиус бокового диска, который при такой глубине хода равнялся 27 см. С учетом поправки на микрорельеф диаметр диска в этой работе был принят равным 60 см. И.В. Никулин считает, что рациональным вариантом расположения дисков и лемеха явился вариант, когда нижняя точка вертикального диаметра расположена на уровне носка лемеха. Теоретического обоснования этому положению в своей работе автор не приводит» [97].

Р.Н. Норчаев и М.Б. Угланов [93] проводили исследования комбинированного рабочего органа, состоящего «из лемеха и двух шнеков с правой и левой навивкой, установленных по бокам лемеха, и вращающихся навстречу друг другу. Боковые шнеки во время работы охватывают грядку, не входя в непосредственный контакт с клубнями. Крошение почвы и разрушение связей между клубнями и почвой происходит в результате распространения деформаций в клубненосном пласту. В итоге проведенных исследований установлено:

- тяговое сопротивление картофелекопателя с оригинальным рабочим органом на 25...30% меньше, чем серийного;
- предлагаемый рабочий орган устраняет сгуживание клубненосной массы;
- предлагаемый рабочий орган более интенсивно разрушает пласт, в результате чего улучшается сепарация» [97].

«Однако, этому рабочему органу присущи такие недостатки, как сложная конструкция, трудность герметизации почвенного канала между элеватором и шнеками, не простой привод шнеков» [97].

«А.П. Литвинов предложил использовать в картофелеуборочных машинах комбинированный рабочий орган, содержащий активные диски, установленные с развалом, и небольшой пассивный лемех для передачи подкопанной массы на элеватор. Данный рабочий орган забирает на 30...40% меньше почвы, чем серийный ККУ-2А. Автором установлено, что несмотря на улучшение сепарации при использовании сферических дисков с прорезями, в целях снижения повреждений клубней целесообразно использовать плоские диски без вырезов в зоне контакта с почвой и клубнями. Расширение функциональных возможностей подкапывающей части установкой дисков под углом хотя и дает положительный эффект – улучшение крошения пласта и уменьшение захвата почвы, но влечет за собой усложнение конструкции» [97].

«Снижение тягового сопротивления и интенсивное крошение подкопанного пласта происходит при работе битерных устройств, установленных между лемехом и приемным элеватором. Эффективность работы битера зависит от его конструкции, режима работы и проявляется, когда окружная скорость битера выше скорости движения полотна элеватора. Применение битера также приводит к повышению повреждения клубней картофеля и усложняет конструкцию машины. Работа подкапывающей части в этом случае отличается тем, что уменьшается длина лемеха и улучшается передача подкопанного пласта на сепарирующие органы» [97].

Для улучшения работы приемной части картофелеуборочных машин был проведен ряд экспериментальных исследований подкапывающих рабочих органов [39, 68, 69, 70]. «С целью уменьшения забора массы, улучшения продвижения массы в подкапывающую часть введены:

- пассивные, установленные в развал диски со шнеком, расположенным аксиально над подкапываемым пластом (вариант ВИМа);
- вертикальные диски с активным приводом (вариант ВИСХОМа);
- ротор с лопастями и гребенками над грядкой.

В результате установлено, что применение дисков ограничивает поступление почвы, однако, требует более точного вождения по рядкам.

Применение различных устройств для улучшения транспортировки клубненосного пласта, расположенных над лемехом, не всегда эффективно. Такие устройства оказывают дополнительное давление на пласт, увеличивая силу трения, в результате чего транспортирующая способность активаторов снижается действием сил трения на лемехе. Приводные диски, используемые для улучшения транспортировки пласта по лемеху, имеют широкие технологические возможности. Диски обрезают пласт с боков, перерезают растительные остатки, исключают развал пласта на лемехе, определяют реальную ширину захвата рабочего органа и способствуют транспортировке пласта» [97].

Проведенными Н.Н. Лутховым исследованиями [43, 81, 82], «установлено, что активные отрезающие диски существенно снижают тяговое сопротивление. Им доказано, что применение привода только на один диск подкапывающего органа не снижает эффективность его работы и упрощает конструкцию» [97].

«Созданием специальных рабочих органов и приспособлений, для обеспечения эффективной работы картофелеуборочных машин на почвах пониженной влажности занимаются как в нашей стране, так и за рубежом. Такие рабочие органы способны отделять почвенные комки без разрушения, с разрушением и последующей сепарацией размельченной почвы. Комкоразрушающие рабочие органы в зависимости от характера взаимодействия с комками делятся на динамические и статические. Наибольшее распространение получили статические рабочие органы - копирующие и боковые катки, с помощью которых определяют реальную глубину подкапывания и осуществляют разрушение комков»[97]. Как показывают различные исследования [81], «комкоразрушающие устройства в 2...3 раза уменьшают количество комков, поступающих после подкопа грядок на сепарирующие органы машины» [97].

На основе проведенного анализа и выбранной цели поставлены следующие задачи исследований:

1. Провести анализ существующих конструкций картофелеуборочных машин и подкапывающих рабочих органов, на основе которого определить перспективное направление их совершенствования.

2. Теоретически обосновать параметры рабочих органов картофелеуборочных машин.
3. Провести лабораторно-полевые исследования экспериментального картофелекопателя.
4. Определить технико-экономические показатели экспериментального картофелекопателя в результате проведения хозяйственных исследований.

Выводы к главе 1

1. Комбинированные подкапывающие рабочие органы, на примере широко распространённых дисковых элементов имеют свои недостатки: сложность конструкции, большая материалоемкость по отношению к машинам без дисков, при установке боковых дисков требуется более точное вождение по рядкам, проскальзывание дисков относительно почвы, приводящее к сгуживанию и т.д.
2. Вибрационные лемехи также имеют ряд недостатков: сложность конструкции, необходимость приводить в колебательное движение большие массы, в следствие чего возникают большие динамические нагрузки в раме и подвесах, увеличение тягового сопротивления и повышение нагрузки на сепарирующие рабочие органы, и самое главное увеличение повреждений клубней по сравнению с пассивными подкапывающими органами.
3. Одним из перспективных путей совершенствования картофелеуборочных машин является применение модернизированных лемехов, обеспечивающих повышение воздействия рабочих органов в начале технологического процесса на клубненосный ворох.

Глава 2 Теоретические исследования подпружиненного лемеха

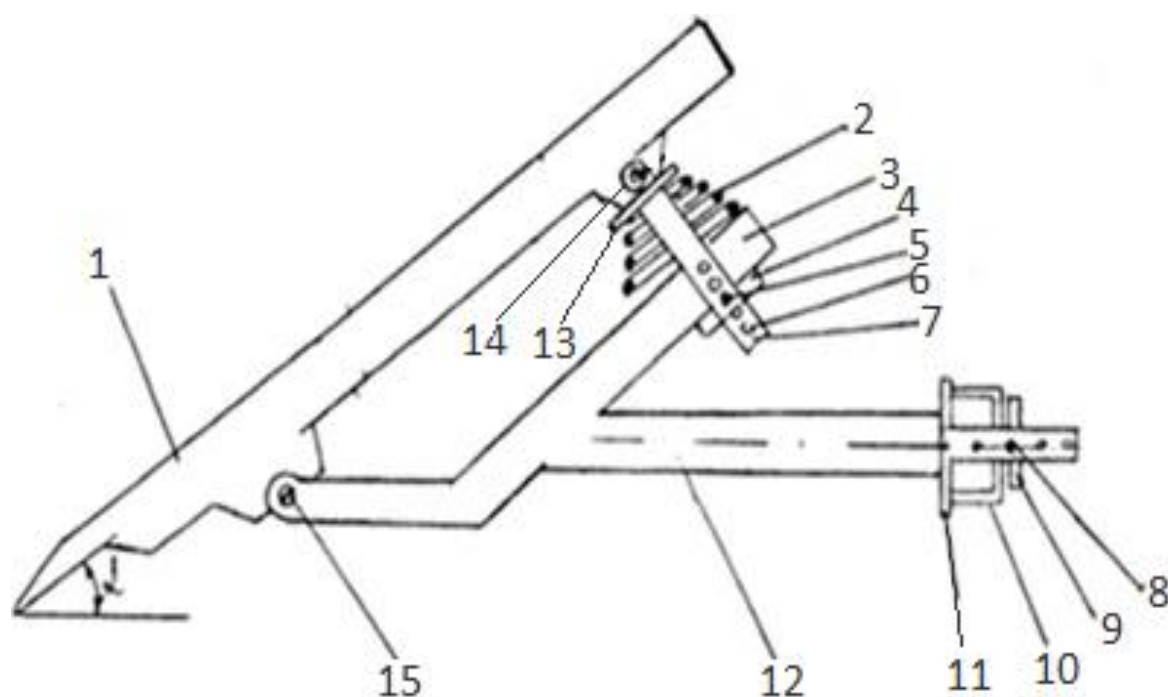
2.1 Конструктивно-технологическая схема подпружиненного лемеха

Известно, что эффективность работы серийных картофелеуборочных машин зависит от почвенно-климатических условий. В первую очередь на показатели работы уборочных машин влияет работа подкапывающей части. Интенсивное воздействие на клубненосный пласт подпружиненного лемеха в начале технологического процесса картофелеуборочной машины позволит улучшить сепарацию без существенного увеличения повреждений клубней картофеля, так как между лемехом и клубнями имеется прослойка почвы. Поэтому интенсивность воздействия подкапывающих органов на клубненосный пласт должна определяться исходя из почвенно-климатических условий на момент уборки. В условиях повышенной и пониженной влажности интенсивность воздействия подкапывающих органов должна быть максимальной, в условиях оптимальной влажности интенсивность воздействия должна снижаться, так же она должна меняться при изменении рабочей скорости картофелеуборочной машины.

Для решения данной задачи мы предлагаем усовершенствовать подкапывающие рабочие органы картофелеуборочной машины, а именно, конструкция подкапывающего органа должна позволять изменять угол α наклона лемеха к горизонту при подкапывании картофеля на различных типах почв в различных почвенно-климатических условиях [60] (рис. 2.1).

Подкапывающий рабочий орган содержит лемех 1, который в нижней части закреплен на лапке кронштейна 12, установленного в поперечном отверстии рамы 10. Каждый лемех 1 в нижней части закреплен на лапках кронштейнов 12 шарнирно с помощью болтового соединения 15, а в верхней части лемех 1 закреплен шарнирно с помощью болтового соединения 14 и кронштейна 7. На

кронштейне 7 между плоским лемехом 1 и кронштейном 3 установлена пружина 2. Кронштейн 12 установлен в поперечном отверстии рамы 10 и удерживается с одной стороны упорной шайбой 11, а с другой стороны гайкой 9 и шплинтом 8. Кронштейн 7 установлен в поперечном отверстии кронштейна 3 и удерживается с одной стороны упорной шайбой 13 и пружиной 2, а с другой стороны гайкой 4 и шплинтом 5. За счет регулировочных отверстий 6, расположенных в кронштейне 7, и гайки 4 имеется возможность изменять жесткость пружины в зависимости от типа и состояния почвы, на которой используется уборочная машина (приложение А).



1 – лемех, 2 – пружина сжатия, 3 – кронштейн, 4 – гайка, 5 – шплинт, 6 – регулировочные отверстия, 7 – кронштейн, 8 – шплинт, 9 – гайка, 10 – рама, 11 – упорная шайба, 12 – кронштейн, 13 – упорная шайба, 14 – болтовое соединение, 15 – болтовое соединение, α – угол наклона лемеха к горизонту.

Рисунок 2.1 – Схема подкапывающего рабочего органа в виде подпружиненного лемеха (патент на полезную модель РФ № 132944)

Усовершенствованный подкапывающий рабочий орган работает следующим образом (рис. 2.1). Пружина 2, отрегулирована на конкретное усилие,

которое определяется в зависимости от типа и состояния почвы. При работе картофелекопателя на заглубленный лемех 1, установленный на определенную глубину подкапывания клубненосного пласта, вследствие неравномерности сопротивления почвы действуют переменные силы, которые передаются через опорную шайбу 13 кронштейна 7 на пружину 2 и заставляют кронштейн 7 с лемехом 1 изменять угол наклона лемеха к горизонту α . Угол наклона лемеха к горизонту α устанавливается в зависимости от типа, состояния и связности почвы. Жесткость пружины 2 регулируется гайкой 4 и устанавливается такой, при которой угол наклона лемеха к горизонту α исключает сгуживание.

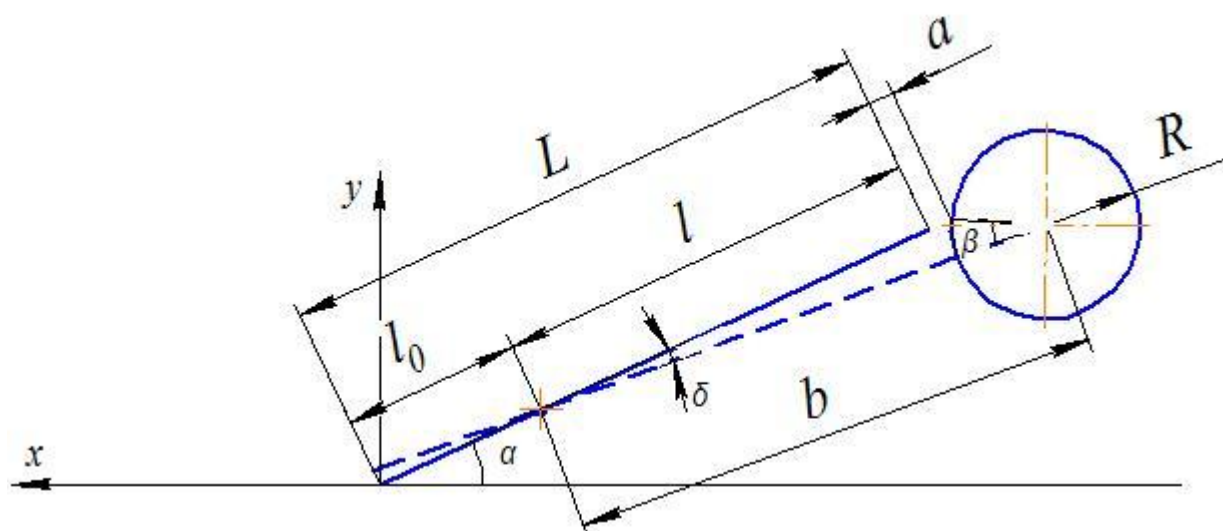
Вследствие неравномерного сопротивления почвы на лемех 1 действуют переменные силы, которые заставляют лемех изменять свое положение, то есть угол α наклона лемеха к горизонту. Пласт почвы при этом испытывает воздействие лемеха и крошится. Этим достигается крошение клубненосного пласта и улучшается транспортирование пласта через лемех 1 к прутковому элеватору. Путем установки необходимого угла α наклона лемеха 1 к горизонту, зависящего от типа и состояния почвы, предотвращается сгуживание клубненосного пласта перед прутковым элеватором.

Таким образом, применение разработанного подкапывающего рабочего органа улучшает крошение клубненосного пласта и уменьшает его сгуживание перед прутковым элеватором, что приводит к повышению производительности.

2.2 Исследование геометрии подпружиненного лемеха

Транспортировка и крошение пласта определяется формой подкапывающих рабочих органов и взаимным расположением элементов. В нашем случае подкапывающее устройство состоит из кронштейна с подпружиненным лемехом, который меняет свое положение относительно вала первого элеватора.

Рассмотрим геометрическую схему лемеха с изменяемым углом наклона (рис. 2.2).



L – длина лемеха, a – зазор между лемехом и валом первого элеватора, l_0 – расстояние от носка лемеха до шарнира, l – длина шарнирной части лемеха, R – радиус звездочки первого элеватора, β – угол воздействия первого элеватора на подкопанный пласт, δ – изменение угла наклона лемеха, α – начальный угол установки лемеха, b – расстояние между шарниром лемеха и центром вращения звездочки первого элеватора.

Рисунок 2.2 – Геометрическая схема лемеха с изменяемым углом наклона

Расстояние между шарниром лемеха и центром вращения ведомого вала первого элеватора:

$$b = (l + a) \cos \delta_{\max} + R \cos \beta, \quad (2.1)$$

Тогда зазор между лемехом и валом элеватора:

$$a = \frac{b - R \cos \beta - l \cos \delta_{\max}}{\cos \delta_{\max}}, \quad (2.2)$$

Определим значение угла воздействия первого элеватора на подкопанный пласт:

$$\cos \beta = \frac{b - (l + a) \cos \delta}{R}. \quad (2.3)$$

Тогда:

$$\beta = \arccos \frac{b - (l + a) \cos \delta}{R}. \quad (2.4)$$

Найдем изменение угла наклона лемеха:

$$\alpha_{\text{л}} = \alpha + \delta, \quad (2.5)$$

где α – начальный угол установки лемеха;

$\alpha_{\text{л}}$ – текущий угол наклона лемеха;

δ – изменение угла наклона лемеха.

Отсюда следует, что

$$\delta = \alpha_{\text{л}} - \alpha. \quad (2.6)$$

Таким образом, нами получена зависимость между геометрическими параметрами углов установки лемеха, которые будут применены в дальнейших исследованиях.

2.3 Механика взаимодействия лемеха со связным пластом почвы

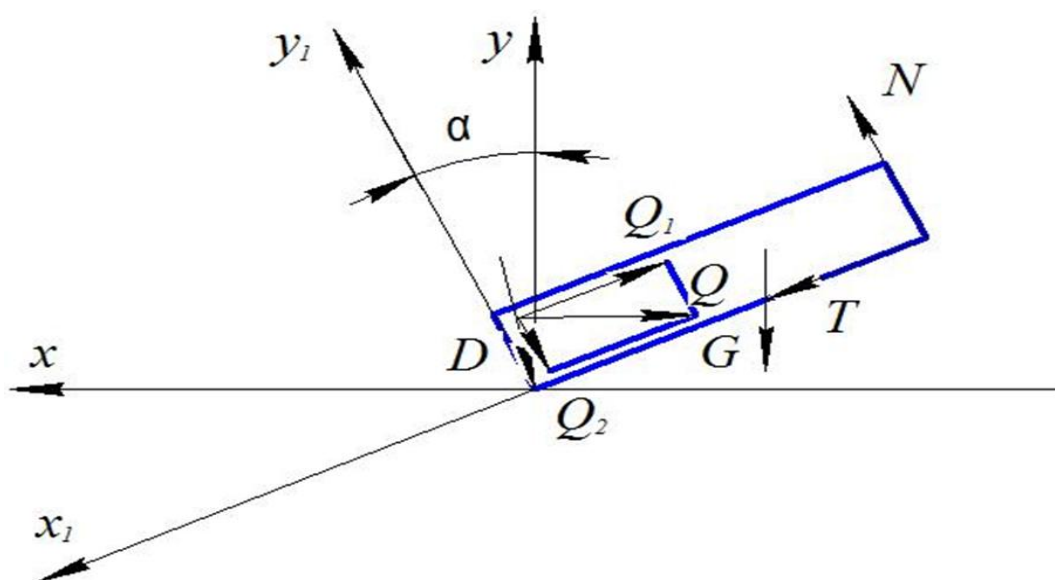
При работе машин с пассивными рабочими органами, имеющими форму клина, деформация почвы отличается большим разнообразием вследствие значительной вариации её физико-механических свойств, а также многообразия видов и параметров рабочих органов [38].

Так как предлагаемый нами копатель предназначен для работы на разных видах почв, в том числе и тяжелых, нас интересует механика взаимодействия лемеха со связным, отделяющимся в виде ленты пластом почвы в его функции подъемного устройства, а также методики расчета неизвестных реакций связей и тягового сопротивления лемеха.

Для случая связного пласта В.А. Ксендзовым рассмотрено взаимодействие пласта с двухгранным клином и получены выражения для определения силовых характеристик взаимодействия. Введем следующие допущения:

1. Клубненосный пласт представляет собой однородный связный пласт, почва переплетена корнями растений.
2. Скорость движения пласта по лемеху в установившемся режиме постоянна.

На рассматриваемый участок пласта оказывают действие нормальная реакция N и сила трения T со стороны рабочей поверхности клина (лемеха), а также реакция подпора Q со стороны неподвижного участка, расположенного перед лемехом (рис. 2.3). Эти силы равнодействующие соответствующих распределенных сил на рабочей поверхности лемеха и границе разделов участков пласта [4].



N – нормальная реакция, T – сила трения, G – сила тяжести, D – сила динамического давления пласта, Q – реакция подпора, Q_1 – составляющая реакции подпора действующая вдоль оси x_1 , Q_2 – составляющая реакции подпора, действующая вдоль оси y_1 , α – угол наклона лемеха.

Рисунок 2.3 – Схема сил, действующих на участок пласта

Для плоской произвольной системы сил можно составить лишь одно векторное уравнение равновесия и два соответствующих ему скалярных в проекциях на оси x_1 и y_1 :

$$\begin{aligned}\bar{Q} + \bar{N} + \bar{T} + \bar{G} &= 0; \\ Q_1 - G \sin \alpha - T &= 0; \\ -Q_2 - G \cos \alpha + N &= 0.\end{aligned}\tag{2.7}$$

где:

Q – реакция подпора, N ;

N – нормальная реакция, Н;

T – сила трения, Н;

G – сила тяжести, Н;

Q_1 – составляющая реакции подпора, действующая вдоль оси x_1 , Н;

Q_2 – составляющая реакции подпора, действующая вдоль оси y_1 , Н;

α – угол наклона лемеха, рад.

Составим уравнение равновесия лемеха:

$$P - N' \sin \alpha - T' \sin \alpha = 0, \quad (2.8)$$

где:

$$T = fN; \quad f = \operatorname{tg} \varphi; \quad T' = T; \quad N' = N.$$

где:

f – коэффициент трения,

φ – угол трения почвы о металл, рад.

С учетом зависимости $T = fN$ имеем четыре неизвестных и три уравнения для их определения, т. е. задача статически неопределима. Значит, рассматриваемый тип задачи статики не может быть решен применением только метода составления уравнений равновесия. Решение возможно в случае, если число неизвестных сделать равным числу уравнений. Для этого составим дополнительное уравнение на основе принципа возможных перемещений:

$$P - G \sin \alpha - T = 0, \quad (2.9)$$

где: P – тяговое сопротивление лемеха, Н.

Исключая силу трения, получим систему уравнений:

$$\begin{aligned} Q_1 - G \sin \alpha - fN &= 0, \\ -Q_2 - G \cos \alpha + N &= 0, \\ P - G \sin \alpha - fN &= 0, \\ P - N \sin \alpha - fN \cos \alpha &= 0. \end{aligned} \quad (2.10)$$

Из (1) и (3) уравнений системы (2.10) следует, что $P = Q_1$, тогда:

$$\begin{aligned} Q_1 - G \sin \alpha - fN &= 0, \\ -Q_2 - G \cos \alpha + N &= 0, \\ Q_1 - N \sin \alpha - fN \cos \alpha &= 0. \end{aligned} \quad (2.11)$$

Вычтем из (1) уравнение (3):

$$-G \sin \alpha - fN + N \sin \alpha + fN \cos \alpha = 0, \quad (2.12)$$

откуда найдем N :

$$N = \frac{G \cos \varphi \cos \frac{\alpha}{2}}{\cos\left(\varphi + \frac{\alpha}{2}\right)}, \quad (2.13)$$

Теперь можем найти Q_1 и Q_2 :

$$Q_1 = G \sin \alpha + fN = G \frac{\sin(\varphi + \alpha) \cos \frac{\alpha}{2}}{\cos\left(\varphi + \frac{\alpha}{2}\right)}, \quad (2.14)$$

$$Q_2 = N - G \cos \alpha = G \frac{\sin(\varphi + \alpha) \sin \frac{\alpha}{2}}{\cos\left(\varphi + \frac{\alpha}{2}\right)}. \quad (2.15)$$

Окончательные выражения для расчета силовых характеристик будут [4]:

Составляющие силы подпора пласта:

$$Q_1 = D \operatorname{tg}\left(\varphi + \frac{\alpha}{2}\right) \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right), \quad (2.16)$$

$$Q_2 = D \operatorname{tg}\left(\varphi + \frac{\alpha}{2}\right) \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right). \quad (2.17)$$

Динамическое давление пласта:

$$D = 2kabv_a^2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right), \quad (2.18)$$

где k – удельный коэффициент сопротивления почвы, Н/м².

Тяговое сопротивление:

$$P = D \frac{\sin(\varphi + \alpha)}{\cos\left(\varphi + \frac{\alpha}{2}\right)}. \quad (2.19)$$

Проанализировав значения данных сил при изменении угла наклона α , расчеты производили в программе MathCAD.

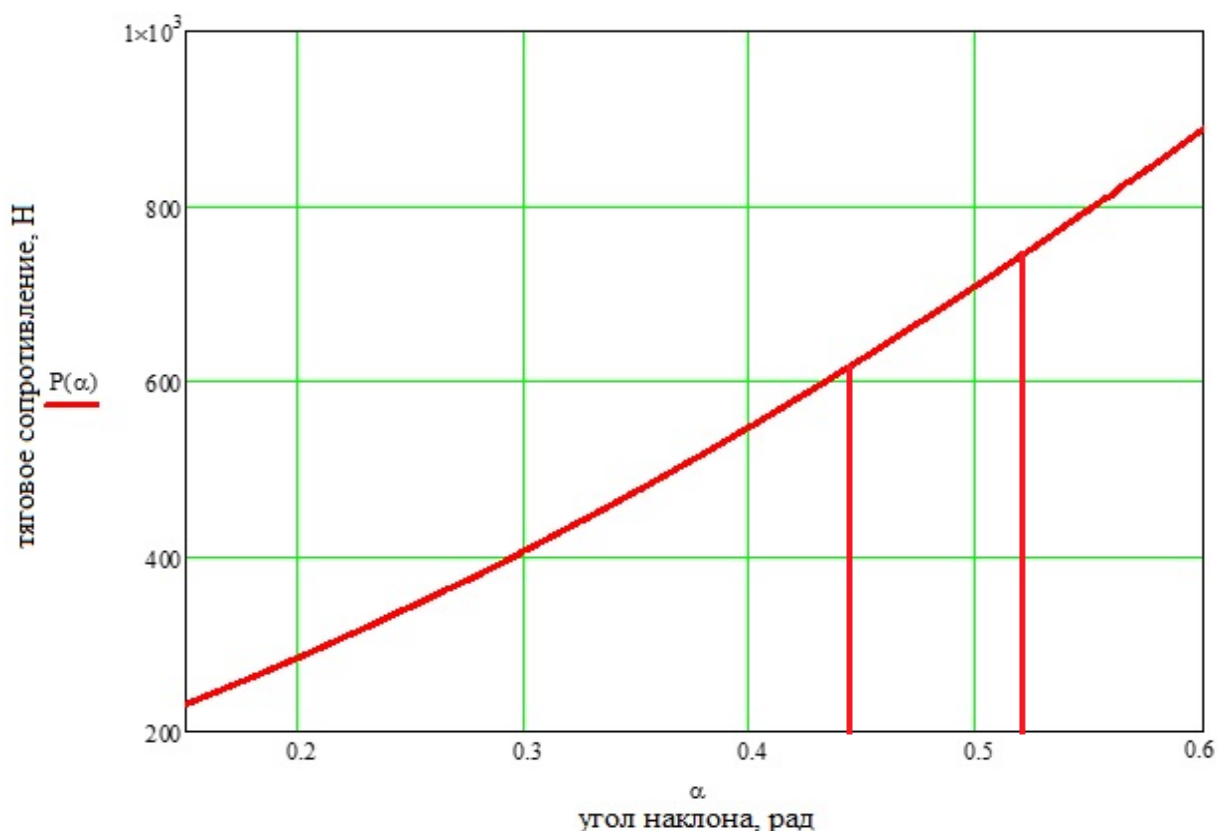


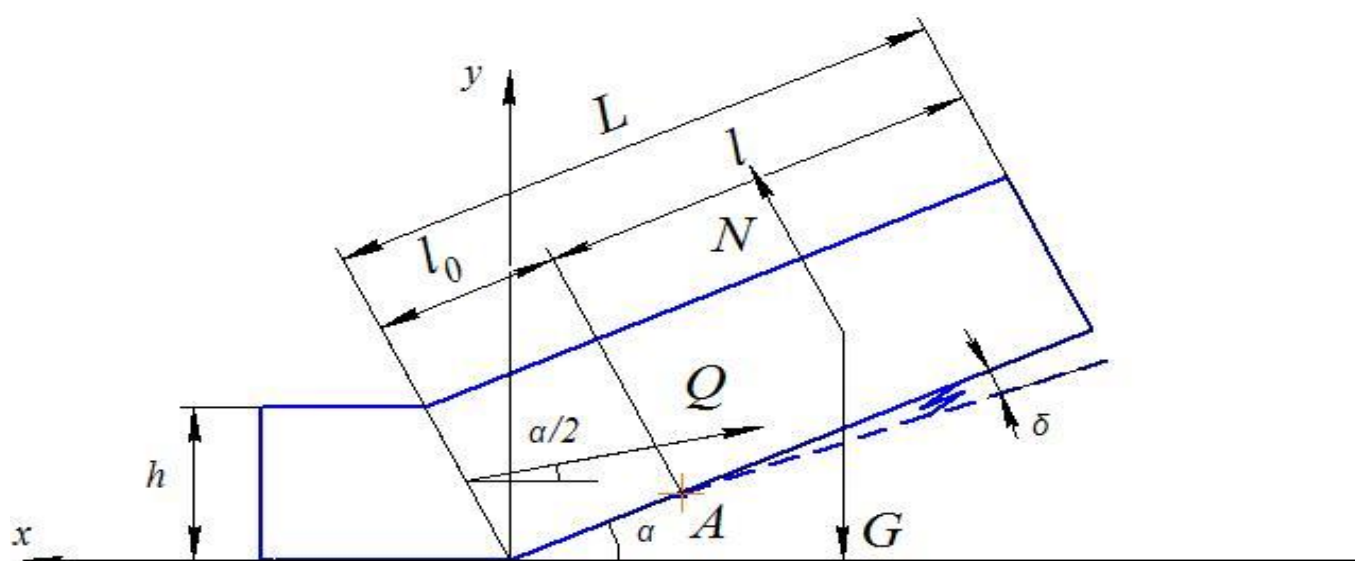
Рисунок 2.4 – График зависимости тягового сопротивления лемеха от его угла наклона

Анализируя данный график можно заметить, что с увеличением угла наклона лемеха возрастает тяговое сопротивление, причем зависимость будет параболической. Следует отметить, что наибольший прирост тягового сопротивления наблюдается при углах наклона лемеха от 25° до 30° , что соответствует углу в радианах от 0,44 до 0,52. Поэтому нами было предложено с целью уменьшения тягового сопротивления угол наклона лемеха сделать переменным, в зависимости от состояния почвы. Чем тяжелее почва, тем меньше угол наклона.

2.4 Теоретическое обоснование параметров пружины лемеха

Переменный угол наклона лемеха обеспечивается за счет применения пружины. Для обоснования параметров пружины, рассмотрим силовое

взаимодействие клубненосного пласта с лемехом. Так как движение картофелекопателя в установившемся режиме осуществляется с постоянной скоростью, рассмотрим равновесие лемеха под действием активных сил. Допущения модели приведены в разделе 2.3. Силами, действующими на лемех, будут: реакция подпора пласта Q , вес пласта G и нормальная реакция поверхности лемеха N (рис. 2.5).



N – нормальная реакция, G – сила тяжести, h – высота пласта, Q – реакция подпора, L – длина лемеха, l_0 – расстояние от носка лемеха до шарнира, l – длина шарнирной части лемеха, δ – изменение угла наклона лемеха, α – начальный угол установки лемеха, $\alpha/2$ – угол между реакцией подпора и горизонталью.

Рисунок 2.5 – Схема силового взаимодействия клубненосного пласта с лемехом

Для нахождения нормальной реакции пласта рассмотрим сумму моментов относительно шарнира лемеха:

$$\sum M_A = 0$$

$$N(X_c - l_0) - G(X_c - l_0) \sin \alpha - Q \left(\frac{\alpha}{2} - l_0 \tan \frac{\alpha}{2} \right) = 0, \quad (2.20)$$

где:

X_C – центр тяжести лемеха, м.

Выразим нормальную реакцию поверхности лемеха из выражения (2.20):

$$N = \frac{G(X_C - l_0)\sin \alpha + Q\left(\frac{\alpha}{2} - l_0 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}\right)}{X_C - l_0}, \quad (2.21)$$

Для определения усилия пружины рассмотрим взаимодействие лемеха с пружиной. Величину усилия сжатия пружины можно определить из уравнения равновесия – сумма моментов относительно шарнира А (рис. 2.6).

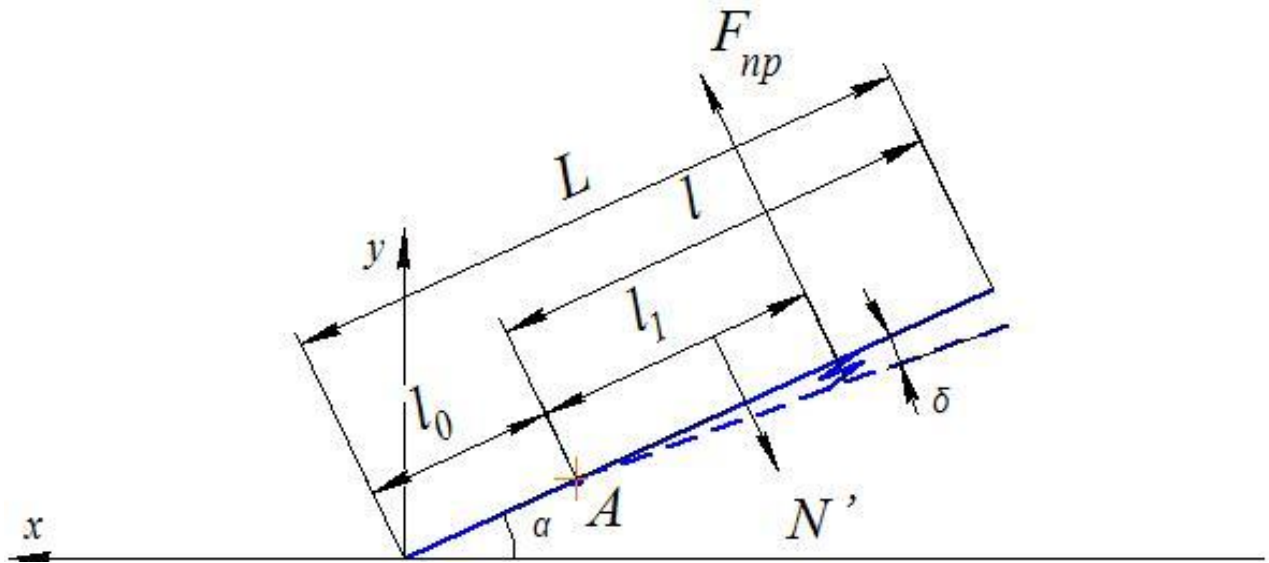


Рисунок 2.6 – Схема силового взаимодействия лемеха с пружиной

$$F_{пп} l_1 - N'(X_C - l_0) = 0 \quad (2.22)$$

Выразим из выражения (2.22) величину усилия сжатия пружины:

$$F_{пп} = \frac{N'(X_C - l_0)}{l_1} \quad (2.23)$$

Подставив значения нормальной реакции N , получим:

$$F_{пп} = -Gl_1(X_C - l_0)\sin \alpha - Ql_1\left(\frac{\alpha}{2} - l_0 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}\right) \quad (2.24)$$

С учетом формул (2.16), (2.17) и (2.18) запишем окончательное уравнение для расчета усилия пружины:

$$F_{пп} = -Gl_1(X_C - l_0)\sin \alpha - 2kabv_a^2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \operatorname{tg}\left(\varphi + \frac{\alpha}{2}\right) l_1\left(\frac{\alpha}{2} - l_0 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}\right) \quad (2.25)$$

Для анализа влияния скорости копателя и параметров убираемого клубненосного пласта проведем расчеты в программе MathCAD:

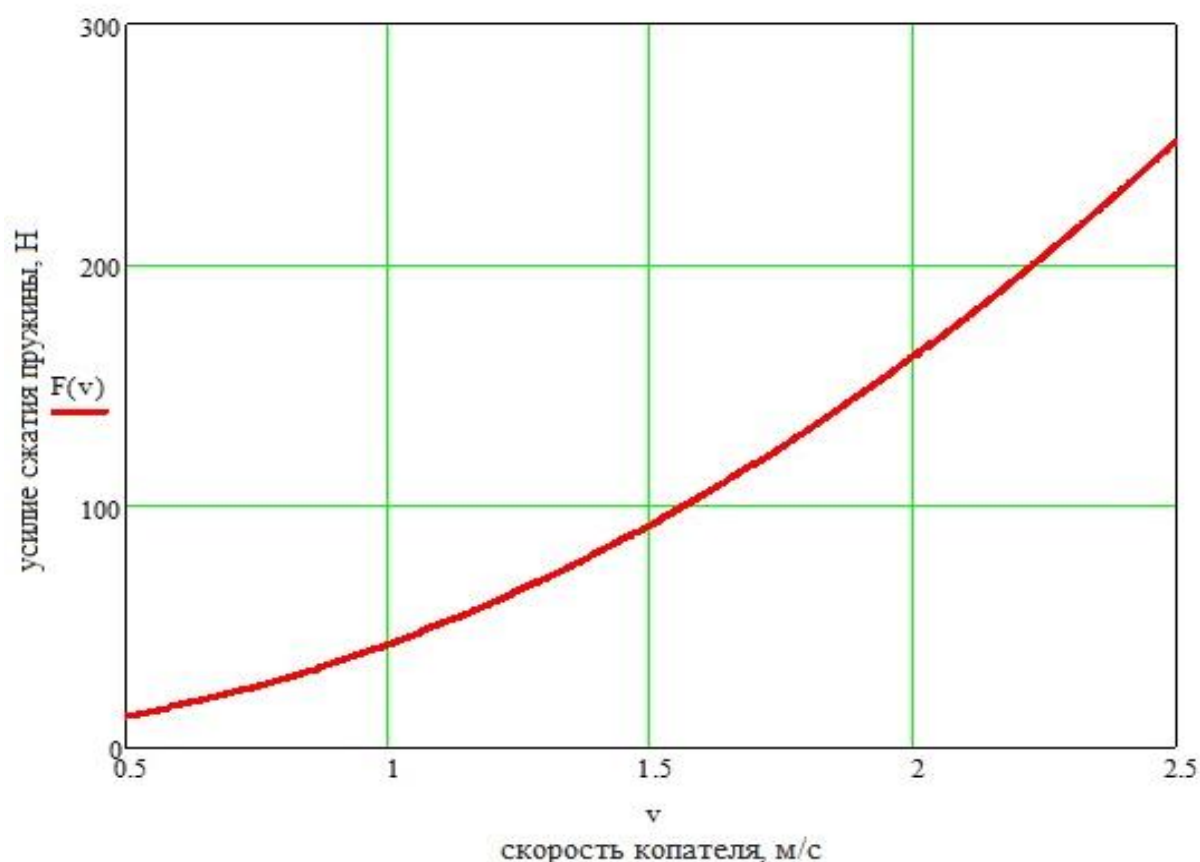


Рисунок 2.7 – График влияния скорости копателя на величину усилия сжатия пружины

Из представленного графика видно, что величина усилия сжатия пружины значительно зависит от скорости копателя. С увеличением скорости возрастает усилие сжатия пружины. Представленные зависимости позволяют осуществить рациональный выбор пружин для конкретных условий работы картофелеуборочной машины.

2.5 Исследование величины подскока компонентов клубненосного пласта

Рассмотрим взаимодействие прутков элеватора с клубненосным пластом. При уменьшении угла наклона подпружиненного лемеха подача клубненосного

пласта может осуществляться на различной высоте по отношению к первому валу пруткового элеватора. В этом случае интенсивность и направление воздействия прутков на подкопанный пласт будут существенно меняться, причем, чем больше сопротивление картофельного пласта, тем меньше угол наклона подпружиненного лемеха, меньше его тяговое сопротивление, и тем интенсивнее воздействие прутковым элеватором на клубненосный пласт.

Для исключения подрезания клубней лемеха между клубневым гнездом и лезвием лемеха оставляют технологический зазор не менее 2 см. Данная прослойка будет защищать клубни картофеля от интенсивного воздействия прутков.

Процесс воздействия прутков на клубненосный пласт будет состоять из двух этапов. На первом этапе происходит воздействие прутков основного элеватора на клубненосный пласт, в результате которого компоненты приобретают определенную скорость. На втором этапе компоненты с приобретенной скоростью движутся внутри картофельного вороха. Ограничением этого процесса является условие, при котором компоненты вороха не отбрасываются назад на лемех картофелеуборочной машины.

Исследуем взаимодействие прутков с компонентом картофельного вороха. Введем следующие допущения:

1. Воздействие прутков элеватора на клубненосный пласт ведет к его разрушению, в результате чего образуется картофельный ворох с компонентами.
2. Мощность, затрачиваемая на холостой ход и подъем картофельного вороха имеют постоянные значения.

Так как взаимодействие происходит в течении достаточно короткого промежутка времени, воспользуемся теоремой об изменении количества движения [4].

$$m(\bar{V}_2 - \bar{V}_1) = \bar{F} \Delta t \quad (2.26)$$

где m – масса компонента картофельного вороха, кг;

$\overline{V}_1$ – скорость движения компонента до взаимодействия с прутком, м/с;

$\overline{V}_2$ – скорость движения компонента после взаимодействия с прутком элеватора, м/с;

$\overline{F}$ – средняя сила удара за время Δt , Н;

Δt – время удара, с.

Так как вес прутка элеватора имеет небольшую величину, то инерционная составляющая прутка будет незначительно влиять на силу удара. Поэтому величину силы выразим из мощности, затрачиваемой на привод основного элеватора. Общая мощность на привод элеватора складывается из следующих составляющих:

$$P_{общ} = P_{xx} + P_{пв} + P_{кр}, \quad (2.27)$$

где $P_{общ}$ – общая мощность, затрачиваемая на привод элеватора, Вт;

P_{xx} – мощность холостого хода основного элеватора, Вт;

$P_{пв}$ – мощность, затрачиваемая на подъем картофельного вороха, Вт;

$P_{кр}$ – мощность, затрачиваемая на крошение клубненосного пласта, Вт.

Учитывая, что мощности, затрачиваемые на холостой ход и подъем картофельного вороха имеют постоянные значения, то мощность, затрачиваемая на крошение клубненосного пласта будет выглядеть следующим образом:

$$P_{кр} = P_{общ} - P_{xx} - P_{пв}. \quad (2.28)$$

Сила удара прутка элеватора по компоненту клубненосного пласта определяется выражением:

$$F = \frac{P_{кр}}{V_э} = \frac{P_{общ} - P_{xx} - P_{пв}}{V_э}, \quad (2.29)$$

где $V_э$ – скорость элеватора, м/с.

Интенсивность взаимодействия клубненосного пласта с основным элеватором зависит от угла β , который определяет направление воздействия. В

свою очередь угол β зависит от точки подачи пласта к основному элеватору, т.е. от угла наклона лемеха α .

Расчетная схема взаимодействия прутка основного элеватора с компонентом клубненосного пласта приведена на рисунке 2.8.

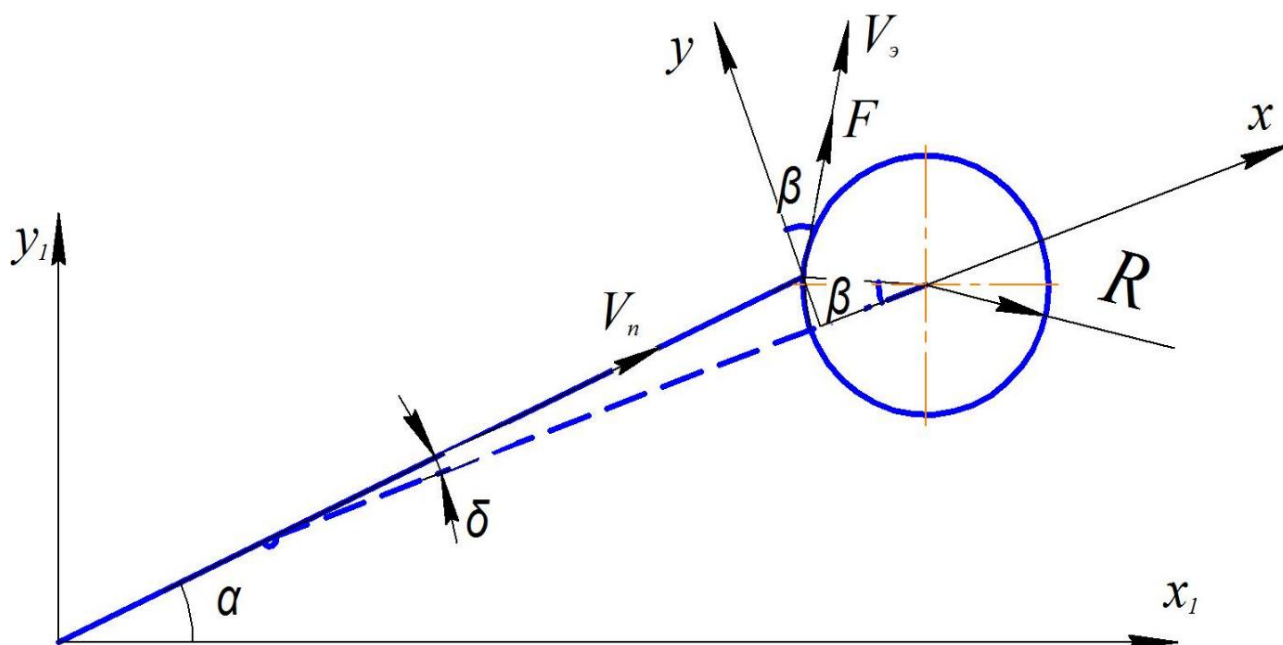


Рисунок 2.8 – Расчетная схема взаимодействия прутка основного элеватора с компонентом клубненосного пласта

Спроецируем скорость движения пласта по лемеху до взаимодействия с прутком. Тогда начальная скорость движения пласта будет определяться выражением:

$$V_1 = \frac{V_n \sin \delta}{\cos \beta}, \quad (2.30)$$

где V_n – скорость движения пласта по лемеху, м/с.

Найдем скорость движения компонента картофельного вороха после взаимодействия с прутком элеватора из формулы (2.26) с учетом выражения (2.30).

$$V_2 = \frac{F \Delta t}{m} + \frac{V_n \sin \delta}{\cos \beta}, \quad (2.31)$$

Рассчитаем значения скорости движения компонента картофельного вороха после взаимодействия с прутком элеватора на основании выражения (2.31) и построим график в программе MathCAD.

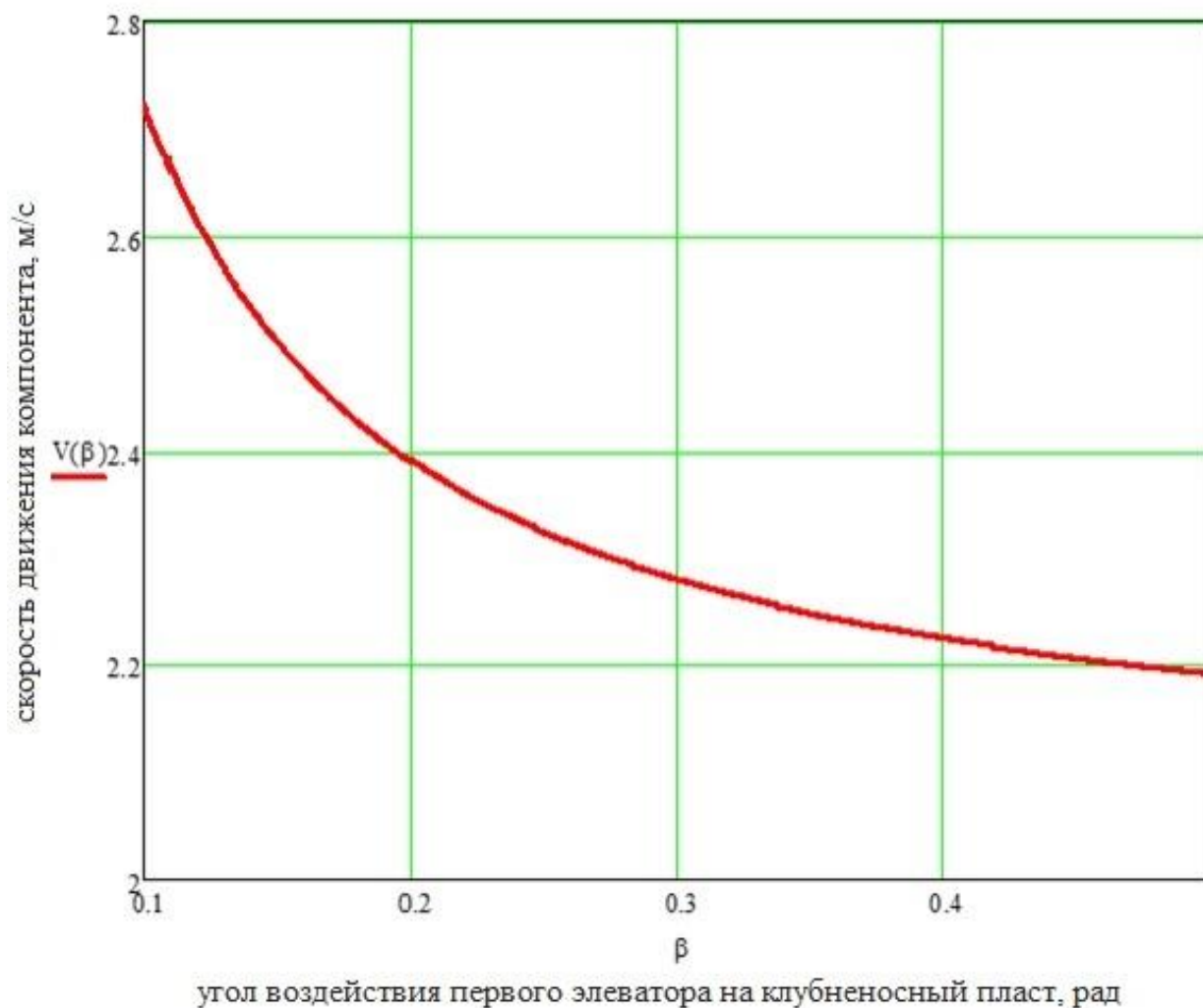


Рисунок 2.9 – График зависимости скорости движения компонента картофельного вороха после взаимодействия с рабочими органами

Уменьшение угла наклона лемеха ведет к уменьшению угла воздействия и увеличению скорости компонента картофельного вороха. Исходя из условий неповреждения клубней картофеля, а также возможностей регулирования угла наклона лемеха, диапазон его изменений будет от 22° до 30° .

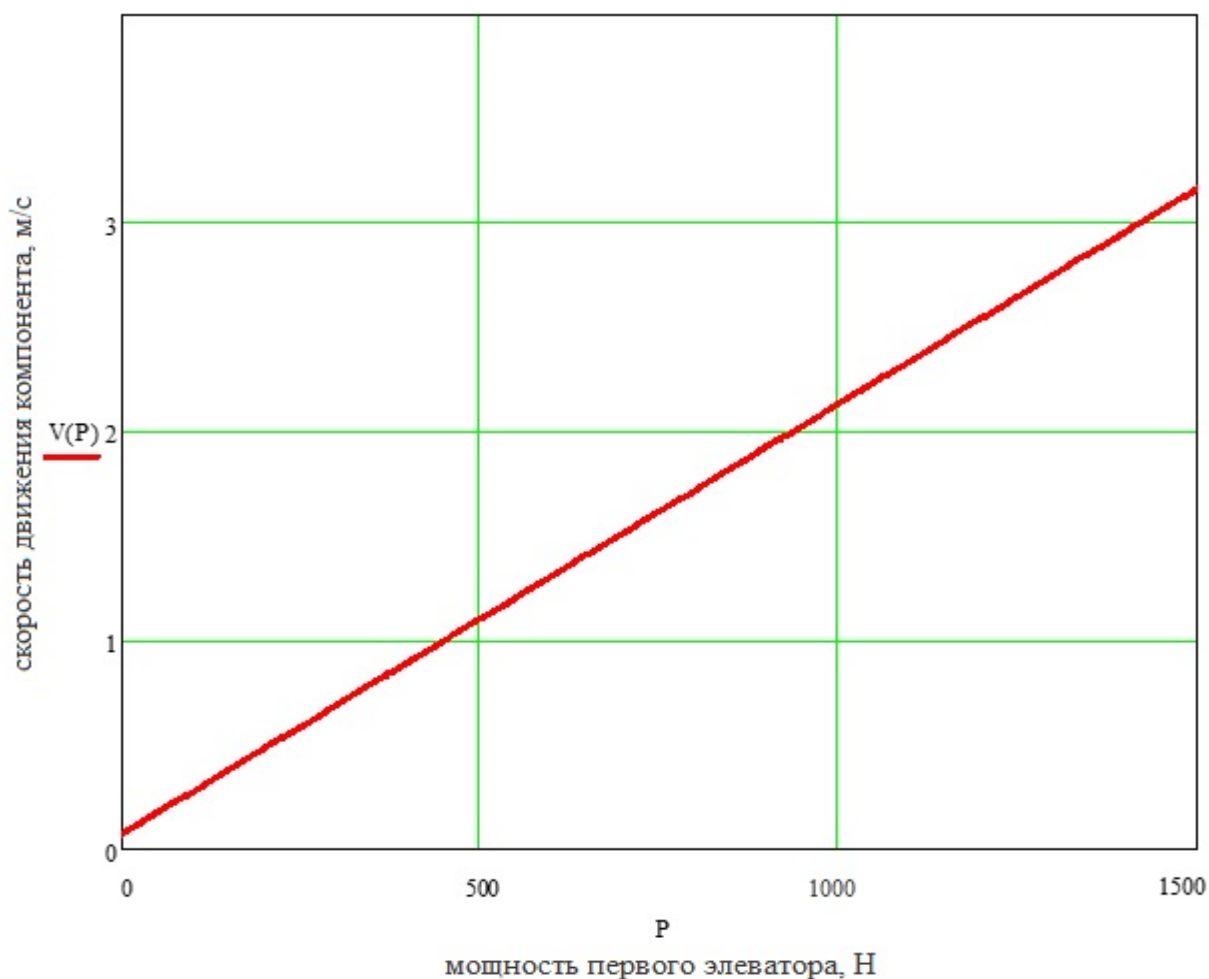


Рисунок 2.10 – График зависимости скорости движения компонента картофельного вороха от мощности, затрачиваемой на крошение клубненосного пласта

Из представленного графика видно, что с увеличением скорости движения компонента картофельного вороха после взаимодействия с прутком элеватора, повышается мощность, затрачиваемая на крошение клубненосного пласта. Причем эта зависимость линейная.

Движение компонента картофельного вороха после взаимодействия с прутком элеватора происходит за счет инерции движения компонента по лемеху и взаимодействия с прутком основного элеватора. При этом направление движения вдоль лемеха будет характеризовать текущий угол наклона лемеха $\alpha_{\text{л}}$, а направление удара угол β . В результате абсолютная скорость частиц компонента

будет определяться по правилу параллелограмма (рис. 2.11), а угол направления движения θ будет зависеть от величины и направления составляющих скоростей:

$$V_p = V_{abc} = \sqrt{V_{\epsilon 3}^2 + V_n^2 - 2V_{\epsilon 3}V_n \cos \theta}, \quad (2.32)$$

где $V_{\epsilon 3}=V_2$ — скорость движения компонента после взаимодействия с прутком элеватора, м/с;

V_n —скорость движения пласта по лемеху, м/с.

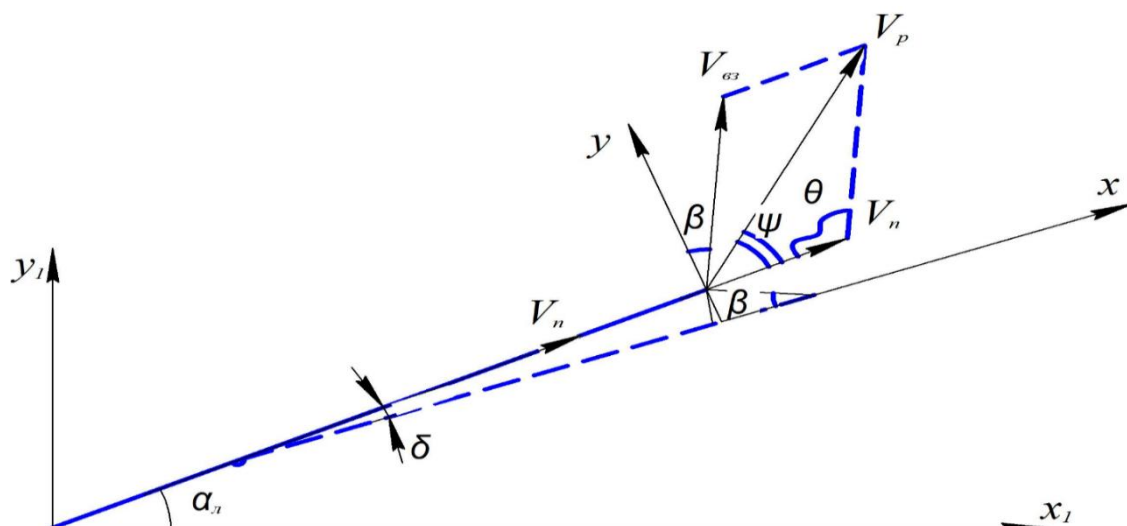


Рисунок 2.11 –Схема для определения взаимосвязи углов лемеха и основного элеватора при их взаимодействии с компонентом клубненосного пласта

Из рисунка 2.11, видно, что угол θ расположен между скоростью компонента картофельного вороха и скоростью компонента вместе с пластом по лемеху.

$$\theta = 180^\circ - \delta - (90^\circ - \beta) = 90^\circ + \beta - \delta. \quad (2.33)$$

Угол направления результирующей скорости после взаимодействия с прутками основного элеватора найдем по теореме синусов:

$$\frac{\sin \theta}{V_p} = \frac{\sin \psi}{V_{\epsilon 3}}. \quad (2.34)$$

Из выражения (2.34) определим величину угла ψ :

$$\psi = \arcsin \left(\frac{V_{\epsilon 3} \sin \theta}{V_p} \right). \quad (2.35)$$

Введем допущения:

1. Компоненты картофельного вороха могут перемещаться друг относительно друга.
2. Силы сопротивления, возникающие при относительном движении компонентов пропорциональны их скорости.

С учетом установленных закономерностей запишем уравнение движения компонента внутри картофельного вороха в виде дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} m \frac{d^2 x}{dt^2} = -G \sin \alpha_{\text{л}} - F_{\text{сопр}} \cos \psi \\ m \frac{d^2 y}{dt^2} = -G \cos \alpha_{\text{л}} - F_{\text{сопр}} \sin \psi \end{cases} \quad (2.36)$$

где G – вес компонента, кг;

$F_{\text{сопр}}$ – сила сопротивления внутри картофельного вороха, Н.

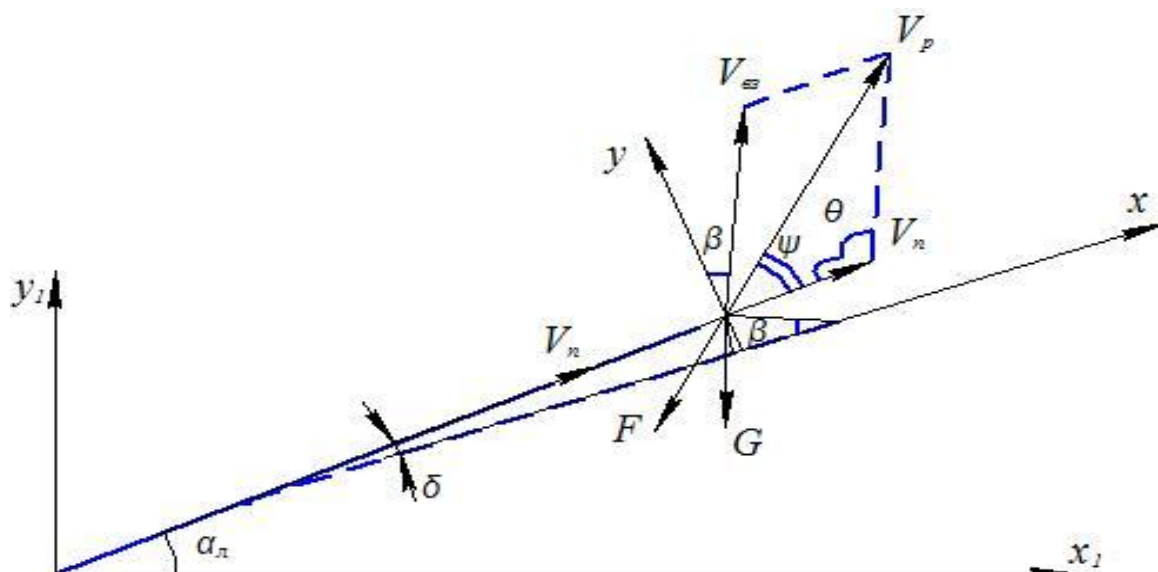


Рисунок 2.12– Расчетная схема исследования движения компонента клубненосного пласта после воздействия основного элеватора

Из рисунка 2.12, видно, что сила сопротивления внутри картофельного вороха пропорциональна скорости движения компонента и определяется выражением:

$$F_{\text{сопр}} = v \frac{dx}{dt}, \quad (2.37)$$

где v – коэффициент сопротивления движению компонента картофельного вороха, Н/(м/с).

Преобразуем выражение (2.36) с учетом выражения (2.37):

$$\begin{cases} \frac{d^2 x}{dt^2} = -g \cdot \sin \alpha_n - \frac{v}{m} \cdot \frac{dx}{dt} \cos \psi \\ \frac{d^2 y}{dt^2} = -g \cdot \cos \alpha_n - \frac{v}{m} \cdot \frac{dx}{dt} \sin \psi \end{cases}, \quad (2.38)$$

Решим систему уравнений, для чего рассмотрим каждое уравнение системы отдельно:

$$1) \frac{d^2 x}{dt^2} = -g \cdot \sin \alpha_n - \left(\frac{v}{m} \cdot \cos \psi \right) \cdot \frac{dx}{dt}, \quad (2.39)$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{v}{m} \cdot \cos \psi \cdot \frac{dx}{dt} = -g \cdot \sin \alpha_n, \quad (2.40)$$

Сначала найдем общее решение ЛОДУ:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{v}{m} \cdot \cos \psi \cdot \frac{dx}{dt} = 0. \quad (2.41)$$

Составим характеристическое уравнение и найдем его решения:

$$\lambda^2 + \frac{v}{m} \cdot \cos \psi \cdot \lambda = 0, \quad (2.42)$$

$$\lambda \cdot \left(\lambda + \frac{v}{m} \cdot \cos \psi \right) = 0, \quad (2.43)$$

$$\lambda = 0 \text{ или } \lambda = -\frac{v}{m} \cdot \cos \psi, \quad (2.44)$$

Данное уравнение имеет 2 различных корня, значит общее решение ЛОДУ примет вид:

$$\bar{x} = c_1 \cdot e^{\lambda_1 t} + c_2 \cdot e^{\lambda_2 t}, \quad (2.45)$$

$$\bar{x} = c_1 \cdot e^{0t} + c_2 \cdot e^{-\frac{v}{m} \cdot \cos \psi \cdot t} = c_1 + c_2 \cdot e^{-\frac{v}{m} \cdot \cos \psi \cdot t}, \quad (2.46)$$

Найдем частное решение ЛНДУ по виду правой части:

$$f(x) = -g \cdot \sin \alpha_n. \quad (2.47)$$

Найдем корень характеристического уравнения:

$$k + j \cdot i = 0, \quad (2.48)$$

где k и j – некоторые произвольные числа.

$$r = 1, \quad (2.49)$$

где r – кратность числа $k + j \cdot i$ в качестве корня характеристического уравнения.

Тогда частное решение ЛНДУ примет вид:

$$\tilde{x} = e^{\alpha \cdot t} \cdot (A \cdot \cos \beta x + B \cdot \sin \beta x) \cdot t^r = e^{0t} \cdot (A \cdot \cos 0 + B \cdot \sin 0) \cdot t^1 = A \cdot t \quad (2.50)$$

где A и B – неопределенные коэффициенты.

Найдем неопределенный коэффициент A :

$$\tilde{x}' = A, \quad (2.51)$$

$$\tilde{x}'' = 0, \quad (2.52)$$

$$0 + \left(\frac{\nu}{m} \cdot \cos \psi \right) \cdot A = -g \cdot \sin \alpha_n, \quad (2.53)$$

$$A = -\frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha_n}{\nu \cdot \cos \psi}, \quad (2.54)$$

Подставим значение неопределенного коэффициента A в $\tilde{x}$ и определим частное решение ЛНДУ:

$$\tilde{x} = -\frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha_n}{\nu \cdot \cos \psi} \cdot t, \quad (2.55)$$

Общее решение ЛНДУ:

$$x = \bar{x} + \tilde{x}, \quad (2.56)$$

$$x = c_1 + c_2 \cdot e^{-\frac{\nu}{m} \cdot \cos \psi \cdot t} - \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha_n}{\nu \cdot \cos \psi} \cdot t, \quad (2.57)$$

Найдем коэффициенты c_1 и c_2 при начальных условиях:

при $t = 0$,

$$x(0) = 0, \quad (2.58)$$

$$\frac{dx}{dt}(0) = V_p, \quad (2.59)$$

$$0 = c_1 + c_2 \cdot e^0 + 0, \quad (2.60)$$

Получаем:

$$c_1 + c_2 = 0, \quad (2.61)$$

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{v}{m} \cdot \cos \psi \cdot c_2 \cdot e^{-\frac{v}{m} \cos \psi \cdot t} - \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha_n}{v \cdot \cos \psi}, \quad (2.62)$$

$$V_p = -\frac{v}{m} \cdot \cos \psi \cdot c_2 \cdot e^0 - \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha_n}{v \cdot \cos \psi}, \quad (2.63)$$

Имеем систему:

$$\begin{cases} c_1 + c_2 = 0 \\ V_p = -\frac{v}{m} \cdot \cos \psi \cdot c_2 - \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha_n}{v \cdot \cos \psi} \end{cases} \quad (2.64)$$

$$\begin{cases} c_1 = \frac{m \cdot (V_p \cdot v \cdot \cos \psi + m \cdot g \cdot \sin \alpha_n)}{v^2 \cdot (\cos \psi)^2}, \\ c_2 = -\frac{m \cdot (V_p \cdot v \cdot \cos \psi + m \cdot g \cdot \sin \alpha_n)}{v^2 \cdot (\cos \psi)^2} \end{cases} \quad (2.65)$$

Подставим найденные значения коэффициентов c_1 и c_2 в общее решение ЛНДУ:

$$x = \frac{m \cdot (V_p \cdot v \cdot \cos \psi + m \cdot g \cdot \sin \alpha_n)}{v^2 \cdot (\cos \psi)^2} - \frac{m \cdot (V_p \cdot v \cdot \cos \psi + m \cdot g \cdot \sin \alpha_n)}{v^2 \cdot (\cos \psi)^2} \cdot e^{-\frac{v}{m} \cos \psi \cdot t} - \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha_n}{v \cdot \cos \psi} \cdot t \quad (2.66)$$

$$2) \frac{d^2 y}{dt^2} = -g \cdot \cos \alpha_n - \left(\frac{v}{m} \cdot \sin \psi \right) \cdot \frac{dy}{dt}, \quad (2.67)$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{v}{m} \cdot \sin \psi \cdot \frac{dy}{dt} = -g \cdot \cos \alpha_n, \quad (2.68)$$

Сначала найдем общее решение ЛОДУ:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{v}{m} \cdot \sin \psi \cdot \frac{dy}{dt} = 0, \quad (2.69)$$

Составим характеристическое уравнение и найдем его решения:

$$\lambda^2 + \frac{v}{m} \cdot \sin \psi \cdot \lambda = 0, \quad (2.70)$$

$$\lambda \cdot \left(\lambda + \frac{v}{m} \cdot \sin \psi \right) = 0, \quad (2.71)$$

$$\lambda = 0 \text{ или } \lambda = -\frac{v}{m} \cdot \sin \psi, \quad (2.72)$$

Данное уравнение имеет 2 различных корня, значит общее решение ЛОДУ примет вид:

$$\bar{y} = c_1 \cdot e^{\lambda_1 t} + c_2 \cdot e^{\lambda_2 t}, \quad (2.73)$$

$$\bar{y} = c_1 \cdot e^{0t} + c_2 \cdot e^{\frac{\nu}{m} \sin \psi \cdot t} = c_1 + c_2 \cdot e^{\frac{\nu}{m} \sin \psi \cdot t}, \quad (2.74)$$

Найдем частное решение ЛНДУ по виду правой части:

$$f(y) = -g \cdot \cos \alpha_n, \quad (2.75)$$

Найдем корень характеристического уравнения:

$$k + j \cdot i = 0, \quad (2.76)$$

где k и j – некоторые произвольные числа.

$$r = 1, \quad (2.77)$$

где r – кратность числа $k + j \cdot i$ в качестве корня характеристического уравнения.

Тогда, частное решение ЛНДУ примет вид:

$$\tilde{y} = e^{\alpha t} \cdot (A \cdot \cos \beta y + B \cdot \sin \beta y) \cdot t^r = e^{0t} \cdot (A \cdot \cos 0 + B \cdot \sin 0) \cdot t^1 = A \cdot t, \quad (2.78)$$

где A и B – неопределенные коэффициенты.

Найдем неопределенный коэффициент A :

$$\tilde{y}' = A, \quad (2.79)$$

$$\tilde{y}'' = 0, \quad (2.80)$$

$$0 + \left(\frac{\nu}{m} \cdot \sin \psi \right) \cdot A = -g \cdot \cos \alpha_n, \quad (2.81)$$

$$A = -\frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha_n}{\nu \cdot \sin \psi}, \quad (2.82)$$

Подставим значение неопределенного коэффициента A в $\tilde{y}$ и определим частное решение ЛНДУ:

$$\tilde{y} = -\frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha_n}{\nu \cdot \sin \psi} \cdot t, \quad (2.83)$$

Общее решение ЛНДУ:

$$y = \bar{y} + \tilde{y}, \quad (2.84)$$

$$y = c_1 + c_2 \cdot e^{-\frac{\nu}{m} \sin \psi \cdot t} - \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha_n}{\nu \cdot \sin \psi} \cdot t, \quad (2.85)$$

Найдем коэффициенты c_1 и c_2 при начальных условиях:

при $t = 0$,

$$y(0) = 0, \quad (2.86)$$

$$\frac{dy}{dt}(0) = V_p \quad (2.87)$$

$$0 = c_1 + c_2 \cdot e^0 + 0, \quad (2.88)$$

Получаем:

$$c_1 + c_2 = 0, \quad (2.89)$$

$$\frac{dy}{dt} = -\frac{\nu}{m} \cdot \sin \psi \cdot c_2 \cdot e^{-\frac{\nu}{m} \sin \psi \cdot t} - \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha_n}{\nu \cdot \sin \psi}, \quad (2.90)$$

$$V_p = -\frac{\nu}{m} \cdot \sin \psi \cdot c_2 \cdot e^0 - \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha_n}{\nu \cdot \sin \psi}, \quad (2.91)$$

Имеем систему:

$$\begin{cases} c_1 + c_2 = 0 \\ V_p = -\frac{\nu}{m} \cdot \sin \psi \cdot c_2 - \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha_n}{\nu \cdot \sin \psi} \end{cases} \quad (2.92)$$

$$\begin{cases} c_1 = \frac{m \cdot (V_p \cdot \nu \cdot \sin \psi + m \cdot g \cdot \cos \alpha_n)}{\nu^2 \cdot (\sin \psi)^2} \\ c_2 = -\frac{m \cdot (V_p \cdot \nu \cdot \sin \psi + m \cdot g \cdot \cos \alpha_n)}{\nu^2 \cdot (\sin \psi)^2} \end{cases} \quad (2.93)$$

Подставим найденные значения коэффициентов c_1 и c_2 в общее решение ЛНДУ:

$$y = \frac{m \cdot (V_p \cdot \nu \cdot \sin \psi + m \cdot g \cdot \cos \alpha_n)}{\nu^2 \cdot (\sin \psi)^2} - \frac{m \cdot (V_p \cdot \nu \cdot \sin \psi + m \cdot g \cdot \cos \alpha_n)}{\nu^2 \cdot (\sin \psi)^2} \cdot e^{-\frac{\nu}{m} \sin \psi \cdot t} - \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha_n}{\nu \cdot \sin \psi} \cdot t, \quad (2.94)$$

На основании полученных решений выражений (2.66) и (2.94) построим график в программе MathCAD.

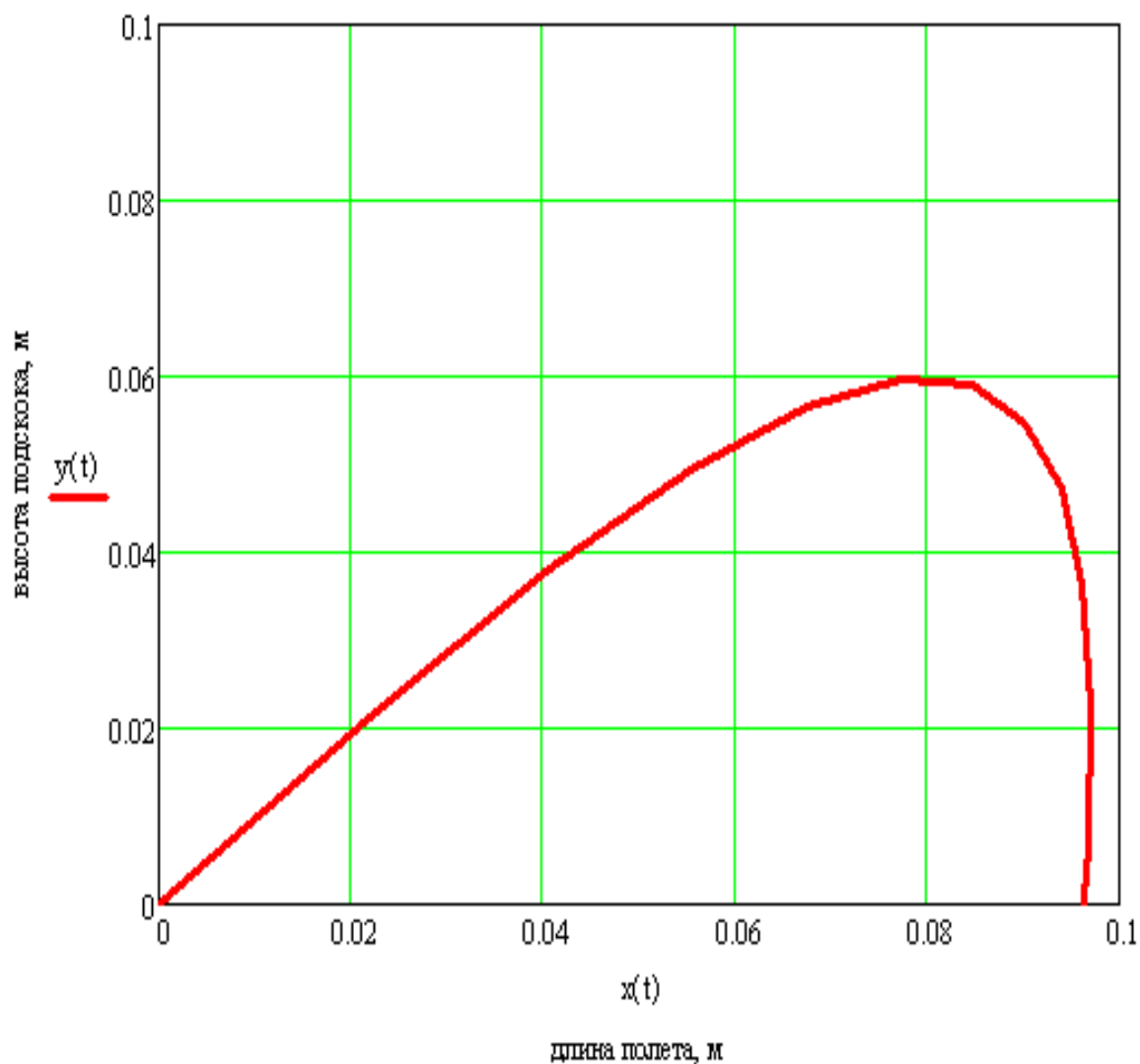


Рисунок 2.13 – График траектории движения компонента картофельного вороха после взаимодействия с прутком элеватора

Анализируя полученный график, можно заметить, что траектория движения компонента картофельного вороха представляет собой параболу и зависит от угла воздействия первого элеватора на подкопанный пласт β и скорости движения компонента по лемеху. При принятых нами значениях ($V=1,2$ м/с, $m=3,5$ кг, $\nu=25$ Н/(м/с), $\alpha=0,3$ рад, $\psi=0,5$ рад) высота подскока составляет 0,06 м, дальность полета частица примерно 0,1 м, что не превышает значений, вызывающих повреждения клубней [49].

2.6 Теоретические предпосылки к обоснованию применения делителя клубненосного пласта

В условиях пониженной влажности клубненосный пласт движется по лемеху практически не разрушаясь. В этих условиях необходимо интенсифицировать разрушения пласта на лемехе. Разрушение в продольном направлении по ходу движения пласта на лемехе нежелательно, т.к. будет приводить к снижению скорости пласта и сгуживанию клубненосной массы. Для повышения нагрузок внутри клубненосного пласта в поперечном направлении на лемехе монтируется делитель, который способствует возникновению напряжения сжатия вдоль образующей делителя выполненного в виде гиперболического конуса(приложение А). Т.к. усилие воздействия делителя возрастает постепенно по мере продвижения пласта, то увеличение напряжений можно регулировать углом образующей конуса. Причем разрушающие напряжения внутри клубненосного пласта должны достигаться в момент передачи пласта на элеватор. Поверхность делителя выполнена в виде гиперболического конуса описываемого уравнением [24]:

$$\frac{(Y - Y_0)^2}{b^2} - \frac{Z^2}{a^2} = 1, \quad (2.95)$$

где: a , b , Y_0 – постоянные величины.

Определим параметры гиперболического конуса на высоте $X = h$,

$$\frac{x-0}{h-0} = \frac{y-0}{Y-0} = \frac{z-0}{Z-0}, \quad (2.96)$$

где: x , y , z – переменные величины;

h – высота, м.

Отсюда:

$$\frac{x}{h} = \frac{y}{Y} = \frac{z}{Z}, \quad (2.97)$$

Выразим значения Z и Y :

$$Z = \frac{zh}{x}, \quad (2.98)$$

$$Y = \frac{yh}{x}, \quad (2.99)$$

Подставим полученные значения в формулу (2.95) и получим уравнение гиперболического конуса, при условии, что плоскость гиперболы перпендикулярна оси ОХ (рис. 2.14):

$$\frac{\left(\frac{hy}{x} - Y_0\right)^2}{b^2} - \frac{h^2 z^2}{x^2} = 1, \quad (2.100)$$

Преобразуем полученное уравнение:

$$\frac{\left(y - \frac{xY_0}{h}\right)^2}{b^2} - \frac{z^2}{a^2} = \frac{x^2}{h^2}, \quad (2.101)$$

$$\left(y - \frac{xY_0}{h}\right)^2 = b^2 \left(\frac{x^2}{h^2} + \frac{z^2}{a^2}\right), \quad (2.102)$$

$$y - \frac{xY_0}{h} = \pm b \sqrt{\frac{x^2}{h^2} + \frac{z^2}{a^2}}, \quad (2.103)$$

Выбираем со знаком «-»

$$y = \frac{xY_0}{h} - b \sqrt{\frac{x^2}{h^2} + \frac{z^2}{a^2}}, \quad (2.104)$$

где a, b, h, Y_0 постоянные, x, y, z – переменные.

На основании произведенных вычислений построим график гиперболического конуса и рассчитаем область D (рис. 2.14):

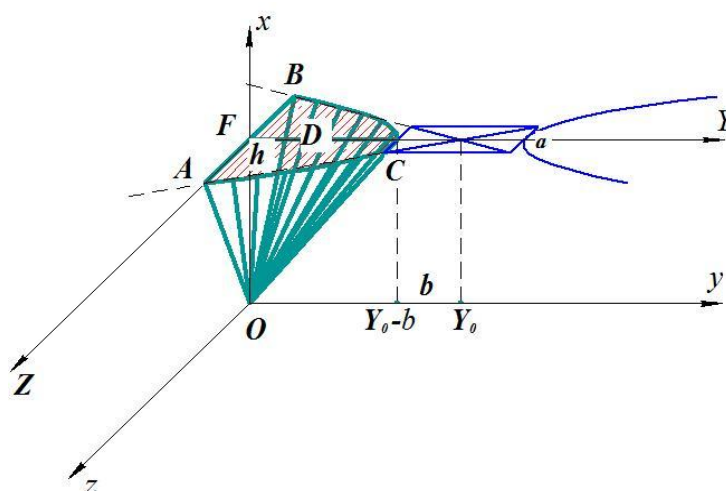


Рисунок 2.14 – Расчетная схема к выбору параметров гиперболического конуса

Если $y = 0$, то:

$$\frac{xY_0}{h} = b\sqrt{\frac{x^2}{h^2} + \frac{z^2}{a^2}}, \quad (2.105)$$

Преобразуем полученное выражение:

$$\frac{xY_0}{bh} = \sqrt{\frac{x^2}{h^2} + \frac{z^2}{a^2}}, \quad (2.106)$$

Возведем обе части уравнения в квадрат:

$$\frac{x^2 Y_0^2}{b^2 h^2} = \frac{x^2}{h^2} + \frac{z^2}{a^2}, \quad (2.107)$$

$$\frac{z^2}{a^2} = \frac{x^2}{h^2} \cdot \left(\frac{Y_0}{b^2} - 1 \right), \quad (2.108)$$

Определим значение « z »:

$$z = \pm \frac{ax}{h} \sqrt{\frac{Y_0 - b^2}{b^2}}, \quad (2.109)$$

$$z = \pm \frac{ax}{bh} \sqrt{Y_0^2 - b^2}, \quad (2.110)$$

Итак, если $x = h$, то:

$$z = \pm \frac{a}{b} \sqrt{Y_0^2 - b^2}, \quad (2.111)$$

Область D задается следующей системой:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 \leq x \leq h \\ -\frac{ax}{bh} \sqrt{Y_0^2 - b^2} \leq z \leq \frac{ax}{bh} \sqrt{Y_0^2 - b^2} \end{array} \right\}, \quad (2.112)$$

Перейдем непосредственно к геометрическим размерам гиперболического конуса. Для этого рассмотрим отрезки AB и FC :

$$AB = \frac{2a}{b} \sqrt{Y_0^2 - b^2}, \quad (2.113)$$

$$FC = Y_0 - b, \quad (2.114)$$

Причем $FC > AB$

Значит:

$$Y_0 - b > \frac{2a}{b} \sqrt{Y_0^2 - b^2}, \quad (2.115)$$

Преобразуем и решим полученное неравенство:

$$Y_0^2 - 2Y_0b + b^2 > \frac{4a^2}{b^2} \cdot (Y_0^2 - b^2), \quad (2.116)$$

$$Y_0^2 \left(1 - \frac{4a^2}{b^2}\right) - 2Y_0b + b^2 + 4a^2 > 0, \quad (2.117)$$

$$Y_0^2 > 0 \text{ или } 1 - \frac{4a^2}{b^2} > 0, \quad (2.118)$$

$$Y_0 > 0 \text{ или } b^2 - 4a^2 > 0, \quad (2.119)$$

$$b^2 > 4a^2, \quad (2.120)$$

$$b > 2a, \quad (2.121)$$

$$Y_0^2 \left(1 - \frac{4a^2}{b^2}\right) - 2Y_0b + b^2 + 4a^2 > 0, \quad (2.122)$$

$$D = b^2 - 4ac = (-2b)^2 - 4 \cdot (b^2 + 4a^2) \cdot \left(1 - \frac{4a^2}{b^2}\right) = 4b^2 - 4 \cdot \left(b^2 - 4a^2 + 4a^2 - \frac{16a^4}{b^2}\right) = \frac{64a^4}{b^2} > 0, \quad (2.123)$$

$$Y_{01} = \frac{2b + 8\frac{a^2}{b}}{1 - \frac{4a^2}{b^2}} = \frac{2b^3 + 8a^2b}{b^2 - 4a^2}, \quad (2.124)$$

$$Y_{02} = \frac{2b - 8\frac{a^2}{b}}{1 - \frac{4a^2}{b^2}} = \frac{2b^3 - 8a^2b}{b^2 - 4a^2}, \quad (2.125)$$

На основании полученных решений выражения (2.95) построим график в программе MathCAD.

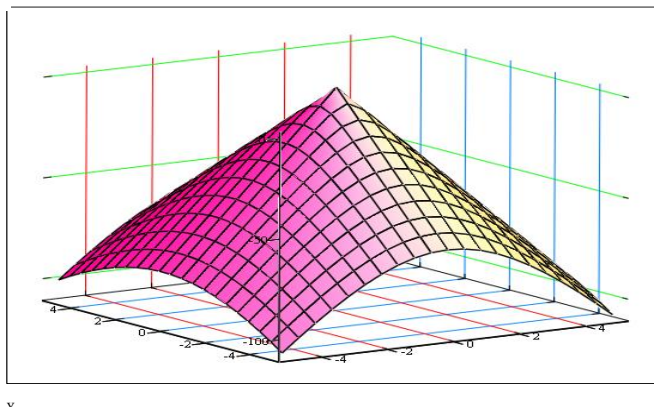


Рисунок 2.15 –График поверхности делителя, выполненного в виде гиперболического конуса

Величина напряжений в клубненосном пласту будет зависеть от высоты подъема образующей над лемехом. Учитывая, что часть почвы при подъеме по делителю будет осыпаться, критическая высота подъема будет определяться формулой:

$$H_{кр} = H_{кон} - H_{поч}, \quad (2.126)$$

где:

$H_{кр}$ – критическая высота подъема (м);

$H_{кон}$ – высота конуса (м);

$H_{поч}$ – высота подъема почвы (м).

Подставив значения критической высоты конуса, определим его геометрические параметры и место установки на лемехе (рис. 2.16).

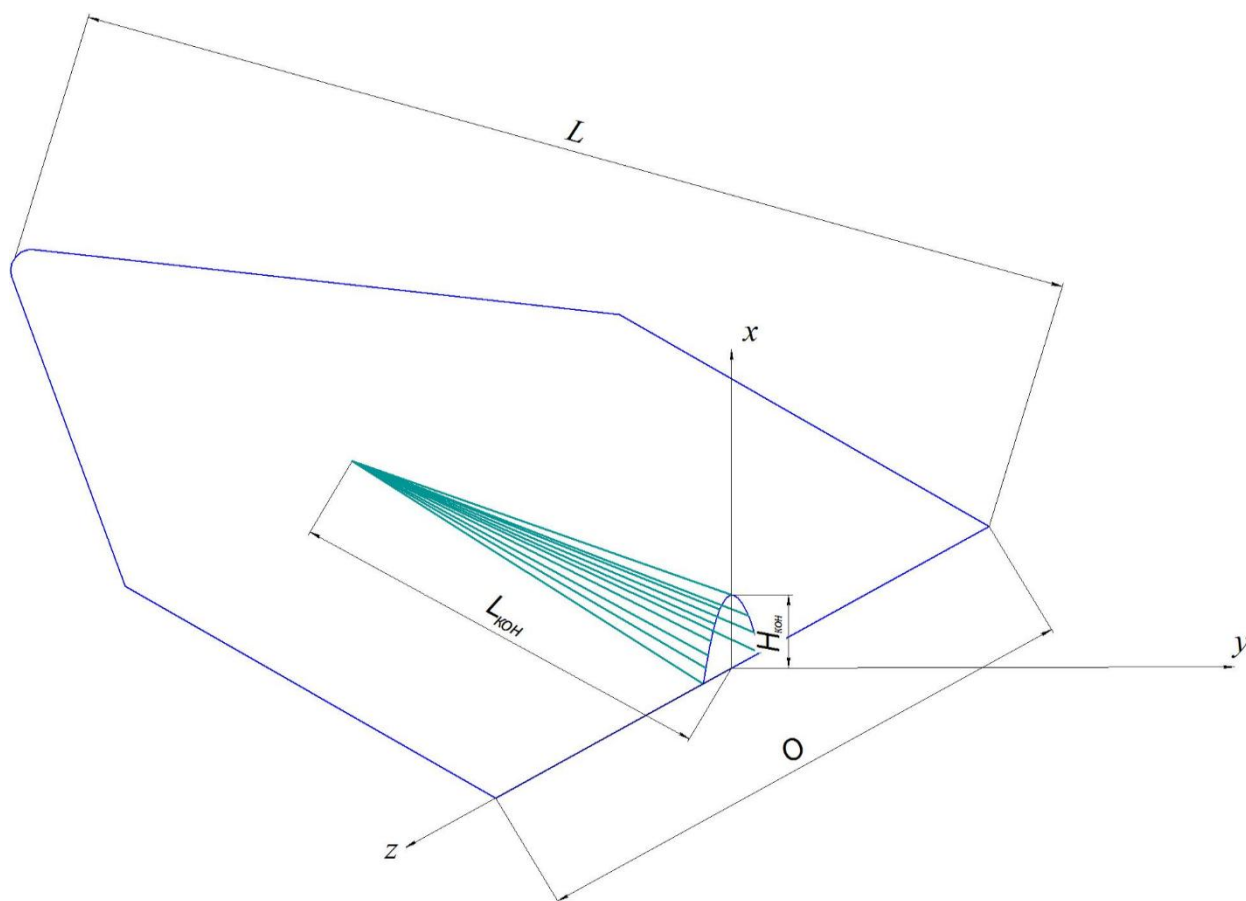


Рисунок 2.16 – Место установки на лемехе делителя, выполненного в виде гиперболического конуса

Теоретические исследования показали, что рациональными параметрами делителя, выполненного в виде гиперболического конуса являются высота 0,025 м, длина – 0,16 м.

Выводы к главе 2

1. Предложено модернизированное подкапывающее устройство в конструкции картофелекопателя КТН-2В, позволяющее изменять угол α наклона лемеха к горизонту при подкапывании картофеля на различных типах почв в различных почвенно-климатических условиях. Вследствие неравномерного сопротивления почвы на лемех действуют переменные силы, которые заставляют лемех изменять свое положение, то есть угол α наклона лемеха к горизонту. Пласт почвы при этом испытывает воздействие лемеха, что обеспечивает хорошее крошение клубненосного пласта, уменьшение залипания почвой и исключение сгуживание клубненосной массы перед прутковым элеватором, а также снижение тягового сопротивления уборочной машины при работе на различных типах почв.

2. Исследована геометрия подпружиненного лемеха и получена зависимость между геометрическими параметрами углов установки лемеха. Установлено, что с увеличением угла наклона лемеха возрастает тяговое сопротивление, причем зависимость будет параболической. Следует отметить, что наибольший прирост тягового сопротивления наблюдается при углах наклона лемеха от 25° до 30° . Поэтому нами было предложено с целью уменьшения тягового сопротивления угол наклона лемеха сделать переменным, в зависимости от состояния почвы. Чем тяжелее почва, тем меньше угол наклона. Для лучшего крошения почвы основное воздействие на подкопанный клубненосный пласт будет оказывать передняя часть элеватора.

3. Рассмотрено силовое взаимодействие клубненосного пласта с лемехом для теоретического обоснования параметров пружины, в результате чего был получен график влияния скорости копателя и параметров убираемого пласта на величину усилия сжатия пружины. Установлено, что величина усилия сжатия пружины значительно зависит от скорости копателя.

4. Проведено исследование воздействия рабочих органов на компоненты клубненосного пласта при переходе с лемеха на прутковый элеватор.. При принятых нами значениях ($V=1,2$ м/с, $m=3,5$ кг, $\nu=25$ Н/(м/с), $\alpha=0,3$ рад, $\psi=0,5$ рад) высота подскока составляет 0,06 м, дальность полета частица примерно 0,1 м. Уменьшение угла наклона лемеха ведет к увеличению скорости компонента картофельного вороха. Исходя из условий не повреждения клубней картофеля, а также возможностей регулирования угла наклона лемеха, диапазон его изменений будет от 18° до 25° .

5. При работе почвах пониженной влажности необходимо дополнительное воздействие на клубненосный пласт для улучшения сепарации. Величина напряжений в клубненосном пласте зависит от высоты подъема образующей гиперболического конуса над лемехом. Теоретические исследования показали, что рациональными параметрами гиперболического конуса являются высота 0,025 м, длина – 0,16 м.

ГЛАВА 3 ПРОГРАММА, МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КАРТОФЕЛЕКОПАТЕЛЯ С УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫМ ПОДКАПЫВАЮЩИМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

3.1 Программа экспериментальных исследований

С целью оптимизации параметров усовершенствованного подкапывающего рабочего органа, была принята следующая программа исследований:

1. Проведение агротехнической оценки условий экспериментальных исследований.
2. Проведение лабораторно-полевых исследований для определения рациональных параметров подкапывающего рабочего органа.
3. Проведение сравнительных полевых исследований серийного и усовершенствованного картофелекопателей.

3.2 Методика агротехнической оценки

Определение функциональных показателей машины для уборки картофеля проводили в оптимальные сроки проведения уборочных работ для данной зоны при температуре воздуха не менее 8°C, так как согласно исследованиям Верещагина Н.И [13], Пшеченкова К.А[14], Доспехова Б.А [23], E. Spiess [107] и других авторов, убирать картофель необходимо при температуре, не ниже указанной. Урожайность картофеля, согласно убираемого сорта, должна быть не менее 10 т/га, глубина залегания клубней в гнезде не более 22 см, ширина гнезда - до 40 см.

Перед лабораторно-полевыми исследованиями мы настроили картофелекопатель КТН-2В согласно рекомендациям руководства по эксплуатации машины.

Участки выбирали таким образом, чтобы на них было возможным проведение всех работ, предусмотренных программой наших исследований.

Для определения функциональных показателей копателей картофеля лабораторно-полевые исследования проводили таким образом, чтобы в ширину захвата машины не попадали стыковые междурядья. На наш взгляд участки со смятыми рядками картофеля, разрушенными клубневыми гнездами для агротехнической оценки не пригодны.

Методика снятия характеристики участка испытаний

Перед проведением исследований был выбран участок картофельного поля с определением типа почвы и наименованием ее по механическому составу, рельефа, влажности и твердости почвы, засоренности участка сорными растениями согласно ГОСТ Р 54781-2011 [20].

Температуру воздуха и почвы на глубине залегания клубней измеряли в начале, середине и конце испытаний.

Методика исследований культуры картофеля

Характеристику культуры определяли на участке, отведенном для проведения оценки функциональных показателей машин. По диагонали участка размещали пять делянок шириной в два ряда, длиной 14,3 м, с таким расчетом, чтобы были охвачены все ряды посадочного агрегата.

Высоту гребня измеряли по вертикали от дна борозды до нижнего обреза измерительной рейки, положенной на два соседних ряда гребней. Число измерений - не менее 10 на одном из рядов каждой делянки.

Для выявления параметров гнезда осторожно подкапывали каждый второй куст в одном ряду делянки. Затем измеряли линейкой расстояние между наружными точками крайних клубней чтобы узнать ширину гнезда. Глубину залегания нижнего (верхнего) клубня определяли измерением расстояния от

нижнего обреза рейки, положенной на гребень, до верхней точки нижнего (верхнего) клубня.

Выкопанные с каждой учетной делянки клубни перемешивали и отбирали среднюю пробу в количестве не менее 100 шт, затем у каждого клубня измеряли длину, ширину, толщину и массу, для определения размерно-массовой характеристики клубней.

3.3 Методика определения рациональных параметров усовершенствованного подкапывающего рабочего органа

На основании теоретических исследований была разработана конструкция подкапывающей части (рис. 3.1). Усовершенствованное подкапывающее устройство оборудовано подпружиненным лемехом, механизм которого указан на рисунке 3.2.



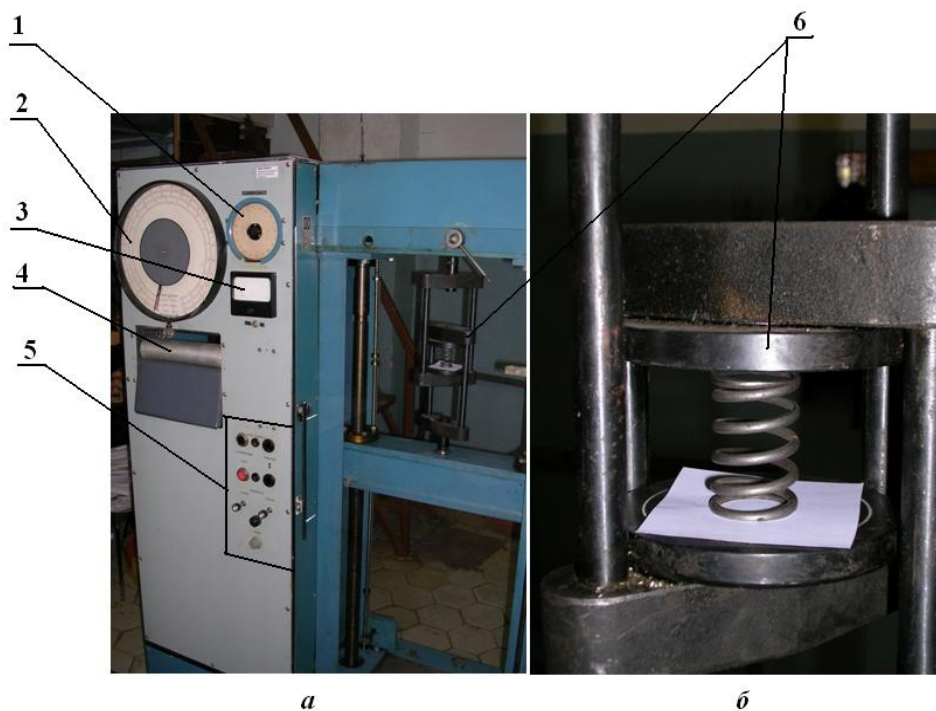
Рисунок 3.1 – Общий вид усовершенствованного подкапывающего устройства

Усилие сжатия пружины изменялось предварительным натяжением пружины с помощью гайки. При сжатии пружины происходит изменение угла наклона подпружиненного лемеха, усилие сжатия определяют по средней

величине сжатия тарированных пружин, установленных между лемехом и основанием.



Рисунок 3.2 – Общий вид пружинного механизма усовершенствованного подкапывающего рабочего органа



а – стенд Р5; *б* – пружина, установленная на оснастке;

1 – шкала деформации; 2 – манометр для определения усилия; 3 – индикатор нагрузок; 4 – самописец бумажный; 5 – блок управления установкой; 6 – оснастка.

Рисунок 3.3 – Общий вид разрывного стенда Р5

Величина усилия определялась по формуле:

$$F_n = C_n (x_{сж} + a_{пр}), \quad (3.1)$$

где F_n – усилие сжатия пружины, Н;

C_n – коэффициент жёсткости пружины, Н/м;

$a_{пр}$ – предварительное натяжение пружины, м;

$x_{сж}$ – сжатие пружины при воздействии клубненосного пласта, м.

На стенде Р5 проводили тарировку пружин (рисунок 3.3), снимая характеристику с каждой отдельно установленной пружины, при этом присваивая ей номер [22, 45].

В ходе лабораторно-полевых исследований картофелекопателя с усовершенствованным подкапывающим устройством мы устанавливали зависимость высоты подскока компонентов клубненосного пласта от изменения угла наклона лемеха, регулируемого усилием сжатия пружины. Для фиксации подскока компонентов клубненосного пласта в месте перехода с лемеха на прутковый элеватор, была наклеена измерительная шкала с шагом 0,05 м (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Общий вид измерительной шкалы для фиксации высоты подскока компонентов

Процесс подскока компонентов клубненосного пласта в месте перехода с лемеха на прутковый элеватор снимали с помощью камеры Nikon S9200.

Для проведения исследований была составлена матрица планирования эксперимента, представленная в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Матрица планирования эксперимента

Варьируемые параметры эксперимента		Функция оптимизации
Предварительное натяжение пружины		
Натуральные значения, м	Кодированные значения	Высота подскока, м
0	-2	x_1
0,005	-1	x_2
0,01	0	x_3
0,015	+1	x_4
0,02	+2	x_5
Интервал варьирования 0,005		

Экспериментальные исследования проводились с трех кратной повторностью, проверка достоверности проводилась с помощью критерия Фишера.

3.4 Методика проведения сравнительных полевых исследований серийного и усовершенствованного картофелекопателей

Начало и конец опыта определяли сигналом, подаваемым в начале и в конце учетной делянки. Продолжительность опыта фиксировали секундомером, для определения скорости движения машины, м/с, применяли формулу:

$$V_{\text{движ}} = L_{\text{уч.д}} / t_{\text{прох}}, \quad (3.2)$$

где $L_{\text{уч.д}}$ – длина учетной делянки, м;

$t_{\text{прох}}$ – время прохождения учетной делянки, с.

Установочную глубину хода подкапывающих рабочих органов регулировали на глубину до 2 см выше максимальной глубины залегания клубней, взятой из характеристики культуры.

Фактическую глубину хода подкапывающих рабочих органов определяли после прохода машиной учетной делянки с помощью линейки и рейки, уложенной на вершину гребня.

Полноту уборки и потери клубней определяли на учетных делянках после прохода машины. При этом учитывали:

- свободные клубни на поверхности почвы;
- клубни на поверхности почвы, но не оторванные от ботвы;
- клубни, оставленные в почве (засыпанные и неподкопанные).

При определении потерь клубней (засыпанных и неподкопанных) делянки перекапывали вручную лопатой на глубину, превышающую на 3 см залегание нижнего клубня, после чего собирали в тару по видам и взвешивали.

По результатам взвешивания вычисляли массовую долю каждого вида потерь от общей массы клубней на учетной делянке. Клубни массой менее 20 г (толщиной до 28 мм) к потерям не относили.

Для определения повреждений отбирали клубни массой более 50 г для дальнейшего анализа. При анализе клубни делили на две группы: целые и поврежденные.

На поврежденных клубнях в день отбора проб учитывали следующие виды повреждений (по числу случаев):

- содрана кожура от 1/4 до 1/2 поверхности клубня;
- содрана кожура более 1/2 поверхности клубня;
- вырывы мякоти глубиной более 5 мм;
- трещины длиной более 20 мм;
- разрезы и надрезы;
- раздавлен клубень.

Если на клубне имелось несколько однотипных повреждений, то учитывали каждое из них.

Затем целые и поврежденные клубни взвешивали и подсчитывали их число, после чего закладывали на десятидневное хранение [84].

После хранения определяли потемнение мякоти клубней. Для этого клубни разрезают перпендикулярно продольной оси на дольки толщиной 5 мм:

- при резке клубней из партии поврежденных учитывают только число очагов с потемнением мякоти на глубину более 5 мм;

Перечень показателей, которые учитывались в день отбора проб:

- урожайность клубней, ц/га;
- влажность почвы, %;
- твердость почвы по ширине и глубине между серединами смежных рядков кг/см²;
- температура окружающего воздуха и почвы, °С;
- полнота уборки клубней и их потери, %;
- видимые повреждения клубней, %;
- скорость движения экспериментального копателя, км/ч;
- глубина хода рабочих органов агрегата, м.

Для определения функциональных показателей использовались различные средства измерений и оборудование:

Алюминиевые бюксы;

Шкаф сушильный с точностью ± 1 °С;

Термометры ртутные с точностью $\pm 0,5$ °С;

Весы с погрешностью измерений ± 10 мг, $\pm 1,0$ г и ± 40 г;

Линейка металлическая 500 мм с точностью ± 1 мм по ГОСТ 427;

Рулетки 3, 10 м с точностью ± 1 мм по ГОСТ 7502;

Координатная рейка с точностью ± 1 см;

Кольшки от 0,3 до 0,5 м;

Мешочки для хранения проб;

Полотно целлофановое 10х3 м;

Секундомер с точностью ± 1 с;

Твердомер почвенный с точностью $\pm 5\%$.

Выводы к главе 3

1. При проведении экспериментальных исследований использовались как стандартная методика, так и методики, разработанные на их основе. Перед лабораторно-полевыми исследованиями усовершенствованный картофелекопатель КТН-2В был настроен согласно рекомендациям руководства по эксплуатации машины.

2. Для определения рациональных параметров усовершенствованного подкапывающего устройства производили фиксацию подскока компонентов клубненосного пласта с помощью камеры Nikon S9200 и измерительной шкалы с шагом 0,05 м. Усилие сжатия пружины изменялось предварительным её натяжением.

3. В процессе лабораторно-полевых и производственных исследований предусматривалось проведение агротехнической оценки участка и определение эксплуатационных и качественных показателей работы уборочного агрегата.

Глава 4 Результаты экспериментальных исследований картофелекопателя с усовершенствованным подкапывающим рабочим органом

4.1 Результаты агротехнической оценки

В процессе исследований определили характеристику участка испытаний: типа почвы, влажности и твердости почвы, засоренности участка сорными растениями и камнями, а также исследованием профиля грядки.

Сняли характеристику культуры картофеля с определением урожайности, массы и размеров клубней, состояния ботвы, высоты гребней и характеристики гнезда.

Провели лабораторно-полевые и хозяйственные испытания серийного и усовершенствованного картофелекопателя КТН-2В, оснащенного подкапывающим устройством, выполненного в виде подпружиненного лемеха с делителем.

Определили полноту уборки, потери и повреждения клубней картофеля.

Характеристика участка испытаний

Перед проведением полевых исследований был выбран участок картофельного поля на базе опытной агротехнологической станции ФГБОУ ВО РГАТУ поселка Стенькино Рязанского района Рязанской области. В период уборки картофеля с сентября по октябрь 2016 года была снята его характеристика.

Влажность почвы определялась ежедневно во время эксперимента, пробы на влажность брались на глубине 0-25 см с интервалом каждые 2 см в трехкратной повторности. Влажность пробы определялась весовым методом.

Все показатели определяли согласно ГОСТ Р 54781-2011 [20]. Результаты замеров заносились в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Характеристика участка испытаний

Наименование показателей	Значение показателей
Дата снятия характеристики	сентябрь-октябрь 2016
Тип почвы	темно-серая лесная
Наименование почвы по механическому составу	средний суглинок
Влажность почвы, %	19,5 – 23,3
Твердость почвы, МПа	0,42
Способ посадки	рядовой
Ширина междурядий, см	70
Засоренность участка сорняками, т/га	1,5
Фактический урожай клубней, т/га	16,7
Состояние ботвы	полуподсохшая/скошена
Количество кустов, тыс. шт/га	36,9
Высота гребней, см	19,5



Рисунок 4.1 – Пробы влажности почвы

Влажность почвы вычисляли по формуле:

$$W = \frac{c_{вл.н} - a_{сух.н}}{a_{сух.н}} 100\%, \quad (4.1)$$

где $c_{вл.н}$ – масса влажной навески почвы, г;

$a_{сух.н}$ – масса сухой навески почвы, г.

Твердость почвы определялась твердомером Ревякина, на глубину 0-25 см с интервалом через каждые 5 см, повторность измерений трехкратная.

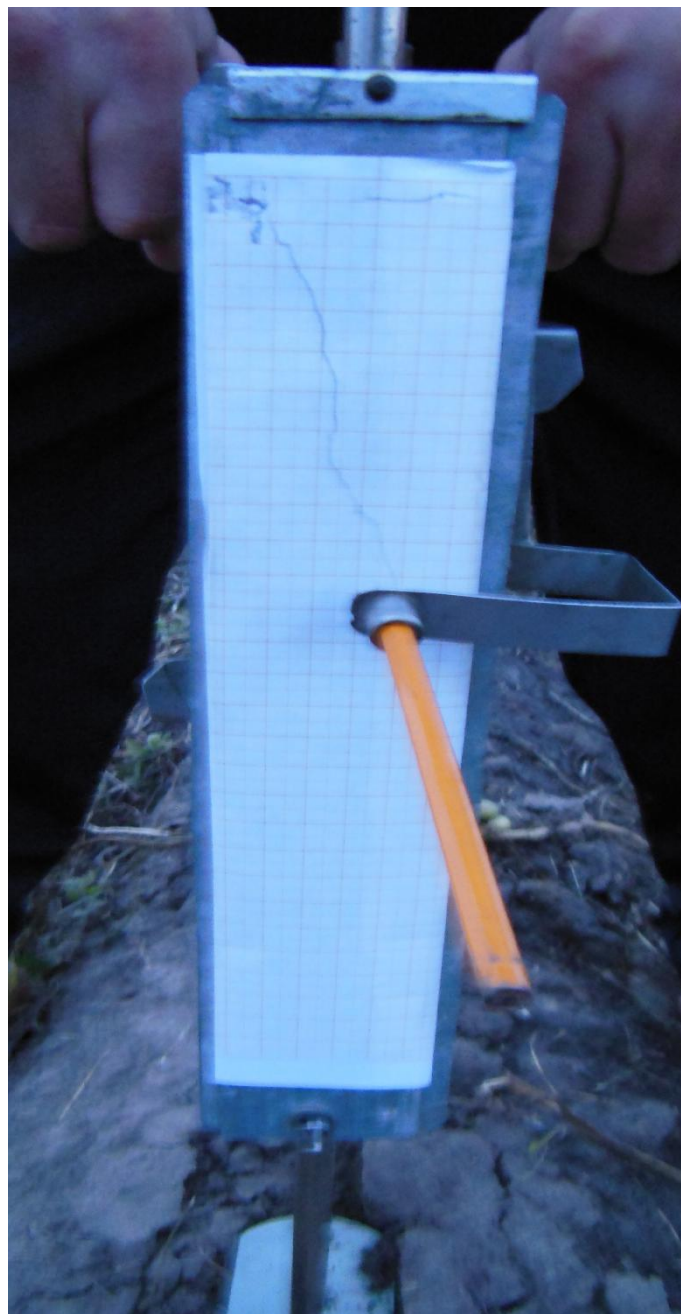


Рисунок 4.2 – Измерение твердости почвы твердомером Ревякина

Результаты снятия характеристики культуры картофеля

Таблица 4.2 – Характеристика культуры картофеля

Наименование показателей	Значение показателей
Дата снятия характеристики	сентябрь – октябрь 2016
Сорт картофеля	«Латона»
Фактический урожай клубней, т/га	16,7
Количество кустов, тыс. шт/га	36,9
Среднее количество клубней на кусте, шт	11,9
Средняя масса клубня, г	95,7
Средняя масса клубней на кусте, г	1139,2
Средние размеры клубней:	
Длинна, мм	66,3
Ширина, мм	50,2
Толщина, мм	41,6
Высота гребней, см	19,5
Характеристика гнезда:	
Ширина гнезда, см	18,1
Глубина залегания нижнего клубня, см	15,5

4.2 Результаты определения рациональных параметров усовершенствованного подкапывающего рабочего органа

Лабораторно-полевые исследования агрегата в составе трактора МТЗ-82 и картофелекопателя КТН-2В с усовершенствованным подкапывающим органом проводили уборку на 2 передаче. Настройка рабочих органов картофелекопателя осуществлялась с учетом агротехнических требований к качеству уборки картофеля. Затем на предварительно настроенном картофелекопатель мы осуществляли изменения натяжения пружин лемеха, тем самым регулируя угол наклона и место подачи клубненоносного пласта на элеватор. Жесткость пружины

составляла 10,3 Н/мм. Экспериментальные исследования проводились согласно разработанной методики и матрицы планирования эксперимента. Результаты эксперимента приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 –результаты однофакторного эксперимента, проведенного на картофелекопатель КТН-2В с усовершенствованным подкапывающим органом.

№	Фактор варьирования	Функция оптимизации
	Предварительное натяжение пружины, м	Высота подскока, м x_{ej1}
1	0	0,05
2	0	0,066
3	0	0,061
4	0,005	0,055
5	0,005	0,065
6	0,005	0,069
7	0,01	0,054
8	0,01	0,057
9	0,01	0,068
10	0,015	0,038
11	0,015	0,047
12	0,015	0,053
13	0,02	0,038
14	0,02	0,039
15	0,02	0,032

Полученные результаты были обработаны с помощью программы STATISTICA V8, что позволило получить уравнение регрессии:

$$Var2 = 0.0599 + 0.9057 \cdot x_{\epsilon} - 107.619 \cdot x_{\epsilon}^2$$

где $Var2$ – высота подскока, Н;

x_{ϵ} – предварительное натяжение пружины, м.

Анализ статистических показателей модели позволяет говорить об её адекватности, коэффициент детерминации составляет $R^2=0,73$. Наиболее значимым коэффициентом уравнения регрессии является коэффициент при последнем члене уравнения равный 107,619, что подчеркивает параболический характер зависимости. На основании полученного уравнения регрессии был построен график влияния натяжения пружины на высоту подскока представленный на рисунке 4.3.

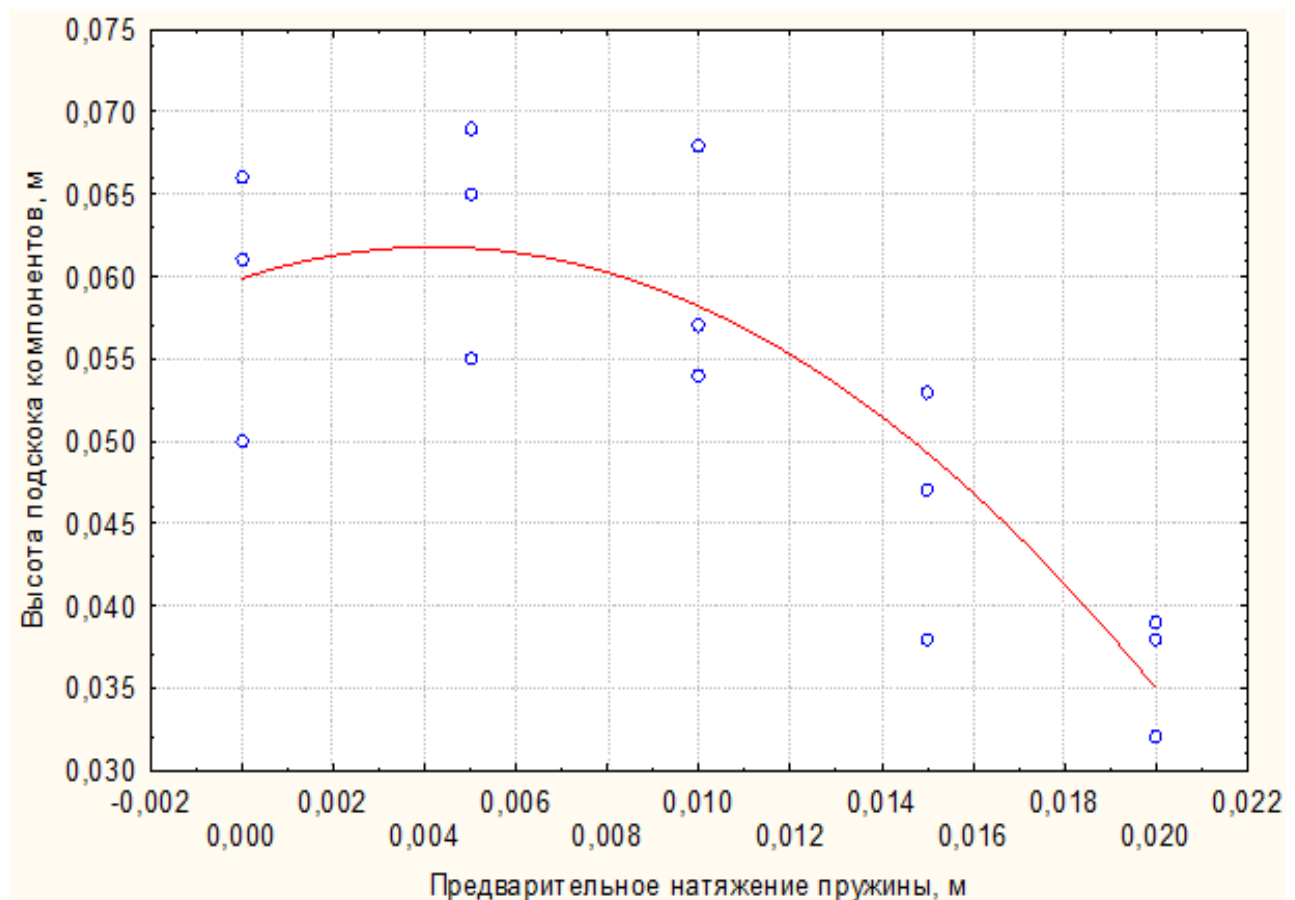


Рисунок 4.3 – зависимость высоты подскока компонентов от предварительного натяжения пружины

Анализ графика показал, что наибольшая высота подскока компонентов картофельного вороха равная 0,062 м наблюдалась при предварительном натяжении пружины 0,005 м. Следует отметить, что натяжение пружины способствует стабильности высоты подскока. Учитывая, что высота подскока связана с интенсивностью воздействия на клубненосный пласт, нами также оценивались качественные показатели работы картофелекопателя, а именно: количество клубней на поверхности, оставленных в почве, а также различные виды повреждения клубней.

Увеличение воздействия не существенно повышает повреждения, благодаря прослойке почвы между картофелем и прутками элеватора, но способствует увеличению сепарации.

4.3 Результаты хозяйственных исследований серийного и усовершенствованного картофелекопателя КТН-2В

4.3.1 Объект полевых исследований

На основе теоретических и лабораторных исследований был разработан и изготовлен, на базе картофелекопателя КТН-2В, усовершенствованный картофелекопатель у которого вместо серийного подкапывающего органа был установлен усовершенствованный рабочий орган, содержащий подпружиненные лемехи с делителями клубненосного пласта в виде гиперболического конуса. При необходимости делители можно снять и продолжать работу используя подпружиненные лемехи, меняя частоту колебаний и угол наклона при помощи изменения жесткости пружины.

4.3.2 Экспериментальные исследования в полевых условиях

Сравнительные испытания картофелекопателей проводились на базе

опытной агротехнологической станции ФГБОУ ВО РГАТУ поселка Стенькино Рязанского района Рязанской области в период массовой уборки картофеля с сентября по октябрь 2016 года согласно собственной методике и ГОСТ Р 54781-2011(приложение Б).

Для получения сравнимых результатов испытаний, нами был выбран картофелекопатель КТН-2В, агрегатируемый с трактором МТЗ-82, на котором устанавливали серийные и усовершенствованные подкапывающие рабочие органы.

Испытания картофелеуборочных машин проводили на участках с предварительно скошенной ботвой. Высота среза ботвы была не более 15 см.

Для определения полноты уборки, потерь и повреждений клубней картофеля на исследуемые картофелекопатели была установлена свободно вращающаяся ось с рулоном пленки длиной 10 м. Когда испытываемый картофелекопатель подъезжал к учетной делянке, концы пленки закреплялись на почве. Так как длина рулона пленки была сравнима с длиной учетной делянки, то в процессе уборки, ворох, сошедший с элеватора, ссыпался на пленку, до окончания учетной делянки. В конце учетной делянки машину останавливали и выключали все приводы рабочих органов и технологических линий.



Рисунок 4.4 –Усовершенствованный картофелекопатель КТН-2В во время определения полноты уборки (вид сзади)

Результаты сравнительных испытаний картофелекопателей приведены в таблице 4.3.

4.4 Определение полноты уборки, потерь и повреждений клубней картофеля

Полноту уборки и потери клубней определяли на учетных делянках после прохода машины.

Определение видимых повреждений производились в поле в день испытания картофелеуборочной машины, а для дальнейшего анализа, с делянки брали часть клубней – не менее 15 кг. Остальные клубни исключали из пробы. Затем клубни делили на две группы: целые и поврежденные и закладывали на десятидневное хранение, согласно ГОСТ Р 54781-2011 [20], после этого производился второй осмотр для определения потемнения мякоти клубней. Для этого клубни разрезали перпендикулярно продольной оси на дольки толщиной 5 мм, причем при резке, учитывали только число очагов с потемнением мякоти на глубину более 5 мм.



Рисунок 4.5 – Повторный осмотр после десятидневного хранения клубней

Анализ на наличие всех видов повреждений клубней проводили согласно ГОСТ Р 54781-2011 [20], результаты заносили в таблицу 4.4.

При обработке данных для получения показателя степени повреждений клубней делался перерасчет количества повреждений приходящихся на 100 штук картофеля, по формуле:

$$П = \frac{m_{нов} \cdot 100}{n_{кл}}, шт \quad (4.2)$$

где $П$ – количество повреждений, приходящихся на 100 штук клубней;

$m_{нов}$ – количество случаев того или иного вида повреждений;

$n_{кл}$ – количество клубней в пробе, шт.

100 – количество клубней, по которому производится перерасчет.

при перерасчете потемнений мякоти на 100 клубней, количество очагов, обнаруженных в группе целых и поврежденных – суммировалось.

Таблица 4.4 – результаты полевых испытаний серийного и усовершенствованного картофелекопателя КТН-2В

Наименование данных	Картофелекопатель КТН-2В	
	Серийный	Усовершенствованный
1. Сроки проведения испытаний	сентябрь - октябрь 2016 г.	
2. Температура воздуха, °С	13	
3. Температура почвы на глубине залегания клубней, °С	8	
4. Предшествующая обработка	удаление ботвы (машина КИР-1,5Б)	
5. Рабочая скорость агрегата, км/ч	3,4	3,9
6. Качество выполнения технологического процесса, %:	92,4	95,3
6.1. Количество клубней на поверхности	0,8	0,8
6.2. Оставлено в почве	6,8	3,9
1	2	3

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3
6.3 Присыпано почвой	-	-
6.4. Всего потерь	7,6	4,7
7. Повреждения клубней, всего по массе, %:	4,08	4,19
7.1. Содрана кожа от 1/4 до 1/2 поверхности клубня	0,58	0,62
7.2. Содрана кожа более 1/2 поверхности клубня	-	-
7.3. Вырывы мякоти глубиной более 5 мм	-	-
7.4. Трещины длиной более 20 мм	1,25	1,29
7.5. Раздавленные клубни	0,3	0,25
7.6. Резаные клубни	0,2	0,2
7.7. Потемнение мякоти от удара глубиной более 5 мм	1,75	1,83

Анализ таблицы 4.4 показал преимущества и незначительные недостатки в работе усовершенствованного картофелекопателя с модернизированным подкапывающим органом по сравнению с серийным:

- при работе усовершенствованного картофелекопателя КТН-2В потери клубней снижаются на 2,9% в сравнении с серийным, за счет уменьшения количества клубней, присыпанных почвой;

- применение модернизированного подкапывающего органа в конструкции картофелекопателя КТН-2В незначительно повышает повреждения клубней на 0,11%.

- при работе усовершенствованного картофелекопателя КТН-2В установлено, что увеличение воздействия на клубеносный пласт в начале технологического

процесса способствует улучшению сепарации почвы, это позволило увеличить рабочую скорость агрегата до 3,9 км/ч.

Выводы к главе 4

1. Снята характеристика участка испытаний с определением: типа почвы, влажности и твердости почвы, засоренности участка сорными растениями и камнями, а также исследованием профиля грядки;

2. Снята характеристика культуры картофеля с определением урожайности, размерно-массовых характеристик клубней, состояния ботвы, высоты гребней и характеристики гнезда;

3. Лабораторно-полевые исследования показали, что наибольшая высота подскока компонентов картофельного вороха в зоне передних опор основного элеватора равна 0,062 м. Она наблюдалась при предварительном натяжении пружины 0,005 м жесткостью 10,3 Н/м. Следует отметить, что натяжение пружины способствует стабильности высоты подскока.

4. Хозяйственные испытания серийного и усовершенствованного картофелекопателя КТН-2В показали:

- при работе усовершенствованного картофелекопателя КТН-2В потери клубней снижаются на 2,9% в сравнении с серийным, за счет уменьшения количества клубней, присыпанных почвой;

- применение модернизированного подкапывающего органа в конструкции картофелекопателя КТН-2В незначительно повышает повреждения клубней на 0,11%.

- при работе усовершенствованного картофелекопателя КТН-2В установлено что, увеличение воздействия на клубненосный пласт в начале технологического процесса способствует улучшению сепарации почвы. Это позволило увеличить рабочую скорость агрегата до 3,9 км/ч.

Глава 5 Техничко-экономические показатели картофелеуборочной машины с усовершенствованным подкапывающим рабочим органом

5.1 Исходные данные

Расчет показателей экономического эффекта проводился для серийного и усовершенствованного картофелекопателей КТН-2В, агрегируемых с трактором МТЗ-82, согласно методике, следующих источниках [16, 47, 98, 102, 103].

Исходные данные серийного и усовершенствованного картофелекопателя приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Исходные данные для расчета экономического эффекта серийного и усовершенствованного картофелекопателей

Показатели	Картофелекопатель КТН-2В	
	Серийный	Усовершенствованный
Агрегатирование	МТЗ-82	МТЗ-82
Производительность за час основного времени, га/ч	0,33	0,38
Масса, кг	730	735
Сумма часовой оплаты труда, руб.	139,6	139,6
Расход ГСМ, руб.	11,5	11,5
Комплексная цена на 1 кг ГСМ, руб.	36,50	36,50
Годовая загрузка картофелекопателя, ч:	100	100
1	2	3

Продолжение таблицы 5.1.

1	2	3
Стоимость машины, руб.	181527,00	194647,00
Норма амортизационных отчислений, %	12,5	12,5
Нормы отчислений на текущий ремонт, техническое обслуживание и хранение ТОРХ, %	15	15

5.2 Расчет технико-экономических показателей

Балансовую стоимость серийного картофелекопателя определяли по формуле:

$$B_C = C \cdot E, \quad (5.1)$$

где C – стоимость машины, руб;

E – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты на транспортировку, монтаж и снабженческо-торговые расходы, $E = 1,15$.

$$B_{CC} = 181527,00 \cdot 1,15 = 208756,00 \text{ руб.}$$

Балансовая стоимость усовершенствованного картофелекопателя:

$$B_{CV} = B_C + B_B, \quad (5.2)$$

где B_B – дополнительные затраты на переоборудование.

Дополнительные затраты определяли следующим образом:

$$B_B = D + M + Z + H_p, \quad (5.3)$$

где D – стоимость двух новых лемехов $D = 13000,00$ руб.

Затраты на материалы $M = 120,00$ руб.

Затраты на заработную плату определяли как

$$Z = Z_q \cdot n_p \cdot k_u, \quad (5.4)$$

где Z_q – часовая оплата, $Z_q = 139,6$ руб/ч;

n_p – количество рабочих, $n_p = 1$;

k_q – количество часов, $k_q = 2$.

Тогда $Z = 139,6 \cdot 1 \cdot 2 = 279,2$ руб.

Накладные расходы:

$H_6 = Z \cdot C_{B3} = 279,2 \cdot 31,3\% = 87,39$ руб.

где C_{B3} – страховые взносы во внебюджетные фонды, %.

Тогда $B_B = 13000,00 + 120,00 + 279,2 + 87,39 = 13486,59$ руб.

Балансовая стоимость усовершенствованного картофелекопателя КТН-2В:

$B_{CY} = B_{CC} + B_B = 208756,00 + 13486,59 = 222242,59$ руб.

Производительность за час сменного времени:

$$W_q = 0,1 \cdot B_{p.u} \cdot V_{p.c} \cdot \tau, \quad (5.5)$$

где $B_{p.u}$ – рабочая ширина захвата картофелекопателя, м;

$V_{p.c}$ – рабочая скорость картофелекопателя, км/ч;

τ – коэффициент использования времени смены.

$W_{qC} = 0,1 \cdot 1,4 \cdot 3,4 \cdot 0,7 = 0,33$ га/ч

$W_{qY} = 0,1 \cdot 1,4 \cdot 3,9 \cdot 0,7 = 0,38$ га/ч

Производительность за смену:

$$W_{CM} = W_q \cdot T_{CM}, \quad (5.6)$$

где T_{CM} – продолжительность смены, ч.

$W_{CMC} = 0,33 \cdot 8 = 2,64$ га/смену;

$W_{CMY} = 0,38 \cdot 8 = 3,04$ га/смену.

Годовой объем работ, выполненных усовершенствованным картофелекопателем, га.

$$W_{год} = T_{сез} \cdot W_q, \quad (5.7)$$

где $T_{сез}$ – годовая (сезонная) загрузка картофелекопателя, ч.

$W_{годC} = 100 \cdot 0,33 = 33$ га;

$W_{годY} = 100 \cdot 0,38 = 38$ га.

Рост производительности картофелекопателя:

$$P = \frac{W_y - W_c}{W_y} \cdot 100\%. \quad (5.8)$$

$$P = \frac{0,38 - 0,33}{0,38} \cdot 100\% = 13,16\%.$$

Удельная материалоемкость:

$$Y = \frac{m_{\text{кон}}}{W_{\text{зод}}}, \quad (5.9)$$

где $m_{\text{кон}}$ – масса копателя, кг.

$$Y_c = \frac{730}{0,33 \cdot 100} = 22,12 \text{ кг / га};$$

$$Y_y = \frac{735}{0,38 \cdot 100} = 19,34 \text{ кг / га}.$$

Степень снижения материалоемкости:

$$M_Y = \frac{Y_c - Y_y}{Y_c} \cdot 100\% \quad (5.10)$$

$$M_y = \frac{22,12 - 19,34}{22,12} \cdot 100\% = 13\%.$$

5.3 Эксплуатационные затраты

Прямые производственные затраты картофелекопателя, определяли по формуле:

$$I = O_T + A_{\text{отч}} + P_{\text{ТОРХ}} + \Gamma, \quad (5.11)$$

где O_T – оплата труда, руб;

$A_{\text{отч}}$ – сумма амортизационных отчислений, руб;

$P_{\text{ТОРХ}}$ – затраты на текущий ремонт, ТО и хранение, руб;

Γ – стоимость ГСМ, руб.

Оплата труда определяется по формуле:

$$O_T = \sum_{i=1}^n \frac{n_i \cdot T_{cm}}{W_q}, \quad (5.12)$$

где n_i – количество людей, обслуживающих агрегат, чел;

T_{cm} – средняя величина тарифной ставки обслуживающего персонала, руб/ч.

Оплата труда составляла 139,6 рублей за 1 час рабочего времени.

$$O_{TC} = 1 \cdot 139,6 / 0,33 = 423,03 \text{ руб/га};$$

$$O_{TY} = 1 \cdot 139,6 / 0,38 = 367,37 \text{ руб/га}.$$

Сумма амортизационных отчислений:

$$A = \frac{B_C \cdot A_M}{100 \cdot W_q \cdot T_{год}}, \quad (5.13)$$

где B_C – балансовая стоимость картофелекопателя, руб;

для серийного картофелекопателя $B_{CC} = 208756,00$ руб;

для усовершенствованного копателя $B_{CY} = 222242,59$ руб;

A_M – норма амортизационных отчислений, %;

$T_{год}$ – нормативная годовая загрузка копателя.

Тогда для серийного картофелекопателя:

$$A_C = \frac{208756,00 \cdot 12,5}{100 \cdot 0,33 \cdot 100} = 790,74 \text{ руб/га}$$

$$A_Y = \frac{222242,59 \cdot 12,5}{100 \cdot 0,38 \cdot 100} = 731,06 \text{ руб/га}$$

Затраты на ТОРХ:

$$P_{ТОРХ} = \frac{C_{\bar{o}} \cdot T_n}{100 \cdot W_q \cdot T_{год}}, \quad (5.14)$$

где T_n – норма ТОРХ, %

$$P_{ТОРХ}^C = \frac{208756,00 \cdot 15}{100 \cdot 0,33 \cdot 100} = 948,89 \text{ руб/га}$$

$$P_{ТОРХ}^Y = \frac{222242,59 \cdot 15}{100 \cdot 0,38 \cdot 100} = 877,27 \text{ руб/га}$$

Стоимость ГСМ определяли по формуле:

$$\Gamma = Q_{уд} \cdot \Pi_k, \quad (5.15)$$

где $Q_{уд}$ – удельный расход топлива, кг/га;

Π_k – комплексная цена 1 кг топлива.

$$Г_C = 34,84 \cdot 36,50 = 1271,97 \text{ руб/га};$$

$$Г_Y = 30,26 \cdot 36,50 = 1104,60 \text{ руб/га}.$$

Тогда получаем прямые производственные затраты:

$$И_C = 423,03 + 790,74 + 948,89 + 1271,97 = 3434,63 \text{ руб/га};$$

$$И_Y = 367,37 + 731,06 + 877,27 + 1104,60 = 3080,30 \text{ руб/га}.$$

Дополнительно определяем степень снижения прямых производственных затрат:

$$И = \frac{И_C - И_Y}{И_C} \cdot 100\%, \quad (5.16)$$

$$И = \frac{3434,63 - 3080,30}{3434,63} \cdot 100 = 10,3\%.$$

Годовая экономия сокращения прямых производственных затрат от использования усовершенствованного картофелекопателя определяли по формуле:

$$\mathcal{E} = (И_C - И_Y) \cdot W_{годY} \quad (5.17)$$

$$\mathcal{E} = (3434,63 - 3080,3) \cdot 38 = 13464,54 \text{ руб}.$$

5.4 Показатели эффективности инвестиций

Определяем удельные капиталовложения по формуле:

$$K_Y = \frac{B}{W_{ч} \cdot T_{год}} \quad (5.18)$$

$$K_{YC} = \frac{208756,00}{0,33 \cdot 100} = 6325,93 \text{ руб/га}$$

$$K_{YU} = \frac{222242,59}{0,38 \cdot 100} = 5848,49 \text{ руб/га};$$

Приведенные затраты:

$$П_з = И + K_Y \cdot E, \quad (5.19)$$

где $И$ – эксплуатационные затраты, руб/га;

K_Y – удельные капитальные вложения, руб/га;

E – нормативный коэффициент капиталовложений, $E = 0,15$.

Приведенные затраты:

$$\Pi_{3C} = 3434,63 + 0,15 \cdot 6325,93 = 4383,52 \text{ руб/га};$$

$$\Pi_{3Y} = 3080,30 + 0,15 \cdot 5848,49 = 3957,57 \text{ руб/га}.$$

Годовой экономический эффект по приведенным затратам:

$$\mathcal{E}_Г = (\Pi_{3C} - \Pi_{3M}) \cdot W_{\text{год}}, \quad (5.20)$$

$$\mathcal{E}_Г = (4383,52 - 3957,57) \cdot 38 = 16186,1 \text{ руб}.$$

Затраты труда находим по формуле:

$$Z_T = \frac{\sum \Pi_{\Pi}}{W_{\Pi}}, \quad (5.21)$$

где $\sum \Pi_{\Pi}$ – количество обслуживающего персонала, чел.

$$Z_{TC} = 1/0,33 = 3,03 \text{ чел*час/га};$$

$$Z_{TY} = 1/0,38 = 2,63 \text{ чел*час/га}.$$

Срок окупаемости:

$$O = \frac{(I_C - I_Y) \cdot W_{\text{год}}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (5.22)$$

$$O = \frac{(3434,63 - 3080,30) \cdot 38}{16186,1} = 0,84 \text{ года}$$

Усовершенствованный картофелекопатель КТН-2В окупится менее чем за один год работы.

Результаты расчетов сводим в таблицу 5.2.

Таблица 5.2–Технико-экономические показатели

Показатели	Серийный	Усовершенствованный
Производительность за час сменного времени, га/ч	0,33	0,38
Производительность за сезон (год), га	33	38
Удельная материалоемкость, кг/га	22,12	19,34
Затраты труда на 1 га, чел*час/га	3,03	2,63
Балансовая стоимость машины, руб.	208756,00	222242,59
1	2	3

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3
Зарплата обслуживающего персонала, руб/га	423,03	367,37
Амортизационные отчисления, руб/га	790,74	731,06
Отчисления на ТОРХ, руб/га	948,89	877,27
Затраты на ГСМ, руб/га	1271,97	1104,60
Прямые производственные затраты, руб/га	3434,63	3080,30
Приведенные затраты, руб/га	4383,52	3957,57
Годовой экономический эффект, руб	16186,1	
Снижение прямых производственных затрат, %	10,3	
Срок окупаемости инвестиций, год	0,84	

Из таблицы 5.2. видим, что балансовая стоимость усовершенствованного картофелекопателя КТН-2В по сравнению с серийным возросла за счет модернизации подкапывающей части. Улучшение процесса сепарации почвы позволило повысить скорость агрегата и при этом увеличить производительность машины на 13,2%. За счет этого эксплуатационные затраты на оплату труда, амортизационные отчисления и ТОРХ, а также удельные капиталовложения и приведенные затраты снизились. Годовой экономический эффект на один картофелекопатель составит 16186,1 руб.

Выводы к главе 5

Расчет технико-экономической эффективности показал, что балансовая стоимость усовершенствованного картофелекопателя КТН-2В по сравнению с серийным несколько возросла за счет модернизации подкапывающей части. В то же время снижение тягового сопротивления подкапывающих органов и повышение интенсивности воздействия вначале технологического процесса

позволило улучшить сепарацию почвы, повысить скорость агрегата и увеличить производительность машины на 13,2%. За счет этого снизились прямые производственные затраты на 10,3%, амортизационные отчисления и ТОРХ на 7,55%, а также удельные капиталовложения на 7,55% и приведенные затраты на 9,72%. Годовой экономический эффект на один картофелекопатель составит 16186,1 руб., срок окупаемости менее одного года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ОБЩИЕ ВЫВОДЫ)

1. Одним из перспективных путей совершенствования картофелеуборочных машин является применение модернизированных лемехов, обеспечивающих повышение воздействия рабочих органов в начале технологического процесса на клубненосный ворох.
2. Проведено теоретическое исследование воздействия рабочих органов на компоненты клубненосного пласта при переходе с лемеха на прутковый элеватор. При принятых параметрах рабочих органов и компонентов картофельного вороха ($V=1,2$ м/с, $m=3,5$ кг, $\nu=25$ Н/(м/с), $\alpha=0,3$ рад, $\psi=0,5$ рад) высота подскока составляет 0,06 м, дальность полета частиц примерно 0,1 м. Определены: зависимость скорости движения компонента картофельного вороха после взаимодействия с прутком элеватора от угла воздействия первого элеватора на клубненосный пласт; траектория движения компонента картофельного вороха после взаимодействия с прутком элеватора.
3. Лабораторно-полевые исследования показали, что наибольшая высота подскока компонентов картофельного вороха в зоне передних опор основного элеватора равна 0,062 м, и наблюдалась при предварительном натяжении пружины 0,005 м жесткостью 10,3 Н/м. Следует отметить, что натяжение пружины способствует стабильности высоты подскока. Увеличение воздействия способствовало улучшению сепарации и незначительному возрастанию повреждений.
4. Хозяйственные испытания серийного и усовершенствованного картофелекопателя КТН-2В показали:
 - при работе усовершенствованного картофелекопателя КТН-2В потери клубней снижаются на 2,9% в сравнении с серийным, за счет уменьшения количества клубней, присыпанных почвой;
 - при работе усовершенствованного картофелекопателя КТН-2В установлено, что увеличение воздействия на клубненосный пласт в начале технологического процесса позволяет увеличить рабочую скорость агрегата до 3,9 км/ч.

5. Расчет экономического эффекта показал, что за счет снижения тягового сопротивления подкапывающих органов и повышения интенсивности воздействия рабочих органов в начале технологического процесса на клубненосный ворох увеличивается производительность машины на 13,2%. Годовой экономический эффект на один картофелекопатель составит 16186,1 руб., срок окупаемости менее одного года.

Рекомендации производству:

Для повышения производительности картофелеуборочных машин следует использовать саморегулируемые подкапывающие рабочие органы, которые позволяют снижать тяговое сопротивление и интенсивно отделять почву в начале технологического процесса уборочной машины.

Перспективы дальнейшей разработки темы:

В дальнейшей перспективе следует продолжить научные исследования саморегулируемых рабочих органов картофелеуборочных машин с целью внедрения автоматических систем управления процессом уборки картофеля при изменяющихся почвенно-климатических условиях.

Список литературы

1. Александров, Д.В. Картофелеуборочные машины / Д.В. Александров – М. : ВИСХОМ, 1936. - 118 с.
2. Алферов, Г.С. Исследование взаимодействия дискового подкапывающего рабочего органа с почвой / Г.С. Алферов, Н.Н. Лутхов // Рабочие органы и устройства для возделывания, уборки и послеуборочной обработки корнеклубнеплодов и овощей. – М. : НПО ВИСХОМ, 1990. - С.32-43.
3. Анисимов, Б.В. Производство картофеля в Российской Федерации в 2006 году / Б.В. Анисимов, В.С. Чугунов, О.Н. Шатилова // Картофель и овощи. – 2007. – №2. – С. 2-3.
4. Бать, М.И. Теоретическая механика в пример и задачах/ М.И. Бать, Г.Ю. Дженалидзе, А.С. Кельзон; под ред. Д.Р. Меркина. Т.2. Динамика 7-е изд., перераб. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 560 с
5. Безрукий, Л. П. Классификация рабочих органов картофелеуборочных машин. // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1972. – № 10. – С. 15-18.
6. Борычев, С. Н. История развития техники для уборки картофеля [Текст] / С.Н. Борычев, И.Н. Кирюшин, И.А. Успенский, А.С. Колотов // Сельский механизатор. – 2013. - №5. – С. 4-5.
7. Борычев, С.Н. Машинные технологии уборки картофеля с использованием усовершенствованных копателей, копателей-погрузчиков и комбайнов: дис. ... докт. техн. наук. / С.Н. Борычев – Рязань: РГСХА, 2008. – 484 с.
8. Бышов, Н.В. Возможные направления совершенствования машинной уборки картофеля в условиях регулируемого агропромышленного производства / Н.В. Бышов, М.Ю. Костенко, И.А. Успенский // В сборнике: Опыт и проблемы государственного регулирования агропромышленного производства и продовольственного рынка. Материалы Межрегиональной научно-

практической конференции. Российская академия сельскохозяйственных наук; Администрация Рязанской области; Рязанская государственная сельскохозяйственная академия имени профессора П.А. Костычева; Рязанский научно-исследовательский и проектно-технологический институт Агропромышленного комплекса Российской академии сельскохозяйственных наук (ГУ-РНИПТИ АПК). 2002. - С. 328-330.

9. Бышов, Н.В. Повышение эффективности использования малогабаритной техники для возделывания и уборки картофеля / Н.В. Бышов, А.А. Сорокин, И.А. Успенский // В сборнике: Совершенствование конструкции и технологии использования сельскохозяйственной техники. Сборник научных трудов. Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ; Самарская государственная сельскохозяйственная академия. – Самара, 1999. – С. 220-232.

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

11. Верещагин, Н.И. Исследование и обоснование путей уменьшения механических повреждений клубней картофеля при поточной уборке [Текст] : Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук. / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т с.-х. машиностроения им. В. П. Горячкина. - Москва : [б. и.], 1972. - 25 с.

12. Верещагин, Н.И. Основы процесса и средств механизации картофеля, снижающих повреждение картофеля. Дис. докт. техн. наук в форме научного доклада – М.: 1991. - 33с.

13. Верещагин, Н.И. Уборка картофеля в сложных условиях / Н.И. Верещагин, К.А. Пшеченков - М.: Колос, 1983. - 208 с.

14. Верещагин, Н.И. Комплексная механизация возделывания, уборки и хранения картофеля. / Н.И. Верещагин, К.А. Пшеченков - М.: Колос, 1977. -351 с.

15. Верещагин, Н.И. Рабочие органы машин для возделывания, уборки и сортировки картофеля. / Н.И. Верещагин, К.А. Пшеченков – М.: Машиностроение, 1965. – 268 с.
16. Волкова Н.А. Экономическая оценка инженерных проектов (методика и примеры расчётов на ЭВМ). / Н.А. Волкова, В.В. Коновалов, И.А. Спицын, А.С. Иванов – Пенза: РИО ПГСХА, 2002. – 242 с.
17. Волосевич, Н.П. Способы повышения эффективности процесса уборки картофеля / Н.П. Волосевич, В.Н. Соколов // Сб. научных трудов Саратовского ГАУ. – 1998. – №1. – С. 3-6.
18. Голиков, А.А. Совершенствование технологического процесса и рабочего органа сепарации картофелеуборочных машин: дис. ... канд. техн. наук / А.А. Голиков - Рязань, 2014. – 138 с.
19. Голиков А.А. Изыскание перспективных способов снижения повреждений клубней при машинной уборке картофеля / А.А. Голиков, Н.И. Верещагин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №01(105). С. 356 – 366. – IDA [article ID]: 1051501019. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/19.pdf>, 0,688 у.п.л.
20. ГОСТР 54781-2011. МАШИНЫ ДЛЯ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ. Методы испытаний [Текст]. - Введ. 2012-03-01. - М.: Госстандарт России, Изд-во стандартов, 2012.
21. Гудзенко, И.П. Машины для возделывания и уборки картофеля / И.П. Гудзенко, Н.В. Фирсов. – М.: Машингиз, 1962. – 270 с.
22. Гулиа, М.В. Детали машин. Учебник / М.В. Гулиа, В.Г. Клоков, С.А. Юрков – 2 изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 416 с.
23. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статической обработки результатов исследования) / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1973. – 336 с.

24. Ефимов, Н. В. Краткий курс аналитической геометрии [Текст] : учеб. для вузов / Н. В. Ефимов. - 13-е изд., стер. - М. : Физматлит : Лаб. базовых знаний, 2003. - 238 с.
25. 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.
26. 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.
27. Илларионов, А.Н. Механизированная уборка картофеля / А.Н. Илларионов, Л.М. Ямбаев. – М.: Россельхозиздат, 1981. – 95 с.
28. Испытание машин по культуре картофеля / [Соч.] В. Т. Дудникова; Г.У.З. и З. Деп. зем. - Спб.: Типо-лит. М. П. Фроловой, 1914. - IV, 178 с.
29. 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 – Уфа: Башкир. гос. аграр. ун-т 2017 г. – 40 с.
30. Камалетдинов, Р.Р. Рекомендации по совершенствованию рабочих органов машин для уборки картофеля 2-е издание [Текст] / Р.Р. Камалетдинов // Уфа 2014- 44 с.
31. 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
32. Кирюшин, И.Н. Совершенствование подкапывающих рабочих органов машин для уборки картофеля: дис ... канд. техн. наук. / И.Н. Кирюшин – Рязань. : 2007. – 150 с.
33. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины : учебник / Кленин, Николай Иванович, Сакун, Вячеслав Александрович. - 3-е изд. ; перераб. и доп. - М. : Колос, 1994. - 751 с.

34. Колотов, А.С. Обоснование параметров почвозацепов дисков комбинированных подкапывающих органов картофелеуборочных машин: дис ... канд. техн. наук. / А.С. Колотов. – Рязань. : 2015. – 139 с.
35. 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.
36. Колчин, Н.Н. Технология и комплексы машин для возделывания важнейших сельскохозяйственных культур. Часть I. Картофель. – М.: ИНФРА – М, 1997. – 104 с
37. Костенко М. Ю. Разработка и исследование дисковых элементов подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 - механизация сельскохозяйственного производства / Костенко, Михаил Юрьевич ; науч. рук. д.т.н., проф. Улитовский Б.А., к.т.н., доц. Успенский И.А. - Рязань, 1994. - 181 с.
38. Ксендзов, В.А. Механика взаимодействия двухгранного клина со связным пластом почвы / В.А. Ксендзов, К.О. Байдаулетов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1991, №3.- С. 27-28.
39. Кутлубаев, А.А. Результаты испытаний экспериментального образца картофелекопателя к тракторам малого класса тяги [Текст] / А.А. Кутлубаев, Р.Р. Камалетдинов // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК. – Уфа : Башкирский ГАУ, 2018. – С.85 – 88.
40. 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
41. Летошнев, М.Н. Сельскохозяйственные машины. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1949. – 770 с.

42. Листопад, Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г.Е. Листопад, Г.К. Демидов, Б.Д. Зонов и др. Под общ. ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
43. Лутхов, Н.Н. Обоснование параметров и совершенствование дисковых подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин [Текст] : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.04 / Науч.-производ. объедин. по с.-х. машиностроению. - Москва, 1990. - 289 с.
44. Мазур, А.М. Машины и оборудование для переработки картофеля: монография / А.М. Мазур. – М., 1999. – 106 с.
45. Машиностроение. Энциклопедия. Ред. совет: К.В. Фролов и др. М.: Машиностроение, 1998. – 720 с.
46. Мельников, В.А. Машины по культуре картофеля [Текст]. - Москва : Сельхозгиз, 1939. - 136 с.
47. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Утверждена 23.07.1997. – М., 1998. – 87 с.
48. Механизация уборки и хранения клубнеплодов [Текст] : учебное пособие / О. А. Старовойтова, А. А. Манохина, В. И. Старовойтов [и др.]. – М., 2018. – 102 с.
49. Митрофанов, В.С. Физико-механические свойства картофеля. В кн. «Теория, конструкция и производство с/х машин», том V. М.: Сельхозгиз, 1940.
50. 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.
51. Нелюбов, А.И. Задачи в области совершенствования техники для картофелеводства / А.И. Нелюбов // Материалы Первого всесоюзного научно-технического совещания об основных направлениях совершенствования конструкций машин для возделывания и уборки картофеля. - М.: НПО ВИСХОМ, 1974. - С.5-7.
52. Никулин, И.В. Анализ и классификация подкапывающих рабочих органов

- картофелеуборочных машин / И.В. Никулин // Труды МИИСП. - М.: МИИСП, 1980. - Т.17. - Вып.1. - С.40-43.
53. Никулин, И.В. Исследование комбинированных подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин: дис. ... канд. техн. наук / И.В. Никулин - М.: 1982. - 214с.
54. Никулин, И.В. Некоторые результаты лабораторных исследований подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин / И.В. Никулин // Труды МИИСП.- М.: МИИСП, 1981. - С.51-55.
55. Основы снижения энергозатрат в сельскохозяйственном производстве [Текст]: монография / Успенский, Иван Алексеевич, Рембалович, Георгий Константинович, Бышов, Николай Владимирович, Бoryчев, Сергей Николаевич. - Рязань : РГАТУ, 2010. - 202 с.
56. Официальный сайт компании «Агротехмаш» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agrotm.ru/>
57. Официальный сайт компании «Белрусагротехника» [Электронный ресурс].–Режим доступа: www.belrusagro.com
58. Официальный сайт Министерства сельского хозяйства и продовольствия Рязанской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ryazagro.ru/>
59. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>.
60. Патент на полезную модель РФ № 132944МПКА 01 D 21/00 Картофелекопатель [Текст] / Бышов Н.В., Тришкин И.Б., Бышов Д.Н., Липин В.Д., Нестерович Э.О., Липина Т.В. (RU); заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО РГАТУ. – № 2013125266/13; заявл. 30.05.2013; опубл. 10.10.2013
61. Переведенцев, В.М. Обоснование параметров и режимов работы дисковых элементов подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин: дис. канд. техн. наук. / В.М. Переведенцев – Рязань: 2000. – 146 с.
62. Пермьякова, А.Е. Исследование рабочих органов картофелеуборочных машин: дис. ... канд. техн. Наук. - с.Корнево: 1961. -117 с.

63. Петров, Г.Д. Картофелеуборочные машины. 2-е изд. переработ. и доп. - М.: Машиностроение, 1984. - 320 с.
64. Повышение эффективности функционирования картофелеуборочной техники путем модернизации сепарирующих рабочих органов [Текст] / Н. В. Бышов, И. А. Успенский, Г. К. Рембалович, А. А. Голиков // Картофелеводство: история развития и результаты научных исследований по культуре картофеля: сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ВНИИКХ. – Красково, 2015. - С. 242-247.
65. Повышение эффективности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники при выполнении энергоемких процессов (на примере картофеля) [Текст] : монография / С. Н. Бoryчев, Д. Н. Бышов, Н. В. Бышов, А. А. Голиков, Г. Д. Кокорев [и др.]. – Рязань : РГАТУ, 2015. – 402 с.
66. Полуночев, И.М. Исследование технологического процесса картофелеуборочного комбайна / И.М. Полуночев // Труды ВИСХОМ. – 1953. – С. 46-49.
67. Пономарев, А.Г. Конструктивные схемы картофелеуборочных комбайнов в аграрном секторе России [Текст] / А.Г. Пономарев, А.А. Сорокин // Сельскохозяйственные машины и технологии. - 2013. - №6. - С. 22-25.
68. Протокол 12-62-80. Кировская МИС. Государственные испытания картофелекопателя-погрузчика 4-рядного КСК-4/1.
69. Протокол 15-76-80. Литовская МИС. Государственные испытания картофелекопателя-погрузчика самоходного 4-рядного КСК-4/1.
70. Протокол 78-80. Львовская МИС. Государственные испытания картофелекопателя-погрузчика 4-рядного КСК-4Б.
71. Пшеченков, К.А. Картофель: убрать эффективно[Текст] / К.А. Пшеченков, С.В. Мальцев, Д.Г. Семёнов// Картофель и овощи. 2016. № 9. С. 24-26.
72. 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.

73. 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

74. Пшеченков, К.А. Уборка картофеля [Текст] /К.А. Пшеченков, Г.Л. Белов, С.В. Мальцев, А.В. Смирнов// Земледелие -2018-№5.-С. 23-26

75. 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.

76. Результаты исследований по механизации картофелеводства [Текст] : Сборник статей / Е. А. Глухих (отв. ред.) ; М-во сельского хозяйства РСФСР. Науч.-исслед. ин-т картофельного хозяйства. - Москва : [б. и.], 1960. - 289 с.

77. Родин, К.И. Изыскание и исследование подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин для работы на торфяных почвах : дис. ... канд. техн. Наук. – Рязань: 1968. – 165 с.

78. Сельскохозяйственные машины: / Абрам Бенцианович Лурье, Федор Григорьевич Гусинцев, Евгений Иосифович Давидсон . – М. : Колос, 1976 . – 496 с.

79. Сорокин, А.А. Расчет параметров колебаний лемеха картофелеуборочных машин / А.А. Сорокин // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства – 1963 - №4 - С.45-46.

80. Сорокин, А.А. К расчету параметров колеблющегося (вибрационного) лемеха картофелеуборочных машин / А.А. Сорокин // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства - 1968. - №11 - С. 5-6.

81. Сорокин, А.А. Исследования взаимодействия копирующих катков картофелеуборочных комбайнов с почвой / А.А. Сорокин, Н.Г. Байбобоев, Н.М. Юлдашев // Тракторы и сельхозмашины - 1986 - №7. - С. 15 – 16.

82. Сорокин, А.А. Новый двухрядный картофелеуборочный комбайн КВ-2. /

А.А. Сорокин, Н.Н. Лутхов, И.А. Ермаков // - В кн. Передовой производственный опыт и научно-технические достижения, рекомендуемые для внедрения в сельскохозяйственном машиностроении. - Инф. сб. ЦНИИТЭИ автосельхозмашин. – М., 1989. – Вып. 7, С. 52 – 58.

83. Состояние и перспективы картофелеводства в ЛПХ [Текст] / В. И. Старовойтов, П. С. Звягинцев, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина // Конкурентоспособность и инновационная активность АПК регионов : Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. – Тверь, 2018. - С. 211-214.

84. Способ контроля скрытых повреждений клубней картофеля [Электронный ресурс] / М. Ю. Костенко, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, Г. К. Рембалович, А. А. Голиков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. - № 120. - С. 1166-1187. – Режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/>

85. Старовойтов, В. И. История становления механизации картофелеводства в России [Текст] / В. И. Старовойтов, Н. В. Воронов // Развитие новых технологий селекции и создание отечественного конкурентоспособного семенного фонда картофеля : материалы международной научно-практической конференции. – (Серия "Картофелеводство") / под ред. С. В. Жеворы. – Красково, 2017. - С. 203-209.

86. Старовойтов, В. И. Механизированные технологии возделывания картофеля и топинамбура [Текст] / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина // Развитие новых технологий селекции и создание отечественного конкурентоспособного семенного фонда картофеля : материалы международной научно-практической конференции. – (Сер. "Картофелеводство") / под редакцией С. В. Жеворы. – Красково, 2017. - С. 3-9.

87. Старовойтов, В. И. Перспективы развития производства картофеля и топинамбура в региона России [Текст] / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина // Актуальные вопросы экономики и

агробизнеса : VIII Международная научно-практическая конференция. – Брянск, 2017. - С. 68-74.

88. Старовойтов, В. И. Механизированная уборка топинамбура [Текст] / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина // Аграрная наука - сельскому хозяйству : сборник материалов XIII международной научно-практической конференции : в 2 кн. – Барнаул : ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет», 2018. - С. 197-198.

89. Старовойтов, В. И. Технология возделывания картофеля и топинамбура [Текст] / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина // Техническое обеспечение технологий производства сельскохозяйственной продукции : сборник статей по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции / под общей редакцией С. Ф. Сухановой. – Лесниково : Курганская ГСХА, 2018. – С. 128-132.

90. Технологии и машины для механизированной уборки картофеля (обзор, теория, расчет): Монография / С.Н. Борычев– Рязань: РГСХА, 2006. – 201 с.

91. Технология уборки картофеля в сложных полевых условиях с применением перспективных решений в конструкции и обслуживании комбайнов [Текст] : монография / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, Н. И. Верещагин, И. А. Успенский, А. А. Голиков [и др.]. - Рязань : РГАТУ, 2015. - 304 с.

92. 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.

93. Угланов, М.Б. Качественные и энергетические показатели работы подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин/ М.Б. Угланов, Р.Н. Норчаев // Сб. научных трудов МИИСП. Механическая технология сельскохозяйственных работ. - М.: МИИСП, 1983. - С.47.

94. Угланов, М.Б. Разработка комплекса машин для уборки картофеля на основе совершенствования рабочих органов и рационального их сочетания / М.Б. Угланов. Дис. ...докт. техн. наук. - Рязань, 1989.- 408 с.

95. Уменьшение энергетических затрат в сельскохозяйственном производстве (на примере картофеля) [Электронный ресурс] / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев, А. А. Голиков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. - №120. - С. 375-398. – Режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/>
96. Усовершенствованное устройство для сепарирования клубней картофеля [Текст] / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, А. А. Голиков [и др.] // Сельский механизатор. – 2016. - № 11. - С. 6-7.
97. Успенский, И.А. Основы совершенствования технологического процесса и снижения энергозатрат картофелеуборочных машин / И.А. Успенский. Дис. ...докт. техн. наук. – Москва: НИИ сельскохозяйственного машиностроения имени В.П. Горячкина, 1996.- 396 с.
98. Фере, Н.Э. Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка / Н.Э. Фере, В.З. Бубнов, А.В. Еленев, Л.М. Пильщиков – М.: Колос, 1978. – 256 с.
99. Физико-механические параметры почвы при выращивании картофеля на грядах [Текст] / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина, С. М. Духанина // Земледелие. – 2018. - № 5. - С. 16-20.
100. Фирсов Н.В. Проектирование и расчет рабочих органов картофелеуборочных машин // Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин. – Т. 5. – М., Л.: Сельхозгиз, 1940. – С. 29- 47.
101. 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.
102. Шпилько, А.В. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / А.В. Шпилько, В.И. Драгайцев, П.А. Тулапин [и д.р.] – М.: ВНИИЭСХ, 1998. – 294 с.

103. Якутин, Н.Н. Совершенствование технологического процесса и средства интенсификации сепарации картофелеуборочных машин: дис ... канд. техн. наук / Н.Н. Якутин – Рязань. : 2014. – 132 с.
104. Liske P., Fischer L. Baugruppen zur Verminderung der Kartoffellastenbelastungen in der Annahmesorte bei schwierigen Einsatzbedingungen. Agrartechnik. – 1987. Bd. 37. Jg. 8. – s. 352-353.
105. Kartoffeln “sanft” ernten. – Agrartechnikinternational. 1983, Juli. – s. 10-11.
106. Potato production and innovation technologies. Edited by Anton J. Haverkort, Boris V. Anisimov. The Netherlands. Wageningen Academic Publishers. 2007. 422 p.
107. Spiess E. Bedeutende Knollenbeschädigungen beim Kartoffelvollernteverfahren – Versuchsergebnisse. – Schweiz. Landwirtschaftliche Forschung, 1976, Jg. 15, s. 175-186.

Приложения

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(19) **RU** (11) **132 944** (13) **U1**
(51) МПК
A01D 21/00 (2006.01)(12) **ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2013125266/13**, **30.05.2013**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.05.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **30.05.2013**(45) Опубликовано: **10.10.2013** Бюл. № **28**

Адрес для переписки:

**390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1, ФГБОУ
ВПО РГАТУ, Отдел по патентной и
изобретательской работе**

(72) Автор(ы):

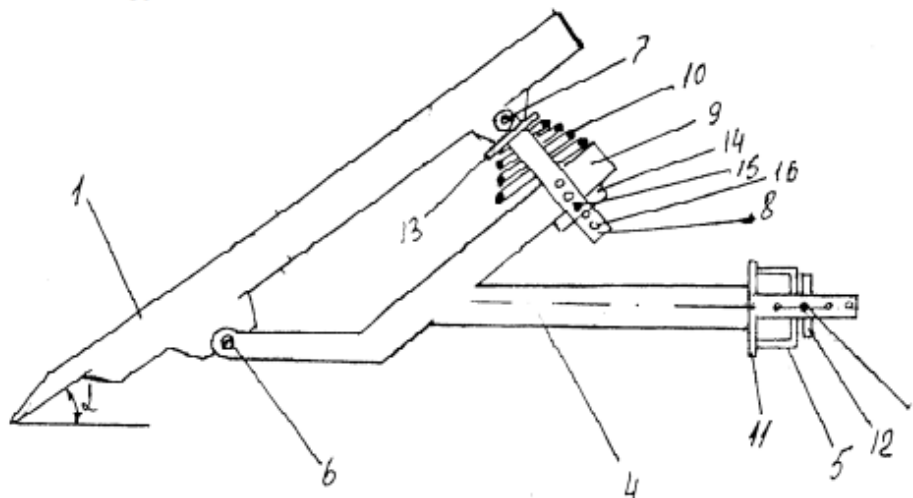
**Бышов Николай Владимирович (RU).
Трашкин Иван Борисович (RU).
Бышов Дмитрий Николаевич (RU).
Ляпин Владимир Дмитриевич (RU).
Нестерович Эдуард Олегович (RU).
Ляпина Татьяна Владимировна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Рязанский
государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева" (RU)**(54) **КАРТОФЕЛЕКОПАТЕЛЬ**

(57) Формула полезной модели

Картофелекопатель, содержащий раму, опорные колеса, прутковые элеваторы, выкапывающее устройство, выполненное в виде плоского подкапывающего элемента, установленного на кронштейне в поперечном отверстии рамы, отличающийся тем, что лемех установлен с возможностью изменения угла наклона к горизонту, причем лемех подпружинен относительно кронштейна в вертикальной плоскости посредством конической пружины сжатия.



ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ А

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 554 452** ⁽¹³⁾ **C1**(51) МПК
A01D 21/00 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(12) **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21)(22) Заявка: 2014111191/13, 24.03.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.03.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.03.2014

(45) Опубликовано: 27.06.2015 Бюл. № 18

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 132944 U1, 10.10.2013. RU 2384032
C1, 20.03.2010. SU 954006 A1, 30.08.1982. SU
1155179 A, 15.05.1985. SE 9092 C1, 16.07.1898

Адрес для переписки:

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1, ФГБОУ ВПО
РГАТУ, Отдел по патентной и изобретательской
работе, Липину В.Д.

(72) Автор(ы):

Бышов Николай Владимирович (RU),
Тришкин Иван Борисович (RU),
Бышов Дмитрий Николаевич (RU),
Липин Владимир Дмитриевич (RU),
Нестерович Эдуард Олегович (RU),
Липина Татьяна Владимировна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Рязанский
государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева" (RU)(54) **КАРТОФЕЛЕКОПАТЕЛЬ**(57) **Формула изобретения**

Картофелекопатель, содержащий раму, опорные колеса, скоростной, основной и каскадный прутковые элеваторы, выкапывающее устройство, выполненное в виде плоских колеблющихся подпружиненных лемехов, отличающийся тем, что на лемехах закреплены делители клубненосного пласта, выполненные в виде гиперболического конуса, основание которого установлено над скоростным прутковым элеватором, с возможностью продольного перемещения по лемехам, причем на плоской образующей гиперболического конуса делителя выполнены продольные отверстия.

RU 2 554 452 C1

RU 2 554 452 C1



АКТ

**о внедрении законченной научно-исследовательской,
опытно-конструкторской и технологической работы**

Мы, нижеподписавшиеся, представитель федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А.Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ) в лице руководителя научно-исследовательской (опытно-конструкторской) работы д.т.н., профессора Бышова Николая Владимировича

и представитель опытной агротехнологической станции

(наименование организации, предприятия)

ФГБОУ ВО РГАТУ, п. Стенькино Рязанского района Рязанской области
в лице директора Боцянна Рафика Геворговича

составили настоящий акт в том, что результаты научно-исследовательской (опытно-конструкторской) работы на тему: "Разработка и обоснование параметров рабочих органов картофелеуборочной машины"

выполненной на кафедре «Эксплуатация машинно-тракторного парка» ФГБОУ ВО РГАТУ в 2012...2015 годах внедрены на опытной агротехнологической станции ФГБОУ ВО РГАТУ, п. Стенькино Рязанского района Рязанской области

путем сравнительных полевых испытаний серийного картофелекопателя

(указать, каким образом внедрена работа)

КТН-2В и экспериментального картофелекопателя КТН-2В, оснащенного усовершенствованным выкапывающим органом (патент на изобретение №2554452 от 27.06.2015г.). Общая площадь картофеля, убранная одной экспериментальной машиной за 2015 год, составила 1 га.

Внедрение результатов исследований дало возможность предприятию (организации) получить следующий технико-экономический результат:

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

1. Агротехнические показатели при работе серийного картофелекопателя КТН-2В и экспериментального картофелекопателя КТН-2В, оснащенного усовершенствованным подкапывающим рабочим органом составили соответственно:

- повреждения клубней – 4,65% и 6,35%;

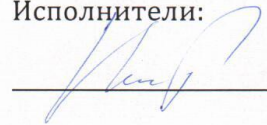
- потери клубней – 6,9% и 9,1%;

2. Коэффициент использования времени смены при работе серийного и экспериментального картофелекопателя КТН-2В составил соответственно 0,81 и 0,79.

3. В связи с увеличением интенсивности процесса сепарации появляется возможность повышения рабочей скорости движения агрегатов при уборке с 2,5 до 2,6 км/ч, что позволяет увеличить производительность работы с 0,28 до 0,29 га/ч.

Замечания и предложения о дальнейшей работе по внедрению: в связи с выявленными недостатками (увеличением потерь и повреждений клубней), необходимо доработать подкапывающую часть, а именно изменить конструкцию кронштейна лемеха, уточнить параметры пружины.

Исполнители:



Э.О. Нестерович

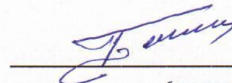
Д.Т.Н., профессор

Н.В. Бышов



Директор опытной
агротехнологической станции
ФГБОУ ВО РГАУ

Р.Г. Боцинян



(подпись)

ПРОДОЛЖЕНИЕПРИЛОЖЕНИЕ Б

«УТВЕРЖДАЮ»
 Проректор по научной работе
 ФГБОУ ВО РГАТУ
 Л.Н. Лазуткина
 «16» сентября 2016 г.

АКТ

**о внедрении законченной научно-исследовательской,
 опытно-конструкторской и технологической работы**

Мы, нижеподписавшиеся, представитель федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А.Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ) в лице руководителя научно-исследовательской (опытно-конструкторской) работы д.т.н., профессора Бышова Николая Владимировича и представитель опытной агротехнологической станции

(наименование организации, предприятия)

ФГБОУ ВО РГАТУ, п. Стенькино Рязанского района Рязанской области
 в лице директора Боциняна Рафика Геворговича

составили настоящий акт в том, что результаты научно-исследовательской (опытно-конструкторской) работы на тему: "Разработка и обоснование параметров рабочих органов картофелеуборочной машины",

выполненной на кафедре «Эксплуатация машинно-тракторного парка» ФГБОУ ВО РГАТУ в 2012...2016 годах внедрены на опытной агротехнологической станции ФГБОУ ВО РГАТУ, п. Стенькино Рязанского района Рязанской области

путем сравнительных полевых испытаний серийного картофелекопателя

(указать, каким образом внедрена работа)

КТН-2В и экспериментального картофелекопателя КТН-2В, оснащенного усовершенствованным выкапывающим органом (патент на изобретение №2554452 от 27.06.2015г.). Общая площадь картофеля, убранная одной экспериментальной машиной за 2016 год, составила 5га.

Внедрение результатов исследований дало возможность предприятию (организации) получить следующий технико-экономический эффект:

ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

1. Агротехнические показатели при работе серийного картофелекопателя КТН-2В и экспериментального картофелекопателя КТН-2В, оснащенного усовершенствованным подкапывающим рабочим органом составили соответственно:

- повреждения клубней – 4,08% и 4,19%;

- потери клубней – 7,6% и 4,7%;

2. Коэффициент использования времени смены при работе серийного и экспериментального картофелекопателя КТН-2В составил соответственно 0,72 и 0,74.

3. В связи с увеличением интенсивности процесса сепарации появляется возможность повышения рабочей скорости движения агрегатов при уборке с 3,4 до 3,9 км/ч, что позволяет увеличить производительность работы с 0,33 до 0,38 га/ч.

Замечания и предложения о дальнейшей работе по внедрению: Признать оснащение картофелекопателя КТН-2В разработанным усовершенствованным выкапывающим органом целесообразным и экономически обоснованным.

Исполнители:

Э.О.Нестерович

Д.Т.Н., профессор

Д.В.Вышов



(подпись)

Директор опытной
агротехнологической станции
ФГБОУ ВО РГАТУ

Р.Г. Боцинян

Боцинян
(подпись)