

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.А. КОСТЫЧЕВА»

На правах рукописи



Симонова Надежда Владимировна

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЫХЛИТЕЛЯ
КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ**

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научная специальность: 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для
агропромышленного комплекса

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор Борычев С.Н.

Рязань, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	7
1.1. Производство картофеля в Российской Федерации.....	7
1.2. Свойства компонентов клубненосного пласта.....	14
1.3. Обзор машин для уборки картофеля.....	17
1.4. Обзор интенсификаторов сепарации пруткового элеватора.....	23
1.5. Постановка задач исследований	29
Выводы по главе 1	30
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	31
2.1. Схема рыхлителя.....	31
2.2. Обоснование параметров рыхлителя	33
2.3. Расчет мощности на привод рыхлителя.....	52
Выводы по главе 2	54
3. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	55
3.1. Программа, объект, методика исследований.....	55
3.2. Результаты исследований.....	59
Выводы по главе 3	64
4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	65
4.1. Программа исследований.....	65
4.2. Объекты исследований и применяемое оборудование	65
4.3. Методика исследований.....	67
4.4. Результаты исследований.....	71
Выводы по главе 4	73
5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	74
5.1. Экономические показатели.....	74
5.2. Показатели ресурсосбережения.....	77
5.3. Показатели сравнительной экономической эффективности.....	78
Выводы по главе 5	79

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	80
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	81
ПРИЛОЖЕНИЯ	104

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Картофель замыкает четверку наиболее востребованных пищевых культур, и поэтому повсеместно выращивается во многих странах мира. В Российской Федерации под картофель выделено более 820 тыс. га, с которых собирают около 30 млн. тонн урожая [61]. Лидером по площадям выращивания картофеля в 2022 году по-прежнему является Брянская область. На долю этого региона приходится около 10% всех площадей. Рязанская область лишь восемнадцатая.

В 2022 году в Рязанской области под картофель было выделено более 16,5 тыс. га. Валовый сбор составил 240,6 тыс. тонн, а урожайность 145,9 ц/га [61].

Существенная доля урожая убирается в тяжелых условиях, что негативно сказывается на качестве получаемого картофеля [2, 3, 5, 18, 42, 47, 86, 118, 126]. Значительная часть клубней получает повреждения, наблюдается увеличение потерь, растягиваются сроки уборки, и, как следствие, повышается себестоимость [89, 92, 113, 114].

Исходя из этого, исследования, направленные на повышение показателей качества работы картофелеуборочных машин, являются актуальными.

Степень разработанности темы. Вопросы повышения показателей качества картофелеуборочных машин до нормативных значений рассматривали многие ученые, в частности, С.Н. Борычев, Н.В. Бышов, Н.И. Верещагин, П.И. Гаджиев, А.Ю. Измайлов, М.Н. Калимуллин, Р.Р. Камалетдинов, Н.Н. Колчин, М.Ю. Костенко, Л.Л. Максимов, Г.Д. Петров, А.Г. Пономарев, К.А. Пшеченков, Г.К. Рембалович, А.А. Сорокин, В.И. Старовойтов, О.А. Старовойтова, М.Б. Угланов, И.А. Успенский и др., а также зарубежные исследователи: W. Deng, A.M. Rady и др.

Однако прогресс не стоит на месте, появляются новые материалы [22, 30, 33, 35, 55, 82, 85, 98, 132], новые технологии производства машин [25, 26, 27, 40, 59, 87, 88, 105, 122, 131], в связи с чем, целесообразно продолжить исследования в данной области.

Цель исследований – обоснование параметров рыхлителя картофелеуборочной машины.

Задачи исследований:

1. Провести анализ устройств, повышающих производительность картофелеуборочных машин.
2. Теоретически обосновать параметры рыхлителя.
3. Исследовать влияние рыхлителя на производительность картофелекопателя.
4. Оценить экономический эффект применения картофелекопателя с рыхлителем.

Объект исследований. Влияние рыхлителя на клубненосный пласт.

Предмет исследований. Теоретические и экспериментальные исследования взаимодействия рыхлителя с клубненосным пластом.

Научная новизна. Аналитические зависимости, описывающие взаимодействие рыхлителя с компонентами клубненосного пласта.

Теоретическая значимость. Методика обоснования рациональных параметров рыхлителя.

Практическая значимость. Снижение себестоимости уборки картофеля.

Методология и методы исследований. При проведении исследований применялись методы теоретической механики, сопротивления материалов и математической статистики. Лабораторные и полевые исследования проводились по методике, изложенной в ГОСТ Р 54781-2011. Обработку опытных данных вели в программах «STATISTICA 10», «Microsoft Excel 2010» и «MathCAD 15». Экономический эффект рассчитывали согласно методике, изложенной в ГОСТ 34393-2018.

Положения, выносимые на защиту:

1. Параметры рыхлителя и методика их обоснования.
2. Результаты оценки влияния рыхлителя на показатели работы картофелекопателя.
3. Техничко-экономический эффект применения картофелекопателя с рыхлителем.

Реализация результатов исследований. В 2022 году произведена уборка картофеля на общей площади 1,5 га в ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области с помощью картофелекопателя КТН-2В, дооборудованного разработанным рыхлителем.

Степень достоверности результатов исследований. Расхождение между результатами теоретических и лабораторных исследований составило менее 5%.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований доложены и обсуждены на научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в печати в 11 научных работах, из них 3 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.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 143 наименований, приложений, изложена на 110 страницах, включает 47 рисунков и 8 таблиц.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Производство картофеля в Российской Федерации

Картофелеводство России в 2022 году характеризуется расширением площадей выращивания картофеля (Рисунок 1.1), чему способствовал высокий уровень цен в предыдущие два сезона.

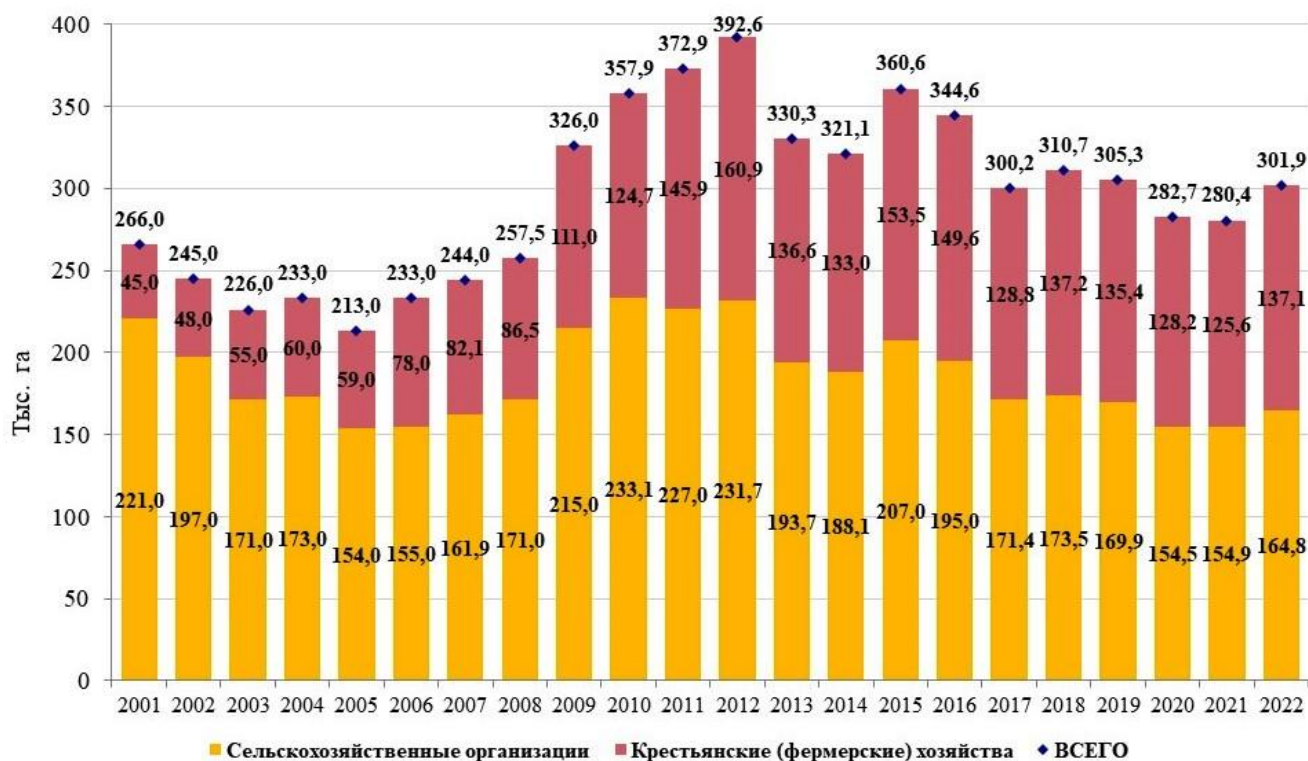


Рисунок 1.1 – Посевные площади картофеля в России, тыс. га

В 2022 году площади выращивания картофеля в промышленном секторе картофелеводства составляли 301,9 тыс. га. По сравнению с 2021 годом произошло их увеличение на 21,5 тыс. га [61].

«Регион с наибольшим количеством площадей картофеля промышленного выращивания в 2022 году, как и ранее – Брянская область. Размеры площадей в регионе составили 29,8 тыс. га (9,9% в промышленных площадях картофеля по РФ). В десятку лидеров входят также Тульская область (21,9 тыс. га, 7,2%), Нижегородская область (15,5 тыс. га, 5,1%), Свердловская область (13,9 тыс. га, 4,6%), Московская область (13,6 тыс. га, 4,5%), Астраханская область (11,7 тыс.

га, 3,9%), Кемеровская область (8,7 тыс. га, 2,9%), Тюменская область (8,1 тыс. га, 2,7%), Тверская область (7,6 тыс. га, 2,5%), Ростовская область (6,4 тыс. га, 2,1%). Посевные площади картофеля в других регионах составили 164,6 тыс. га (54,5% от общих размеров площадей)» (Рисунок 1.2) [61].

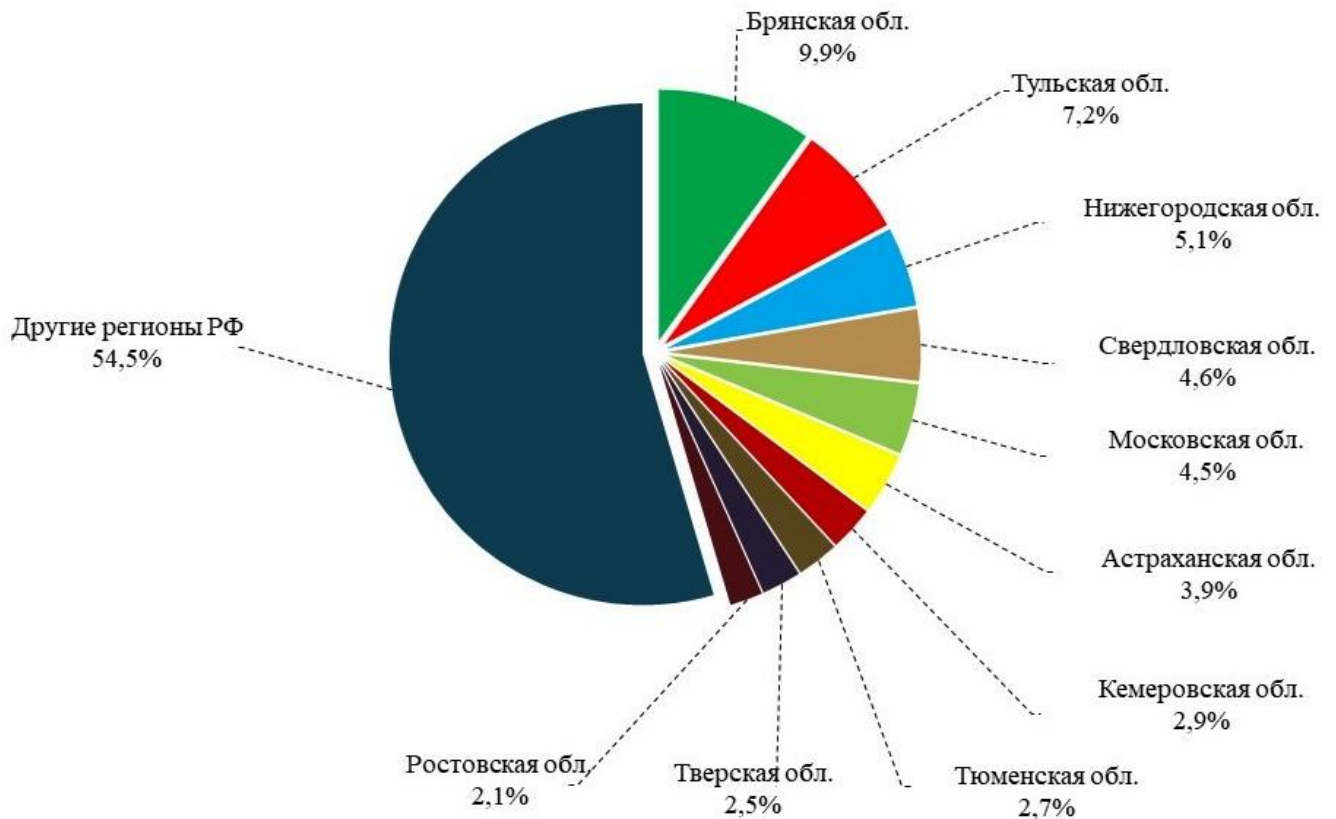


Рисунок 1.2 – Доля ТОП-10 регионов России в посевных площадях картофеля промышленного выращивания в 2022 году, % (по данным [61])

По итогам 2022 года промышленные сборы картофеля в России находятся на отметке в 7 250 тыс. т. В 2021 году этот показатель составлял 6 612,5 тыс. т [61].

Как и ранее, основная доля картофеля выращивается в ЛПХ населения. Однако в последние годы наблюдается снижение их удельного веса в общем объеме производства. В свою очередь СХО, КФХ и ИП наращивают объемы производства (Рисунок 1.3) [109].

В перспективе прогнозируется значительное увеличение производства в сельскохозяйственных организациях. Достигаться это будет за счет увеличения посевных площадей и повышения урожайности культуры. Доминирующие

объемы картофеля, произведенного в ЛПХ, обеспечивают около половины населения. В среднем на их долю приходится 49%, на втором месте СХО – 31%, оставшиеся 20% – КФХ и ИП [61].

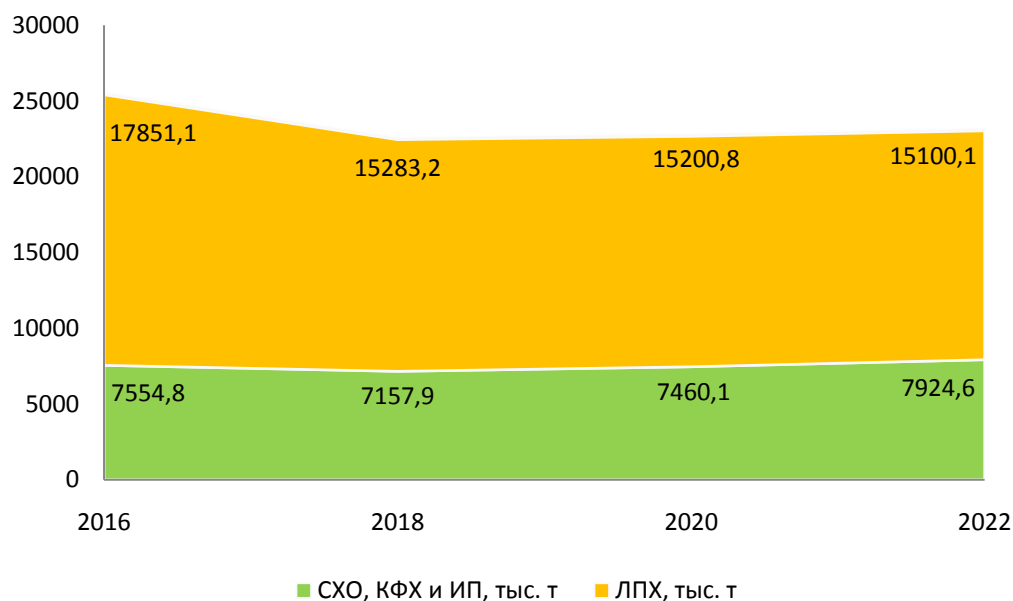


Рисунок 1.3 – Объем производства картофеля в СХО, КФХ, ИП и ЛПХ

Благоприятные погодные условия способствуют повышению урожайности. Так, начиная с 2014 года, наблюдается ее рост в сельскохозяйственных организациях до рекордных 240 ц/га (в 2022 году). Урожайность картофеля в ЛПХ ниже в среднем на 20% (Рисунок 1.4) [61].

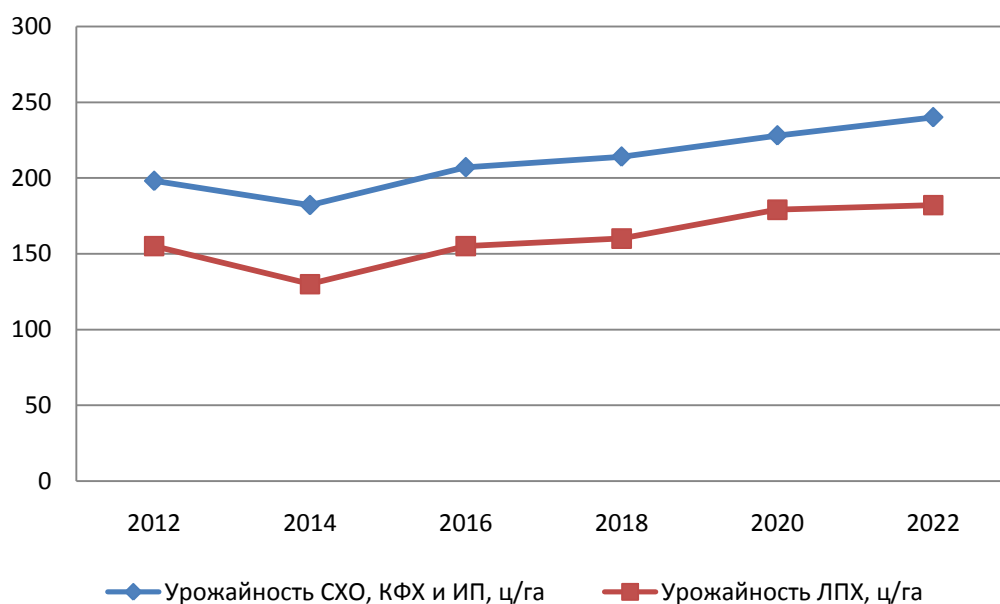


Рисунок 1.4 – Урожайность картофеля СХО, КФХ, ИП и ЛПХ, ц/га

В 2022 году в Рязанской области под картофель было выделено более 16,5 тыс. га. Валовый сбор составил 240,6 тыс. тонн, а урожайность 145,9 ц/га [61].

«Выращивание картофеля в любых почвенно-климатических условиях становится высокорентабельным только при правильном выборе и применении технологии возделывания. Эффективность возделывания картофеля определяют три основных фактора: урожайность культуры, качество продукции - выход товарной фракции и затраты на производство» [42, 74].

Сегодня в Российской Федерации картофель выращивают с применением одной из трех технологий: Заворовской (70 см), Грядово-ленточной (110 + 30 см), Голландской (75 см). Всем им присущи свои особенности [1, 4, 5, 8, 14, 23, 34, 90, 91, 104, 126, 130].

Выращивание картофеля по Заворовской технологии начинается с нарезки гребней с целью прогрева почвы до необходимой температуры. Нарезку гребней производят при оптимальной влажности почвы. Одновременно с нарезкой гребней вносят основную дозу минеральных удобрений. Для облегчения уборки картофеля комбайнами, семенные клубни при посадке располагают в верхней части нарезанного гребня (Рисунок 1.5).

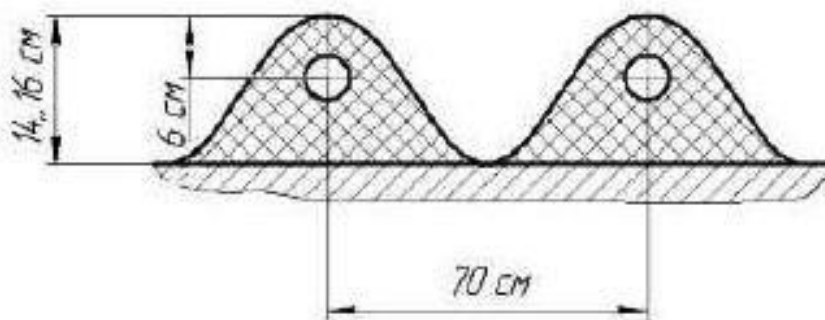


Рисунок 1.5 – Посадка картофеля по Заворовской технологии

С сорняками начинают бороться еще до появления всходов, применяя машины для междурядной обработки.

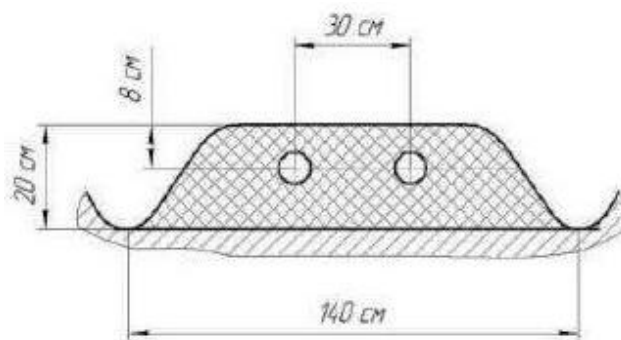
Данная технология выращивания картофеля имеет существенный недостаток: значительное уплотнение почвы в междурядьях, из-за многократных проходов тракторов при междурядных обработках. Наблюдается образование

почвенных комков, что снижает чистоту клубней в бункере комбайна во время уборки.

Выращивание картофеля по Грядово-ленточной технологии, аналогично Заворовской, начинают с нарезки объемной гряды (Рисунок 1.6). Данная технология является универсальной, т.к. может использоваться и в засушливых и в переувлажненных районах. Объемная гряда накапливает влагу, а в случае ее избытка, происходит отвод воды в междурядья.



а)



б)

а – общий вид объемных гряд; б – схема посадки

Рисунок 1.6 – Посадка картофеля по Грядово-ленточной технологии

Способность объемной гряды регулировать влагообеспечение клубней позволяет получать в среднем на 20% больше урожая по сравнению с применением Заворовской технологии в условиях засухи или переувлажнения.

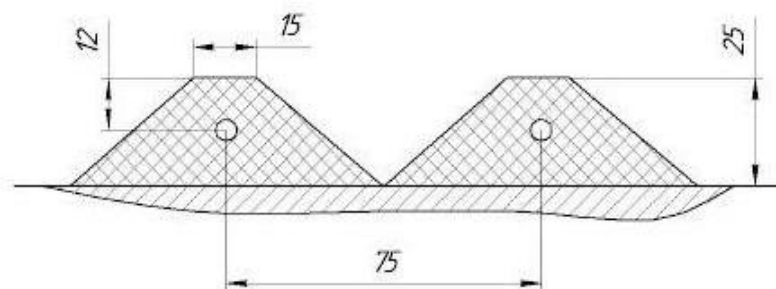
Снижение количества почвенных комков за счет снижения числа междурядий благоприятно сказывается на чистоте клубней в бункере комбайна. Подкопанный клубненосный пласт объемной гряды содержит в среднем на 35% меньше почвы, соответственно прутковый элеватор выделит из него клубни с меньшими затратами энергии и повреждениями урожая.

К недостатку данной технологии можно отнести применение специализированных машин для уборки. Применяемые в хозяйствах картофелеуборочные машины не способны качественно произвести подкоп объемной гряды, требуется модернизация их подкапывающих рабочих органов.

Выращивание картофеля по Голландской технологии начинается с фрезерования суглинистых почв на глубину до 14 см [134]. Далее одновременно с посадкой клубней на глубину в среднем 6 см вносят небольшую дозу минеральных удобрений [121]. Ориентировочно через 7 дней, еще до появления всходов формируют объемные (высотой до 25 см) трапециевидальные гребни (Рисунок 1.7). Это позволяет сохранить влагу в почве и снизить вероятность повреждения ростков.



а)



б)

а – формирование гребней; б – схема посадки

Рисунок 1.7 – Посадка картофеля по Голландской технологии

С сорняками борются гербицидами. Первое опрыскивание широкозахватными машинами проводят еще до появления всходов, остальные по всходам.

Применение Голландской технологии для выращивания картофеля наиболее предпочтительно, т.к. достаточно качественная, предшествующая посадке картофеля, обработка почвы создает благоприятные условия для развития культуры, и, как следствие, повышает ее урожайность. Вместе с этим рыхлая структура почвы позволяет применять для уборки абсолютно любые картофелеуборочные машины [121, 133, 139].

Картофелеуборочные комбайны и копатели разрабатываются под определенные агротехнические требования:

«- подкапывающие рабочие органы комбайна должны быть хорошо приспособлены к микрорельефу поля и обеспечивать равномерную глубину хода при различных заглублениях. Отклонение глубины хода лемехов от установленного значения допускается не более ± 2 см;

- обеспечивать выкапывание клубней с глубины до 22 см при ширине клубневых гнезд 40 см;

- извлекать на поверхность поля не менее 95% урожая клубней;

- допускаются повреждения не более 3% клубней по массе;

- комбайн должен собирать в бункер не менее 97% урожая картофеля;

- потери всех видов не должны превышать 3%;

- чистота картофеля в таре должна быть не менее 80%;

- при работе комбайна на легких, средних и засоренных камнями почвах повреждения клубней не должны превышать 10%, а на переувлажненных тяжелых почвах до 5%» [47, 77].

Однако соблюсти их не всегда представляется возможным. Поэтому, достаточно часто, фактическая (полученная) урожайность культуры значительно отличается от биологической. Сократить разницу возможно лишь при строгом соблюдении агротехнических требований на уборку, что, в связи с погодными условиями, не всегда представляется возможным [10].

В связи с этим встает вопрос о повышении эффективности рабочих органов картофелеуборочных машин, которые повышают показатели всей машины в целом в меняющихся условиях эксплуатации.

1.2. Свойства компонентов клубненосного пласта

Основные характеристики компонентов клубненосного пласта зависят от целого ряда условий (производственных, погодных, почвенно-климатических и др.). Данные условия формируют состав клубненосного пласта (соотношение его компонентов: почвы, клубней, растительных и других примесей). От состава клубненосного пласта зависит качество его разделения на сепарирующих рабочих органах картофелеуборочных машин и эффективность уборки в целом. Сепарация почвы прутковыми элеваторами зависит от ее механического состава, влажности и количества и размеров почвенных комков [12, 15, 29, 41, 42, 58, 63, 64].

Наибольшее влияние на процесс сепарации почвы оказывает ее влажность и механический состав. Профессор Г.Д. Петров наглядно представил данную зависимость на диаграмме [77] (Рисунок 1.8).

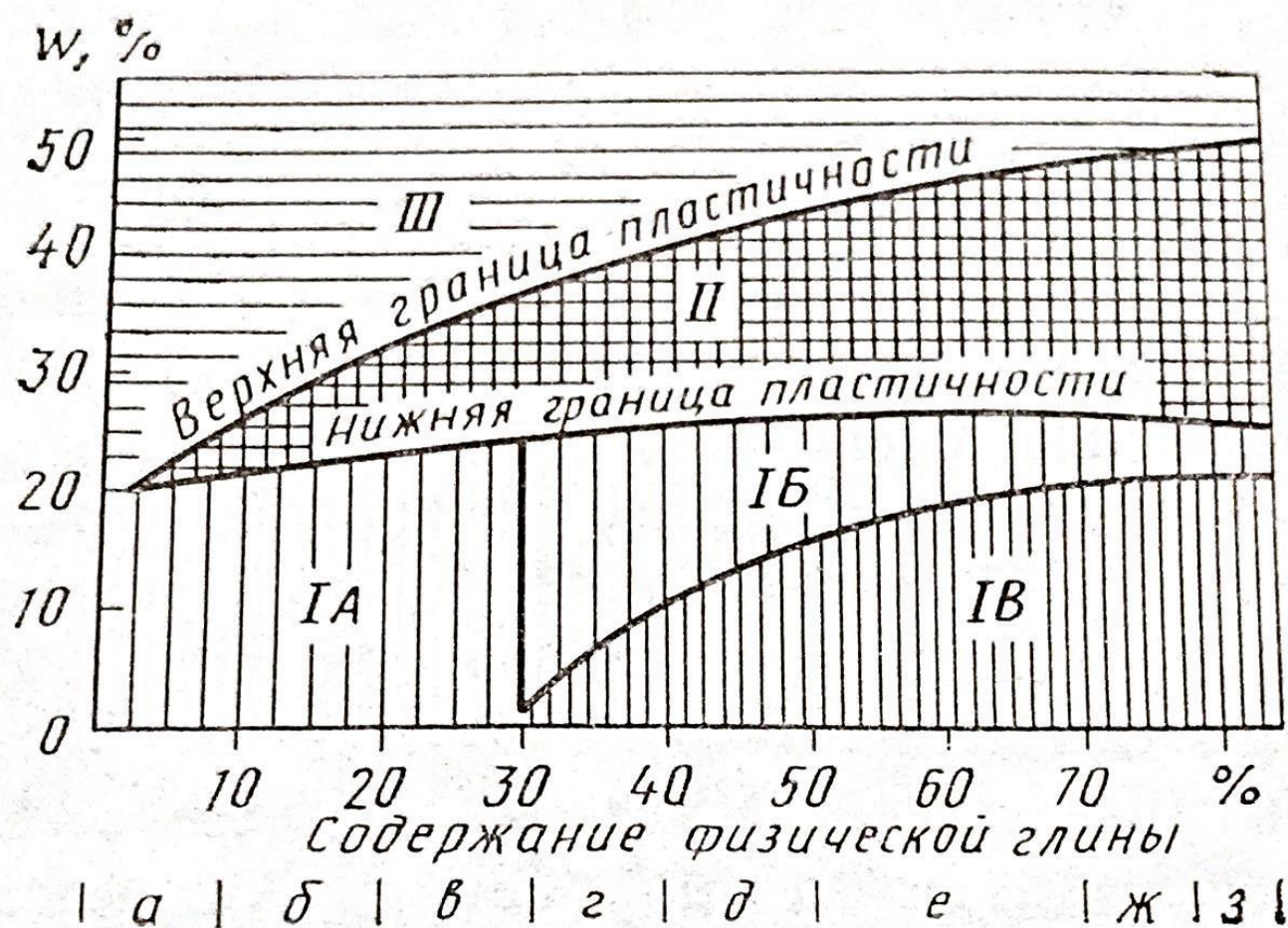


Рисунок 1.8 – Диаграмма состояния почвы

Данная диаграмма получена на основе опытных данных и дает представление о способности почвы соответствующего механического состава и влажности к сепарации.

В работах А.А. Сорокина отмечено, что при определенной влажности почва может находиться в различных консистенциях. Каждой из них присущи определенные свойства, влияющие на полноту сепарации [86] (Рисунок 1.9).

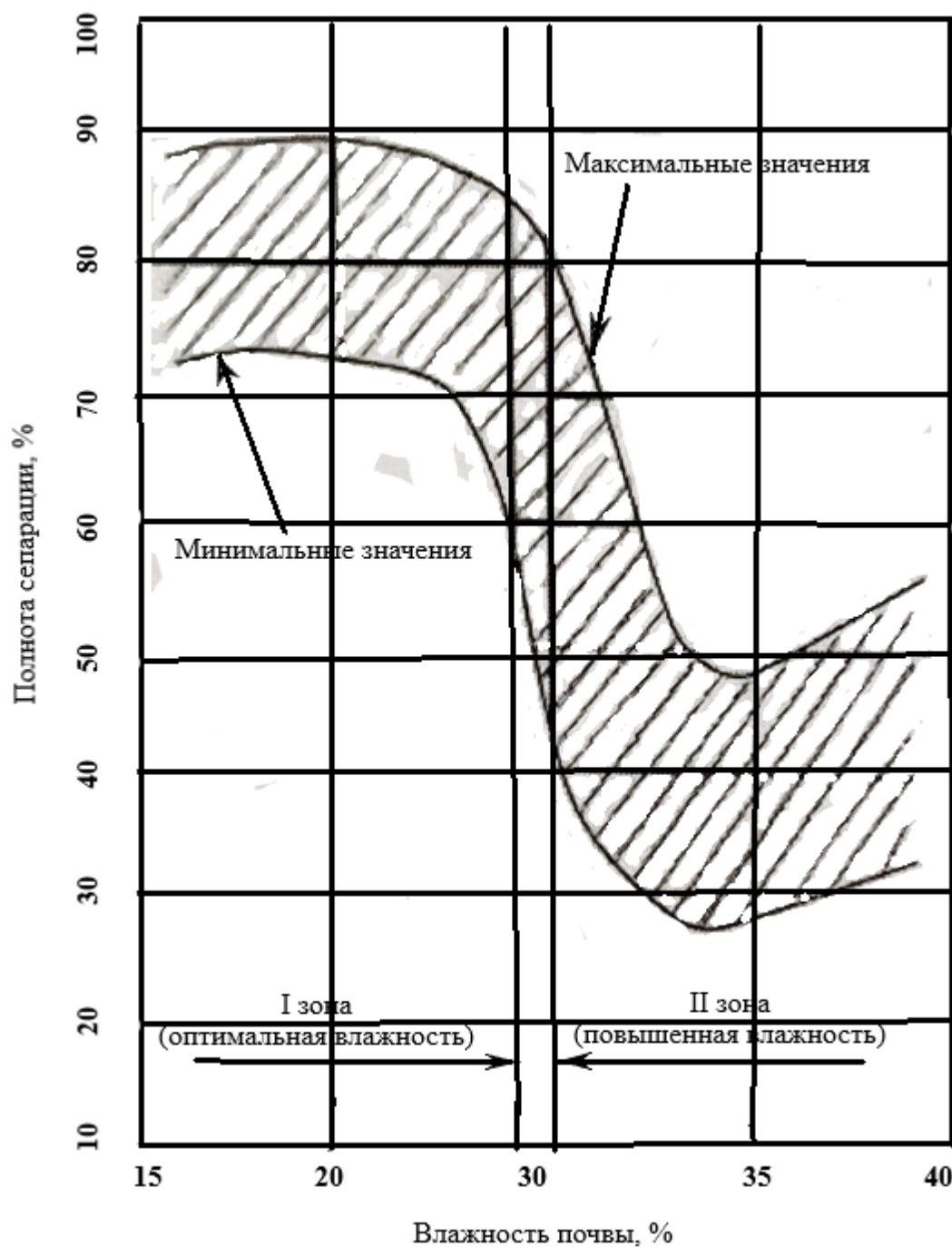


Рисунок 1.9 – Зависимость полноты сепарации почвы от ее влажности [86]

Почвенные комки образуются в результате сближения структурных агрегатов почвы при многократных междурядных обработках. Для эффективного разрушения почвенных комков необходимо выбрать наиболее подходящий способ воздействия на них. Проведя ряд исследований по разрыву, сжатию, сдвигу и изгибу клубненосного пласта различной влажности, Я.М. Жук и В.Ф. Рубин получили значения его временного сопротивления, зависящего от вида деформации. Для деформации сжатия необходимо приложить наибольшее усилие, для деформации разрыва – наоборот.

При работе картофелеуборочных машин происходит взаимодействие клубней с рабочими органами (наблюдается от 20 до 50 взаимодействий), что приводит к их повреждению [95, 119]. С.А. Каспарова установила, что повреждения клубней в первую очередь зависят от их массы (наименьшие повреждения наблюдаются у клубней массой 50-80 г.). Также на повреждения клубней влияет температура окружающей среды, сроки уборки и даже форма клубня [84, 141].

С.К. Головицын, проведя ряд исследований с клубнями картофеля сорта «Лорх» установил, что направление прилагаемой к клубню нагрузки определяет величину усилия для его раздавливания. Нагрузка, приложенная к клубню картофеля по его длине, нарушит его целостность при значении 720-817 Н, приложенная к клубню картофеля по его ширине – 780-827 Н, приложенная к клубню картофеля по его толщине – 853-895 Н [42].

Дополнительное воздействие различных интенсификаторов на клубненосный пласт повышает качество сепарации почвы, но увеличивает повреждения клубней [28, 46, 52, 54, 56, 86, 97, 110, 128, 140].

Н.И. Верещагин и А.И. Малько установили зависимость повреждений клубней от толщины почвенной прослойки. С увеличением чистоты клубней (с уменьшением количества почвенных примесей) в бункере картофелеуборочного комбайна значительно возрастают повреждения клубней.

В.С. Митрофанов, Д.В. Тарасов и Г.Ф. Плешаков в своих исследованиях отмечали, что для снижения повреждений клубней поверхность рабочих органов

картофелеуборочных машин следует покрывать неметаллическими материалами (например, резиной).

«Поврежденный картофель, имеющий ушибы мякоти за период хранения теряет сухого вещества – до 5%» [42].

«Поврежденные клубни при хранении увеличивают интенсивность дыхания на 10%, а тепловыделение – на 40%» [93].

Поэтому, для сохранения полученного урожая следует сводить к минимуму повреждения клубней во время уборки [32, 44, 53, 127, 135, 136]. Это достигается в основном за счет применения новых материалов при конструировании новых рабочих органов картофелеуборочных машин [22, 30, 55, 66, 82, 85, 117, 132].

1.3. Обзор машин для уборки картофеля

В настоящее время на полях Рязанской области можно встретить различные картофелеуборочные комбайны как отечественного, так и зарубежного производства.

Картофелеуборочный комбайн Grimme DR 1500 (Рисунок 1.10) – это машина с оригинальной конструкцией. Каждый картофелевод, применяющий данную машину, получает на выходе чистый и качественный продукт.



Рисунок 1.10 – Картофелеуборочный комбайн Grimme DR 1500

Данная модель входит в число наиболее популярных в своем классе на мировом рынке. Комбайн может похвастаться своей надежностью и достаточно высоким показателем производительности. Машина эффективно применяется на любых типах почв.

Картофелеуборочный комбайн AVR 220 BK Variant (Рисунок 1.11) даже в сложных погодных условиях позволяет проводить уборку выращенного урожая. Машина сочетает в себе достаточно простую и в тоже время надежную конструкцию. Конструкция всех рабочих органов гарантирует воздействие на клубни с минимальными повреждениями.



Рисунок 1.11 – Картофелеуборочный комбайн AVR 220 BK Variant

Картофелеуборочный комбайн ПКК-2-05 «ПАЛЕССЕ РТ25» (Рисунок 1.12) позволяет проводить уборочные работы в оптимальные сроки. Достаточно высокая производительность машины делает ее востребованной в крупных картофелеводческих хозяйствах.

Комбайн эффективно применяется для уборки картофеля на легких и средних почвах на междурядьях 70, 75 и 90 см.

Все, кто хоть раз применял данную машину для уборки картофеля, отмечают снижение себестоимости и повреждений получаемого урожая.



Рисунок 1.12 – Картофелеуборочный комбайн ПКК-2-05 «ПАЛЕССЕ РТ25»

Картофелеуборочный комбайн ККР-2 (Рисунок 1.13) предназначен для уборки картофеля на легких и средних почвах на междурядьях 70 или 75 см. Машина имеет платформу для визуального контроля качества уборки и приемный бункер для сбора клубней картофеля.



Рисунок 1.13 – Картофелеуборочный комбайн ККР-2

Картофелеуборочный комбайн Grimme EVO 290 AirSep (Рисунок 1.14) – первый в мире комбайн с уникальным сепарирующим устройством, которое потоком воздуха отделяет примеси от клубней. Комбайн оснащен бункером на 9 тонн, что значительно повышает производительность на длинных полях.



Рисунок 1.14 – Картофелеуборочный комбайн Grimme EVO 290 AirSep

Ввиду невысокой стоимости производства и способности убирать картофель на любых почвах, лидирующее место по числу выпущенных единиц среди всего многообразия картофелеуборочных машин принадлежит картофелекопателям просеивающего типа [4, 6, 7, 17, 21, 24, 31, 49, 51, 106, 107].

Исходя из этого, в дальнейшем, в качестве объекта для модернизации будет принят именно картофелекопатель.

Сегодня на рынке картофелеуборочных машин можно встретить картофелекопатели следующих производителей (Рисунки 1.15-1.17):

- картофелекопатель WH 200 (GRIMME, Германия);
- картофелекопатели WM 1450 VR, WM 1700 VR, WM 2100 VR (WM-Kartoffeltechnik, Германия);
- картофелекопатели WEGA 1400 UNO, WEGA 1600 DUO, WEGA 1600 PLUS (UNIA, Польша).

Представленный обзор картофелекопателей способен удовлетворить потребности любого картофелевода в полной мере при наличии финансовой возможности.



Рисунок 1.15 – Картофелекопатель WH 200



Рисунок 1.16 – Картофелекопатель WM 1450 VR



Рисунок 1.17 – Картофелекопатель WEGA 1400 UNO

Однако, в крестьянских (фермерских) хозяйствах (КФХ) и личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) Рязанской области чаще всего для уборки картофеля применяют картофелекопатели КТН-2В (Рисунок 1.18) и КСТ-1,4 (Рисунок 1.19). Представленные машины достаточно хорошо обеспечивают выполнение агротехнических требований в нормальных условиях эксплуатации [6, 7, 52, 79, 100, 103, 120].



Рисунок 1.18 – Картофелекопатель КТН-2В



Рисунок 1.19 – Картофелекопатель КСТ-1,4

Технологический процесс работы представленных копателей следующий.

«При движении уборочного агрегата по полю лемеха подкапывают пласт почвы с двух смежных рядков и передают его на скоростной элеватор, полотно которого движется со скоростью больше поступательной скорости пласта. Вследствие этого пласт растаскивается и интенсивно измельчается, что облегчает выделение из него клубней. Переходя со скоростного на основной, а затем на каскадный элеваторы, установленные один за другим с перепадом высот, пласт падает, встряхивается и дополнительно размельчается. Мелкие комки почвы просеиваются между прутками, а клубни, ботва и неразрушенные комки сходят с каскадного элеватора в валок. Для уменьшения повреждений клубней прутки каскадного элеватора покрыты резиной» [126].

При работе представленных уборочных машин в условиях, отличных от нормальных (тяжелые суглинистые почвы повышенной влажности), клубненосный пласт начинает сгуживаться на лемехах, что, в свою очередь, приводит к снижению качества выделения клубней из почвы, а также растягивает сроки уборки [16, 96].

В связи с этим, целесообразно провести модернизацию сепарирующих рабочих органов представленных уборочных машин.

1.4. Обзор интенсификаторов сепарации пруткового элеватора

Практически всю работу по разделению клубненосного пласта на компоненты в картофелеуборочных машинах выполняют прутковые элеваторы. Они выделяют из подкопанного лемехами пласта клубни (около 2...4% от общего объема пласта) [2, 3, 4, 11, 17, 36, 45, 60, 62, 73, 99, 118, 125].

Наиболее распространенными являются прутковые элеваторы на гладких гибких тяговых ремнях, которые в настоящее время заменяются зубчатыми. Данные элеваторы приводятся в движение зубчатыми барабанами.

Любой прутковый элеватор достаточно качественно просеивает почву в оптимальных условиях работы. Однако, в случае их отклонения от оптимальных в ту или иную сторону, показатели работы резко снижаются [9, 13, 75, 76, 78, 81,

108, 112, 126]. Для поднятия качественных показателей работы элеватора до нормативных значений применяют различные интенсификаторы [2, 3, 6, 7, 37, 53, 56, 62, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 80, 101, 111].

На сегодняшний день известно достаточно большое количество устройств, помогающих прутковому элеватору разделять клубненосный пласт на компоненты в тяжелых условиях (Рисунок 1.20).

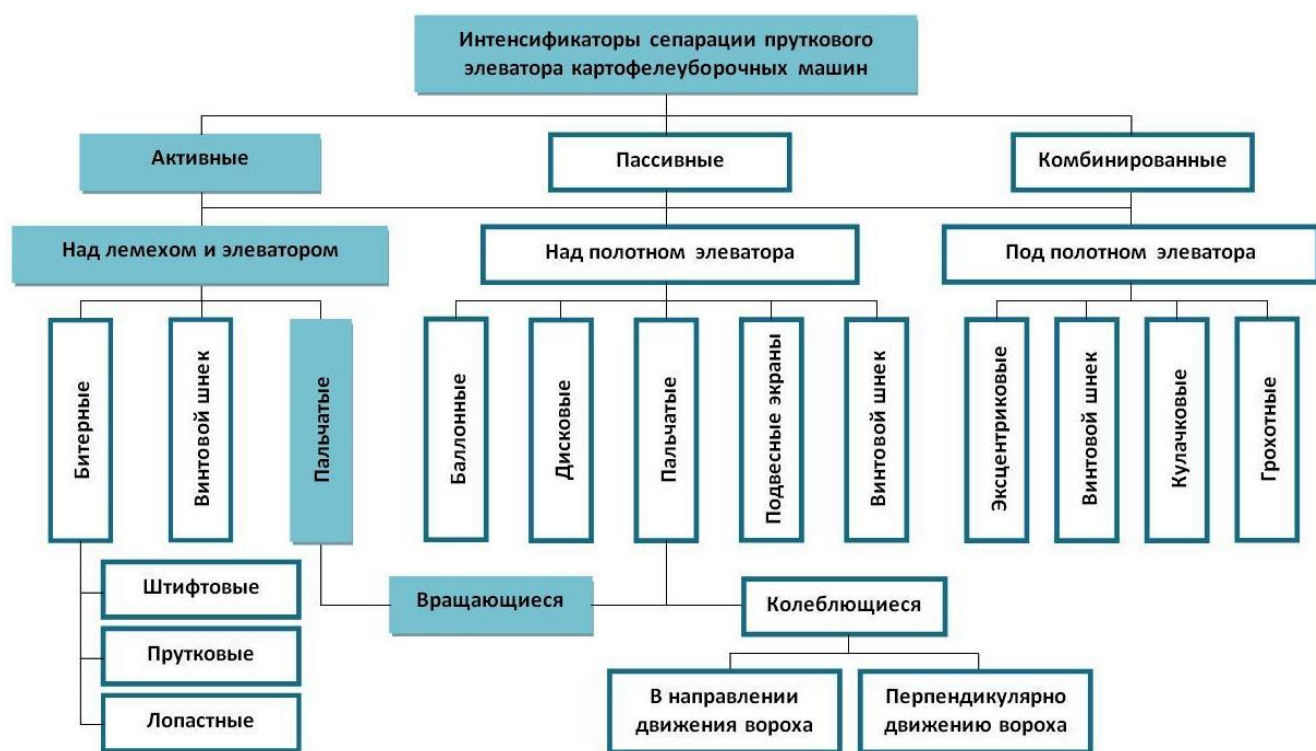


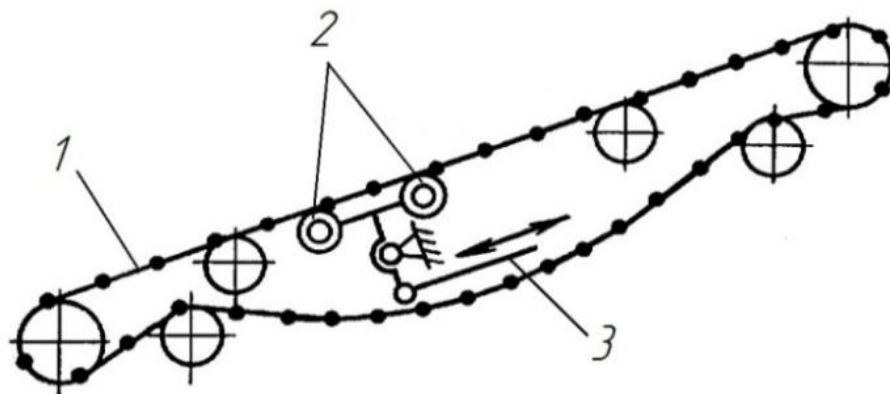
Рисунок 1.20 – Интенсификаторы сепарации пруткового элеватора

При модернизации серийных картофелеуборочных машин, данные устройства устанавливают [45, 46, 49, 50, 138]:

- над полотном пруткового элеватора;
- под полотном пруткового элеватора;
- над лемехом и элеватором.

Наиболее часто в конструкции пруткового элеватора применяют такой вид интенсификаторов, как роликовые встряхиватели (Рисунок 1.21). Ввиду простоты конструкции и достаточно низкой стоимости они нашли широкое применение в конструкции существующих картофелеуборочных машин. Кулачковые

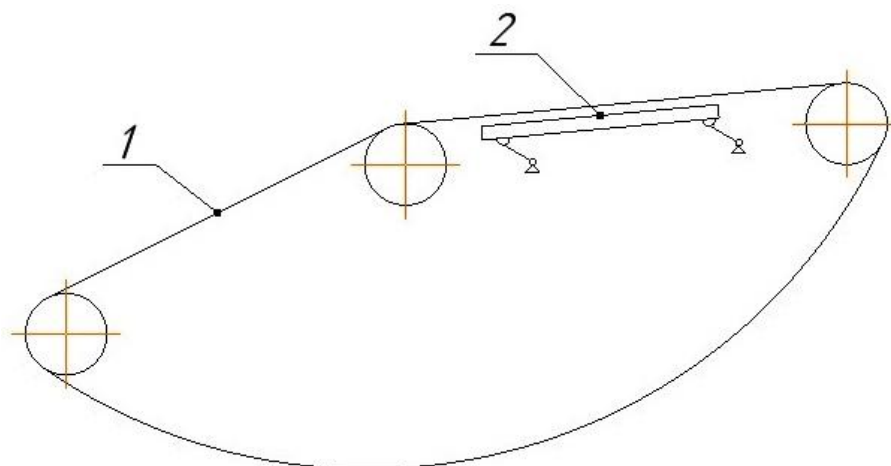
встряхиватели создают колебания полотна пруткового элеватора, которые достаточно эффективно разрушают почвенные комки. Однако с увеличением частоты и амплитуды колебаний полотна, возрастают повреждения клубней.



1 – полотно пруткового элеватора; 2 – ролики (кулачки); 3 – шатун

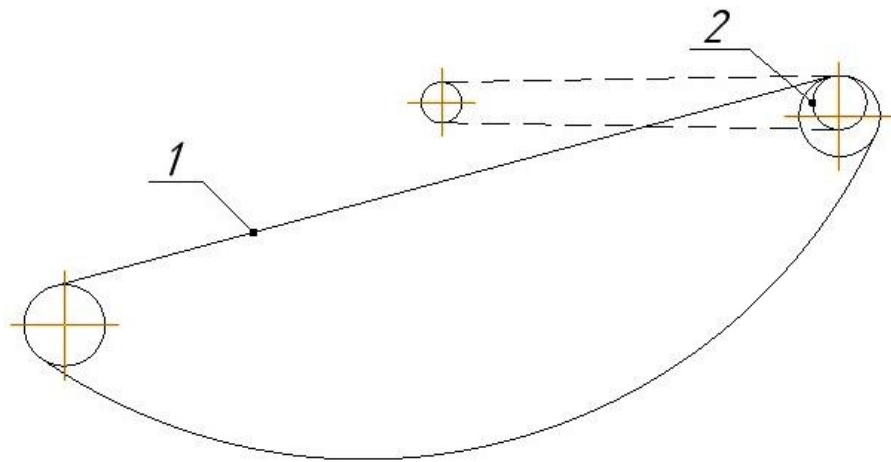
Рисунок 1.21 – Роликовый встряхиватель

Грохотные встряхиватели (Рисунок 1.22) и эксцентриковые звездочки для привода полотна пруткового элеватора (Рисунок 1.23) применяются с целью его подбрасывания и придания ему кратковременного ускорения. Все это в комплексе повышает качество разделения клубненосного пласта на компоненты, однако, ввиду значительных нагрузок повышаются повреждения клубней, и не редко наблюдается разрыв полотна пруткового элеватора.



1 – полотно пруткового элеватора; 2 – грохот

Рисунок 1.22 – Грохотный встряхиватель



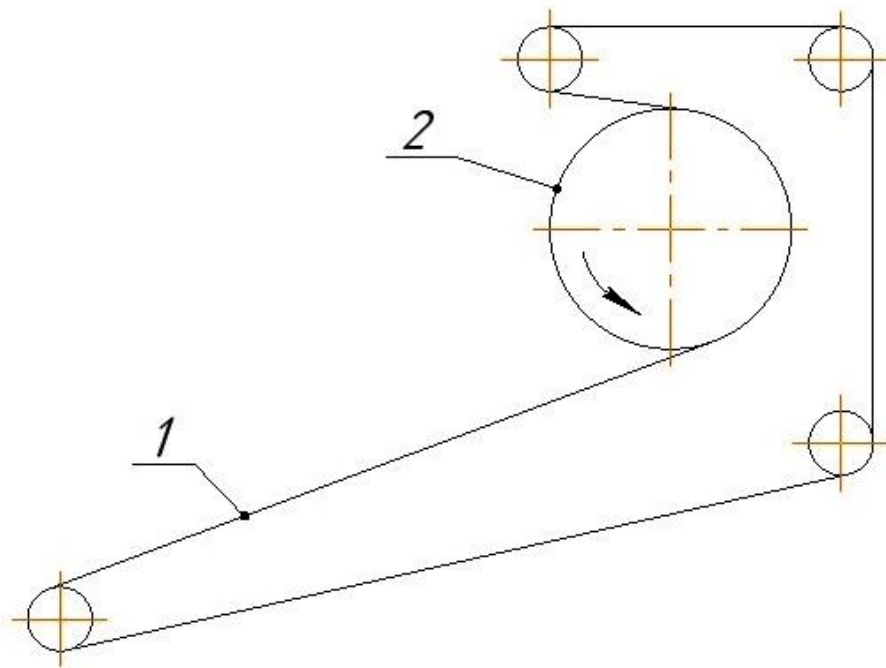
1 – полотно пруткового элеватора; 2 – эксцентриковая звездочка

Рисунок 1.23 – Эксцентиковый встряхиватель

Анализ результатов исследований показал, что интенсивность встряхивания полотна пруткового элеватора зависит от количества почвы в подкопанном клубненосном пласте и способности ее сепарироваться. Интенсивность встряхивания следует увеличивать пропорционально толщине почвенного слоя на полотне пруткового элеватора, который предохраняет клубни от повреждений. При незначительной толщине почвенного слоя данные виды интенсификаторов следует исключать из работы.

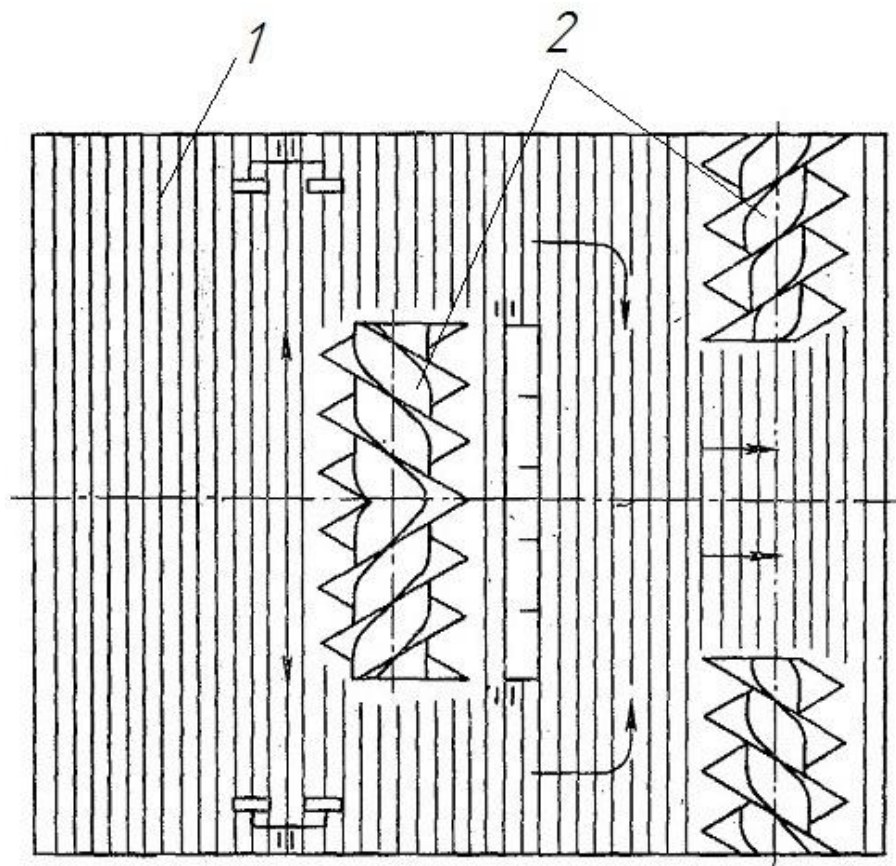
Эластичный баллон, установленный над полотном пруткового элеватора (Рисунок 1.24), достаточно эффективно разрушает почвенные комки, но при работе картофелеуборочной машины на почвах повышенной влажности, происходит залипание просветов между прутками элеватора почвой, что сводит к минимуму его сепарирующую способность.

Винтовой шнек, установленный над полотном пруткового элеватора (Рисунок 1.25), аналогично эластичному баллону эффективно разрушает почвенные комки, дополнительно к этому перераспределяет поступающий клубненосный пласт по ширине пруткового элеватора, тем самым повышая интенсивность сепарации. Часто наблюдается защемление клубней между лопастью шнека и прутками элеватора, что приводит к значительным их повреждениям.



1 – полотно пруткового элеватора; 2 – эластичный баллон

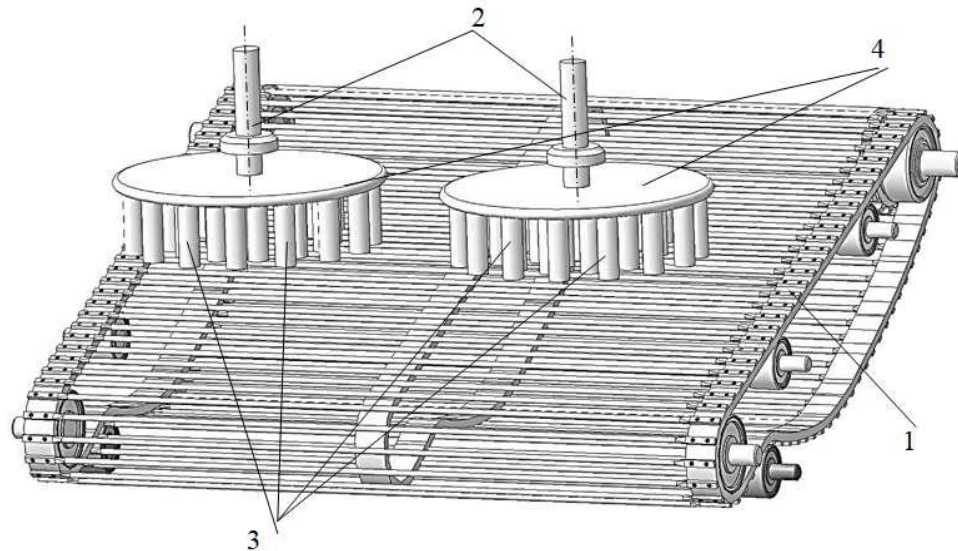
Рисунок 1.24 – Баллонный интенсификатор



1 – полотно пруткового элеватора; 2 – винтовой шнек

Рисунок 1.25 – Шнековый интенсификатор

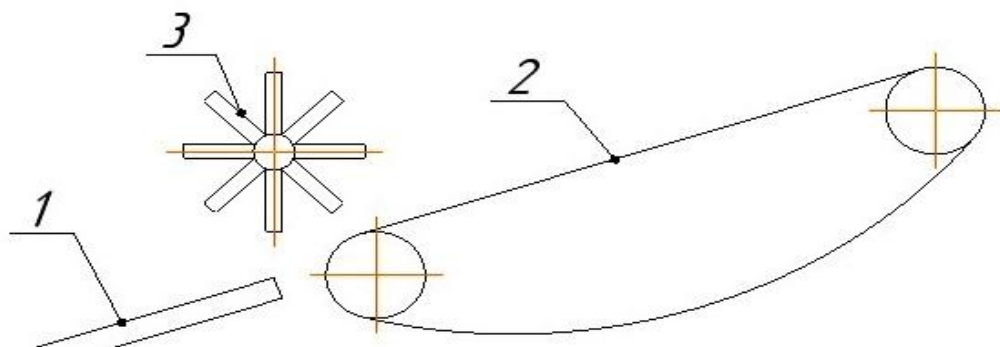
Интенсификатор в виде двух дисков с упругими пальцами, вращающимися навстречу друг другу и перпендикулярно движению, поступающего на прутковый элеватор, клубненосного пласта, достаточно эффективно его рыхлят (Рисунок 1.26). Но сгущение клубненосного пласта в центре полотна пруткового элеватора, приводит к снижению эффективности сепарации.



1 – полотно пруткового элеватора; 2 – приводной вал; 3 – упругий палец; 4 – диск

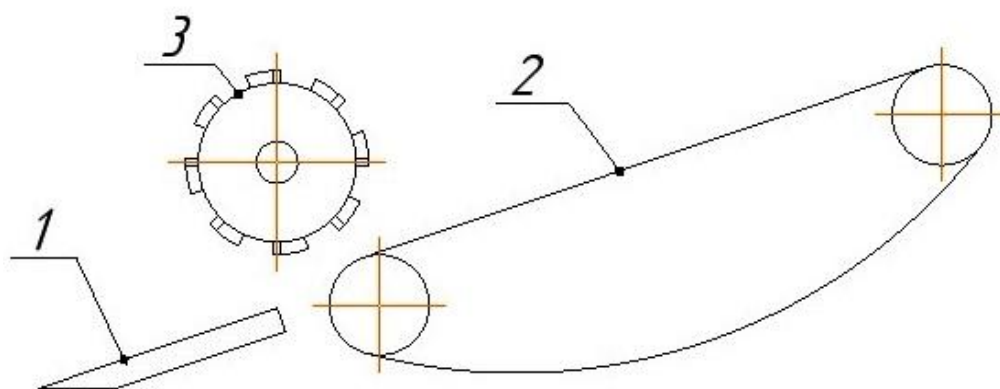
Рисунок 1.26 – Пальчатый интенсификатор

Интенсификаторы, отнесенные к последней группе (установленные над лемехом и элеватором), являются наиболее перспективными, т.к. они одновременно с разделением компонентов клубненосного пласта снижают вероятность его сгущивания на лемехах (Рисунки 1.27-1.29).



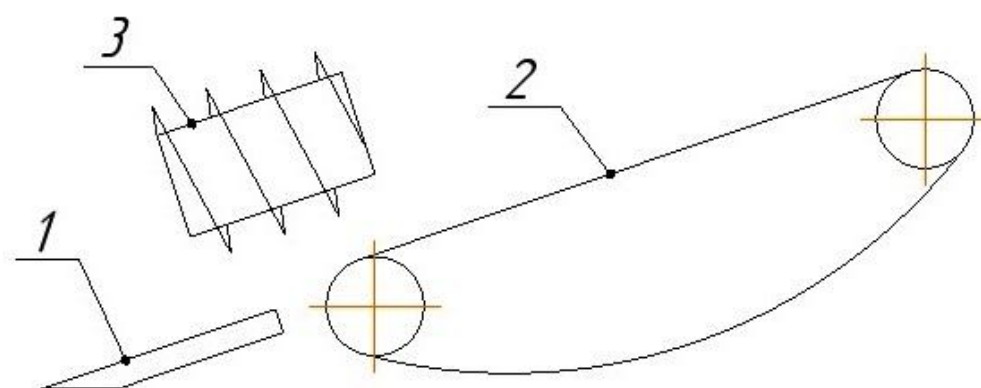
1 – лемех; 2 – полотно пруткового элеватора 3 – палец

Рисунок 1.27 – Пальчатый интенсификатор



1 – лемех; 2 – полотно пруткового элеватора 3 – лопастной барабан

Рисунок 1.28 – Лопастной интенсификатор



1 – лемех; 2 – полотно пруткового элеватора 3 – винтовой шнек

Рисунок 1.29 – Шнековый интенсификатор

1.5. Постановка задач исследований

Для достижения, поставленной в диссертационной работе, цели необходимо решить ряд задач:

1. Провести анализ устройств, повышающих производительность картофелеуборочных машин.
2. Теоретически обосновать параметры рыхлителя.
3. Исследовать влияние рыхлителя на производительность картофелекопателя.
4. Оценить экономический эффект применения картофелекопателя с рыхлителем.

Выводы по главе 1

1. Ввиду невысокой стоимости и способности убирать картофель на любых почвах, картофелекопатели просеивающего типа еще долгое время будут находиться на полях Рязанской области.
2. Любой прутковый элеватор достаточно качественно просеивает почву в оптимальных условиях работы. Однако, в случае их отклонения от оптимальных в ту или иную сторону, показатели работы снижаются.
3. Обзор устройств, помогающих прутковому элеватору разделять клубненосный пласт на компоненты в тяжелых условиях показал, что наиболее перспективными являются интенсификаторы, установленные над лемехами и элеватором.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Схема рыхлителя

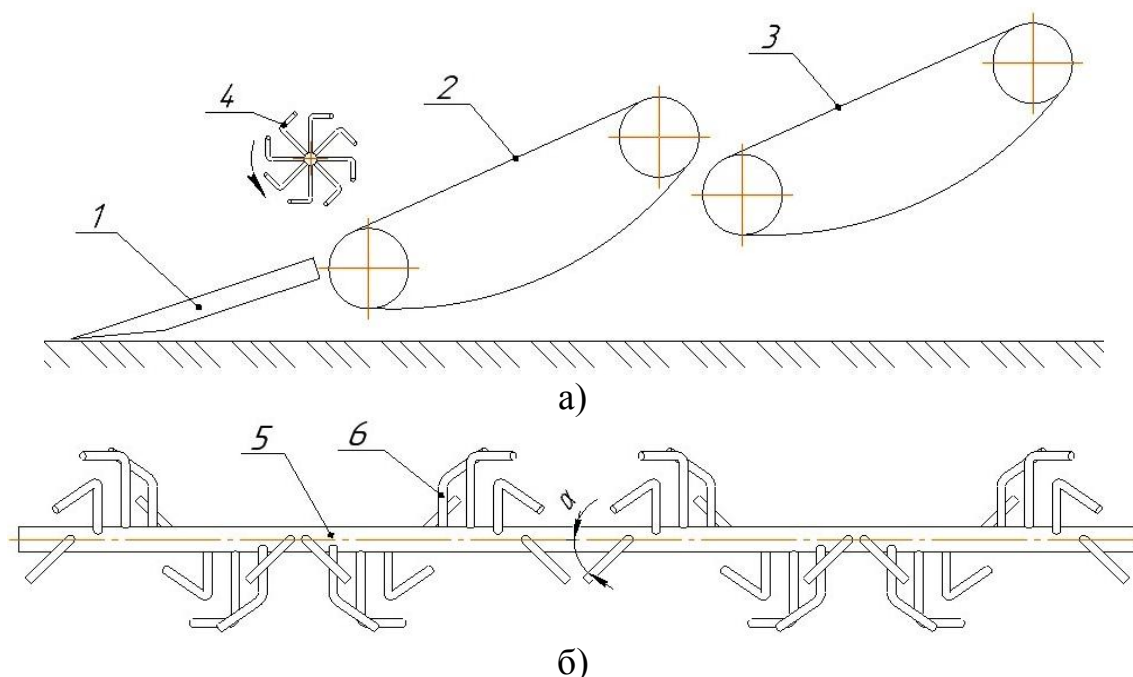
Анализ исследований Н.Н. Колчина, Г.Д. Петрова, А.А. Сорокина, М.Б. Угланова показал, что расположение клубненосного пласта по ширине пруткового элеватора носит неравномерный характер, поэтому после схода с пруткового элеватора ворох содержит значительное количество почвенных примесей [39, 40, 77, 86, 115]. При конструировании новых сепарирующих рабочих органов картофелеуборочных машин или совершенствовании существующих, на это нужно обращать внимание в первую очередь.

Проанализировав существующие конструкции устройств, помогающих прутковому элеватору более качественно разделять клубненосный пласт на компоненты, предлагается схема картофелекопателя с рыхлителем (Рисунок 2.1).

Рыхлитель устанавливается с зазором над лемехами и основным элеватором. Рыхлитель представляет собой цилиндрический приводной вал с обрезиненными пальцами Г-образной формы, вращающийся против вращения приводного вала полотна пруткового элеватора. Г-образные пальцы установлены на приводном валу по цилиндрическим винтовым линиям (правой и левой). Горизонтальная часть Г-образного пальца отогнута на угол α относительно оси вращения приводного вала (патент РФ №213875 (Приложение А)).

Принцип работы рыхлителя следующий. При движении картофелекопателя по междурядьям картофельных грядок лемехи подрезают клубненосный пласт, который перемещается на основной элеватор. При переходе клубненосного пласта с лемехов на основной элеватор, на него начинает воздействовать рыхлитель. Г-образные пальцы рыхлителя врезаются в клубненосный пласт, разрушают почвенную корку и почвенные комки. Горизонтальная часть Г-образного пальца, взаимодействуя с клубненосным пластом, перемещает его равномерным слоем по всей ширине пруткового элеватора, за счет сдвига верхней

части клубненоносного пласта в правую (левую) сторону. В виду того, что скорость вращения приводного вала представленного рыхлителя больше скорости вращения приводного вала пруткового элеватора, предполагается, что клубненоносный пласт не будет сгруживаться на лемехах.



а) – картофелекопатель (вид сбоку); б) – рыхлитель; 1 – лемех; 2 – основной элеватор; 3 – каскадный элеватор; 4 – рыхлитель; 5 – приводной вал рыхлителя; 6 – Г-образный палец рыхлителя; α – угол между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала

Рисунок 2.1 – Схема картофелекопателя (патент РФ №213875)

Показатели работы предложенного рыхлителя не должны выходить за рамки агротехнических требований. Для соблюдения этого условия необходимо определить его параметры [38, 43, 48, 57, 94, 126, 142].

До начала теоретических исследований принимаем ряд допущений:

- постоянная скорость уборочного агрегата;
- постоянная скорость вращения приводного вала рыхлителя;
- однородная структура подкопанного клубненоносного пласта;
- соударение картофельных клубней с Г-образными пальцами рыхлителя происходит со скоростью менее 3 м/с.

2.2. Обоснование параметров рыхлителя

При работе предложенного рыхлителя происходит соударение клубней картофеля с его Г-образными пальцами [54].

В соответствии с общей теорией удара, удар клубней картофеля о Г-образный палец рыхлителя представляет собой совокупность явлений, возникающих при их взаимодействии (столкновении). Данное взаимодействие происходит в течение достаточно малого промежутка времени (от 10^{-6} до 10^{-4} секунды), в то время как ударные силы, возникающие в местах контакта огромны. При этом средние значения величины давления в местах контакта составляют $10^3 \dots 10^4$ МПа [54, 83].

За время удара произойдет изменение величины и направления скорости соударяемого клубня картофеля с Г-образным пальцем рыхлителя. В случае соударения со скоростью, даже незначительно превышающей критическую, будет наблюдаться разрушение клубня в месте удара [54, 83].

Изменение величины и направления скорости клубня за время удара определяется по методике, изложенной в общей теории удара. Согласно данной теории нет необходимости определять величину ударной силы, а целесообразней рассчитать такой параметр, как ударный импульс [54, 83]:

$$\vec{S} = \int_{t_0}^{t_0+\tau} \vec{P} dt = \overline{\vec{P}}_{cp} \tau \quad (2.1)$$

Как было сказано выше, удар происходит в течение достаточно малого промежутка времени τ , поэтому импульсы всех неударных сил из расчетов исключаем [54, 83].

Процесс соударения двух тел состоит из двух этапов. Первый этап начинается в момент соприкосновения точек А и В тел (Рисунок 2.2), скорость движения которых становится равной $V_{An} - V_{Bn}$, где V_{An} и V_{Bn} – проекции скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ на общую нормаль $\vec{n}$ к поверхностям тел в точках А и В, называемой линией удара [54, 83].

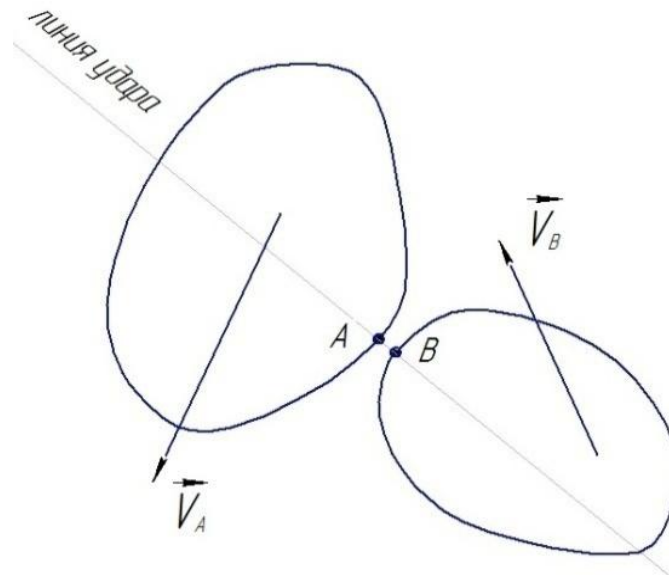


Рисунок 2.2 – Процесс соударения двух тел

Первый этап заканчивается в момент завершения деформации тел, причем часть их кинетической энергии переходит в потенциальную энергию деформации [54, 83].

Далее наблюдается обратный переход одного вида энергии в другой, что дает начало второму этапу и тела начинают расходиться. По завершении данного этапа точки А и В тел движутся со скоростью $V'_{An} - V'_{Bn}$ [54, 83].

В конце второго этапа соударения двух абсолютно упругих тел наблюдается полное восстановление механической энергии [54, 83]:

$$|V'_{An} - V'_{Bn}| = V_{An} - V_{Bn} \quad (2.2)$$

А при соударении абсолютно неупругих тел процесс завершается на первом этапе [54, 83]:

$$V'_{An} - V'_{Bn} = 0 \quad (2.3)$$

При соударении клубня картофеля с Г-образным пальцем рыхлителя наблюдается неполное восстановление механической энергии, т.к. ее часть расходуется на образование остаточных деформаций. Определить ее величину помогает коэффициент восстановления k [54, 83]:

$$k = \frac{|V'_{An} - V'_{Bn}|}{|V_{An} - V_{Bn}|} = -\frac{(V'_{An} - V'_{Bn})}{V_{An} - V_{Bn}} \quad (2.4)$$

При рассмотрении соударения двух тел, одно из которых неподвижно $V'_{Bn} = V_{Bn} = 0$. Тогда [54, 83]

$$k = -\frac{V'_{An}}{V_{An}} \quad (2.5)$$

Проведя ряд экспериментов можно определить величину k для различных материалов для изготовления Г-образных пальцев рыхлителя и сортов картофеля [54, 83].

В случае слишком сильного удара о Г-образный палец предложенного рыхлителя, клубень может оказаться в состоянии полета [54].

Уравнения движения клубня в поле тяготения получим, применив второй закон Ньютона $\vec{F} = m\vec{a}$ в неподвижной системе координат [54] (Рисунок 2.3).

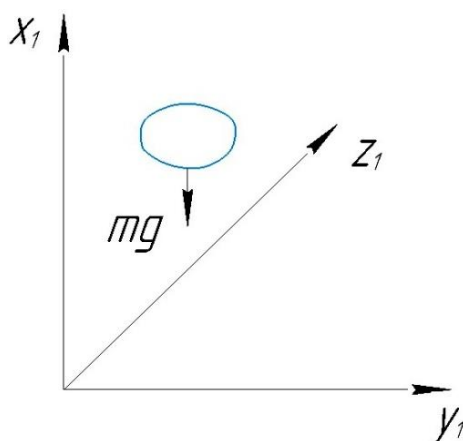


Рисунок 2.3 – Силы, действующие на клубень картофеля в поле тяготения в неподвижной системе координат [54]

Спроецируем уравнение, выражающее основной закон динамики на координатные оси x_1 , y_1 , z_1 и получим [54]:

$$a_{x_1} = \ddot{x}_1; F_{x_1} = -G = -mg$$

$$a_{y_1} = \ddot{y}_1; F_{y_1} = 0$$

$$a_{z_1} = \ddot{z}_1; F_{z_1} = 0$$

Дифференциальные уравнения движения клубня принимают вид [54]:

$$m\ddot{x}_1 = -mg \quad (2.6)$$

$$m\ddot{y}_1 = 0 \quad (2.7)$$

$$m\ddot{z}_1 = 0 \quad (2.8)$$

Для получения уравнений движения клубня проинтегрируем дважды полученные равенства [54]:

$$\ddot{x}_1 = -g$$

$$\dot{x}_1 = -g(t - t_0) + C_1$$

$$x_1(t) = -\frac{g \cdot (t - t_0)^2}{2} + C_1(t - t_0) + C_2 \quad (2.9)$$

$$\ddot{y}_1 = 0$$

$$\dot{y}_1 = C_3$$

$$y_1(t) = C_3(t - t_0) + C_4 \quad (2.10)$$

$$\ddot{z}_1 = 0$$

$$\dot{z}_1 = C_5$$

$$z_1(t) = C_5(t - t_0) + C_6 \quad (2.11)$$

Для определения констант интегрирования $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ введем начальные условия. Начальные координаты клубня в момент отрыва [54]:

$$x_1(t_0) = u(t_0) \cos[V(t_0) - \varphi(t_0)] \quad (2.12)$$

$$y_1(t_0) = u(t_0) \sin[V(t_0) - \varphi(t_0)] \quad (2.13)$$

$$z_1(t_0) = bV(t_0) \quad (2.14)$$

Компоненты вектора начальной скорости [54]:

$$\dot{x}_1(t_0) = \dot{u}(t_0) \cos[V(t_0) - \varphi(t_0)] - u(t_0) \sin[V(t_0) - \varphi(t_0)] [\dot{V}(t_0) - \dot{\varphi}(t_0)] \quad (2.15)$$

$$\dot{y}_1(t_0) = \dot{u}(t_0) \sin[V(t_0) - \varphi(t_0)] + u(t_0) \cos[V(t_0) - \varphi(t_0)] [\dot{V}(t_0) - \dot{\varphi}(t_0)] \quad (2.16)$$

$$\dot{z}_1(t_0) = b\dot{V}(t_0) \quad (2.17)$$

Найдем постоянные интегрирования [54]:

$$C_1 = \dot{x}_1(t_0), \quad C_2 = x_1(t_0) \quad (2.18)$$

$$C_3 = \dot{y}_1(t_0), \quad C_4 = y_1(t_0) \quad (2.19)$$

$$C_5 = \dot{z}_1(t_0), \quad C_6 = z_1(t_0) \quad (2.20)$$

Покажем, что свободное движение клубня в поле тяготения происходит в вертикальной плоскости. Для этого достаточно исключить время t из уравнений [54].

Умножим выражение (2.10) на C_5 [54]:

$$C_5 y_1 = C_5 C_3 (t - t_0) + C_5 C_4 \quad (2.21)$$

Умножим выражение (2.11) на $-C_3$ [54]:

$$-C_3 z_1 = -C_3 C_5 (t - t_0) - C_3 C_6 \quad (2.22)$$

Сложим обе части равенств (2.21) и (2.22), и получим [54]:

$$C_5 y_1 - C_3 z_1 = C_5 C_4 - C_3 C_6 \quad (2.23)$$

Именно в этой плоскости и происходит движение клубня [54] (Рисунок 2.4):

$$x_1(t) = -\frac{g \cdot (t - t_0)^2}{2} + C_1 \cdot (t - t_0) + C_2 \quad (2.24)$$

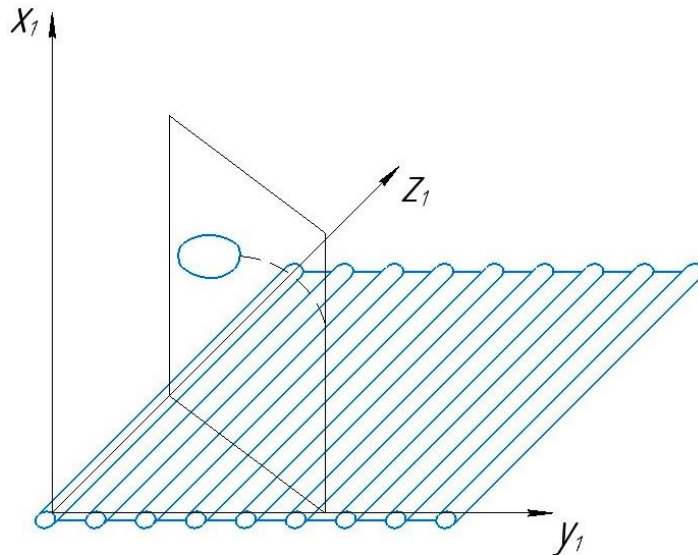


Рисунок 2.4 – Плоскость движения клубня [54]

После взаимодействия клубня с Г-образным пальцем рыхлителя может произойти его соударение с жесткой боковиной рамы картофелеуборочной машины [54].

Напомним, что траектория движения клубня после взаимодействия с Г-образным пальцем рыхлителя имеет вид (2.9), (2.10), (2.11) [54].

Если $C_5 = 0$, то $z_1(t) = C_6 = \text{const}$, т.е. клубень полетит параллельно жестким боковинам рамы картофелеуборочной машины и тем самым столкнуться с ними не сможет [54].

Если $C_5 \neq 0$, то, приравняв координату z_1 к уравнению плоскости левой (правой) боковины рамы [54]:

$$z_{л(n)} = C_5(t - t_0) + C_6 \quad (2.25)$$

получаем возможные моменты столкновения клубня с левой (правой) боковиной рамы [54]:

$$t_{л(n)} = t_0 + \frac{z_{л(n)} - C_6}{C_5} \quad (2.26)$$

При этом в случае $C_5 > 0$, $t_{л} < t_0$, $t_n > t_0$, то клубень в принципе не может попасть на плоскость левой боковины рамы и левая боковина рамы из рассмотрения исключается. В случае $C_5 < 0$, $t_{л} > t_0$, $t_n < t_0$, то клубень в принципе не может попасть на плоскость правой боковины рамы и правая боковина рамы из рассмотрения исключается [54].

Обозначим через t_6 момент попадания клубня на плоскость одной из боковин рамы. Далее нужно проверить, что клубень попал именно в нее [54].

Выведем уравнение боковин рамы в неподвижной системе координат $OX_1Y_1Z_1$. Пусть уравнение верхней кромки боковины рамы имеет вид [54]:

$$Ax_1 + By_1 = C \Leftrightarrow Ax_1 + By_1 - C = 0 \quad (A, B, C > 0) \quad (2.27)$$

Эта плоскость делит пространство на две части (Рисунок 2.5), причем нижняя часть задается неравенством [54]:

$$A \cdot x_1 + B \cdot y_1 - C < 0 \quad (2.28)$$

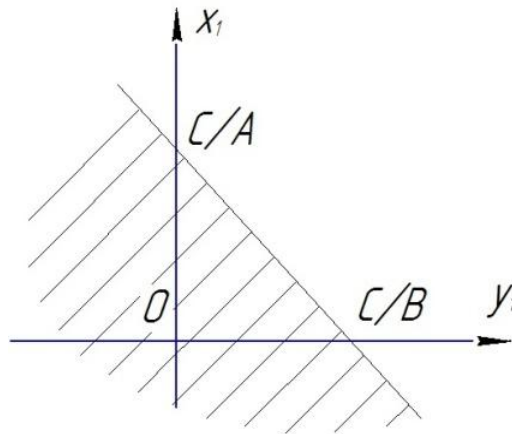


Рисунок 2.5 – Схема плоскости $Ax_1 + By_1 - C = 0$ в пространстве [54]

Тем самым уравнения боковин рамы имеют вид [54]:

- уравнения плоскостей боковин рамы [54]:

$$z = z_{л(n)} \quad (2.29)$$

- ограничения по высоте снизу [54]:

$$x_1 \cos \alpha + y_1 \sin \alpha + h > 0 \quad (2.30)$$

- ограничения по высоте сверху [54]:

$$Ax_1 + By_1 < C \quad (2.31)$$

- ограничения по длине (Рисунок 2.6) [54]:

$$x_{\bar{o}n} \leq x_1 \leq x_{\bar{o}k} \Leftrightarrow y_{\bar{o}n} \leq y_1 \leq y_{\bar{o}k} \quad (2.32)$$

Далее необходимо выяснить, выполняются ли для точки с координатами $x_{\bar{o}} = x_1(t_{\bar{o}})$, $y_{\bar{o}} = y_1(t_{\bar{o}})$, $z_{\bar{o}} = z_1(t_{\bar{o}})$ условия (2.30), (2.31), (2.32) [54].

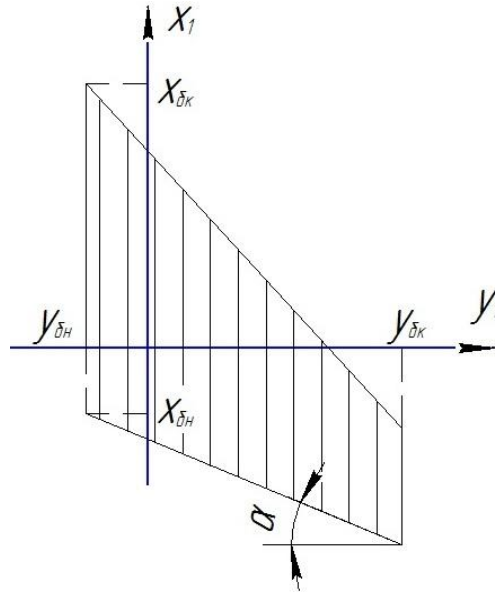


Рисунок 2.6 – Схема для вывода уравнения ограничения по длине боковин рамы картофелеуборочной машины [54]

$$\begin{cases} x_6 \cos \alpha + y_6 \sin \alpha + h > 0 \\ Ax_6 + By_6 < C \\ x_{\delta н} \leq x_1 \leq x_{\delta к} \Leftrightarrow y_{\delta н} \leq y_1 \leq y_{\delta к} \end{cases} \quad (2.33)$$

Если хотя бы одно из этих неравенств не выполнено, то клубень попадает не в реальную боковину рамы, а в ее продолжение [54].

Если все эти условия выполнены, то клубень попадает именно в боковину рамы, при этом ее скорость в момент удара [54]:

$$\vec{V} = (\dot{x}_1(t_{\delta}); \dot{y}_1(t_{\delta}); \dot{z}_1(t_{\delta})) = (-g(t_{\delta} - t_0) + C_1; C_3; C_5) \quad (2.34)$$

Нормаль к плоскости правой боковины рамы направлена в сторону $\vec{V}$ [54]:

$$\vec{n}_n = (0, 0, 1) \quad (2.35)$$

Нормаль к плоскости левой боковины рамы направлена в сторону $\vec{V}$ [54]:

$$\vec{n}_n = (0, 0, -1) \quad (2.36)$$

Следовательно, величина нормальной составляющей скорости в момент удара для правой боковины рамы [54]:

$$V_n = (\vec{V}_n, \vec{n}) = C_5 \quad (2.37)$$

для левой боковины рамы [54]:

$$V_n = (\vec{V}_n, \vec{n}) = -C_5 \quad (2.38)$$

т.е.

$$V_n = |C_5| \quad (2.39)$$

Пусть k_6 – коэффициент восстановления при ударе клубня о боковину рамы ($0 \leq k_6 \leq 1$). Следовательно, величина нормальной составляющей скорости клубня непосредственно после удара [54]:

$$V'_n = -k_6 V_n = -k_6 |C_5| \quad (2.40)$$

Запишем закон изменения импульса клубня при ударе о боковину рамы [54]:

$$m(\vec{V}'_n - \vec{V}_n) = \vec{F}_n \Delta t \quad (2.41)$$

где m – масса клубня,

Δt – время удара,

$\vec{F}_n$ – нормальная составляющая силы удара [54].

При этом для левой боковины рамы картофелеуборочной машины [54]:

$$\vec{F}_n \Delta t = m(\vec{V}'_n - \vec{V}_n) \Rightarrow -F_n \Delta t = m(-k_6 V_n - V_n) = -m V_n (k_6 + 1)$$

откуда

$$F_n = \frac{mV_n(k_6+1)}{\Delta t} = \frac{mC_5(k_6+1)}{\Delta t} \quad (2.42)$$

Для правой боковины рамы картофелеуборочной машины [54]:

$$\vec{F}_n \Delta t = m(\vec{V}'_n - \vec{V}_n) \Rightarrow F_n \Delta t = m(k_6 V_n + V_n) = mV_n(k_6 + 1)$$

откуда

$$F_n = \frac{mV_n(k_6+1)}{\Delta t} = \frac{mC_5(k_6+1)}{\Delta t} \quad (2.43)$$

Таким образом, окончательно сила удара клубня о боковину рамы картофелеуборочной машины определяется по следующему выражению [54]:

$$F_6 = \frac{m|C_5|(k_6+1)}{\Delta t} \quad (2.44)$$

Рассчитаем величину силы удара клубня о боковину рамы картофелеуборочной машины и построим график (Рисунок 2.7).

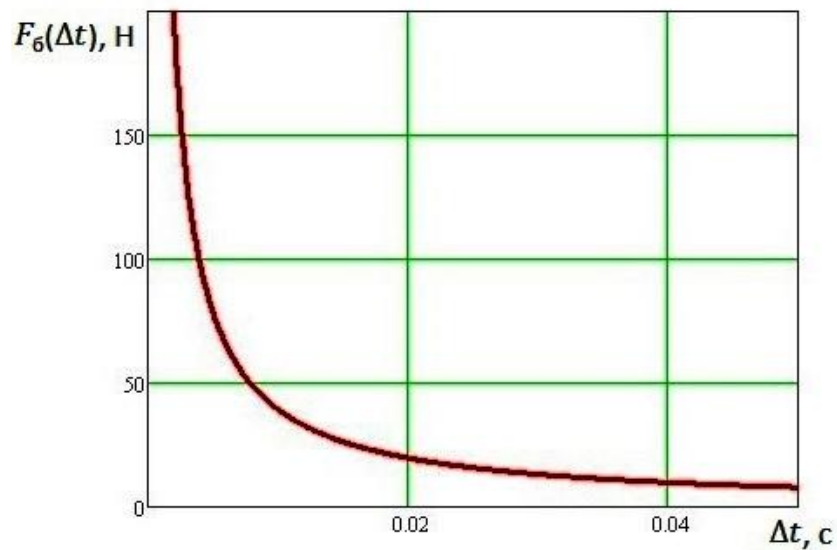


Рисунок 2.7 – Зависимость силы удара клубня о боковину рамы картофелеуборочной машины от времени удара

Рассчитаем величину скорости движения клубня после взаимодействия с Г-образным пальцем рыхлителя и построим график (Рисунок 2.8).

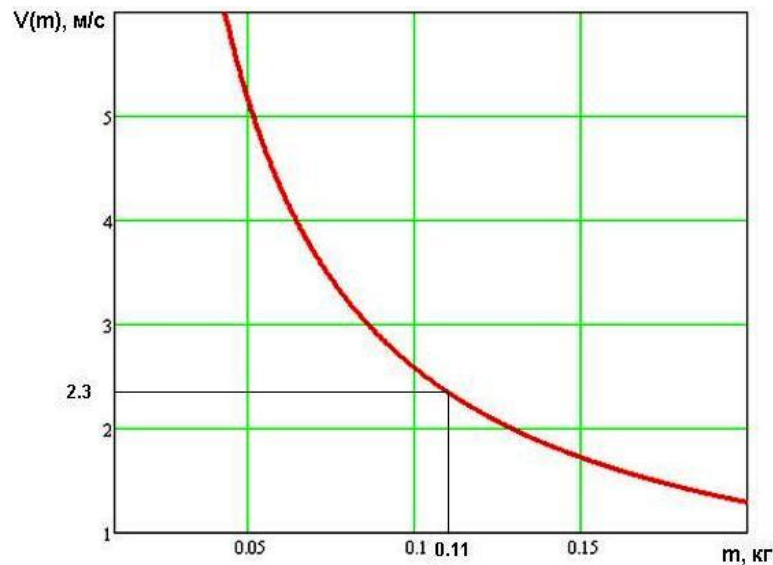


Рисунок 2.8 – Зависимость скорости движения клубня после взаимодействия с Г-образным пальцем рыхлителя от массы клубня

Анализ зависимости на Рисунке 2.8 показывает, что в результате взаимодействия Г-образного пальца рыхлителя с клубнем массой 110 г последний приобретает скорость 2,3 м/с, что соответствует частоте вращения приводного вала рыхлителя 179 мин^{-1} .

Для вывода условий, задающих поверхность элеватора, выведем вначале уравнение плоскости элеватора в неподвижной системе координат $OX_1Y_1Z_1$ (Рисунок 2.9) [116].

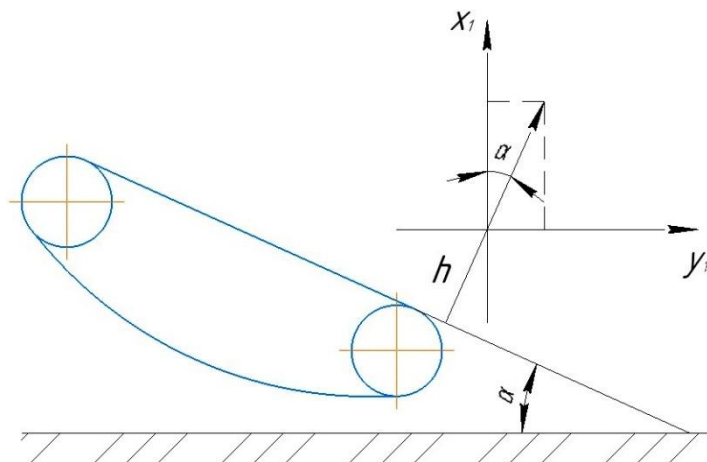


Рисунок 2.9 – Схема для вывода уравнения плоскости элеватора [116]

Обозначим через h расстояние от плоскости элеватора до оси вращения приводного вала предложенного рыхлителя, а через α – угол наклона элеватора к горизонту [116].

Наша задача по существу простая, поэтому координату Z_1 сейчас можно не учитывать.

Единичная нормаль к поверхности Г-образного пальца, направленная вверх [116]:

$$\bar{n} = (\cos \alpha ; \sin \alpha) \quad (2.45)$$

следовательно, уравнение плоскости элеватора будет иметь вид [116]:

$$x_1 \cos \alpha + y_1 \sin \alpha + C = 0 \quad (C = \text{const}) \quad (2.46)$$

причем величину C можно найти, зная расстояние h от искомой плоскости до начала координат [116]:

$$\rho(\text{пл}; 0) = \frac{|0 \cos \alpha + 0 \sin \alpha + C|}{\sqrt{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}} = h \quad (2.47)$$

откуда $C = \pm h$.

Из двух возможных вариантов уравнения искомой плоскости [116]:

$$x_1 \cos \alpha + y_1 \sin \alpha + h = 0 \quad (2.48)$$

и

$$x_1 \cos \alpha + y_1 \sin \alpha - h = 0 \quad (2.49)$$

подходит первый (только для него координаты точек пересечения плоскости с осями OX_1 и OY_1 отрицательны) [116].

Плоскость (2.48), рассматриваемая в трехмерном пространстве, делит элеватор на два подпространства, причем верхняя часть определяется неравенством [116]:

$$x_1 \cos \alpha + y_1 \sin \alpha + h > 0 \quad (2.50)$$

а нижняя:

$$x_1 \cos \alpha + y_1 \sin \alpha + h < 0 \quad (2.51)$$

Пусть плоскость элеватора ограничена по длине неравенствами [116] (Рисунок 2.10):

$$x_{эН} \leq x_1 \leq x_{ЭК} \Leftrightarrow y_{эН} \leq y_1 \leq y_{ЭК} \quad (2.52)$$

а с боков жесткими боковинами рамы $z = z_l$ и $z = z_n$ [116] (Рисунок 2.11).

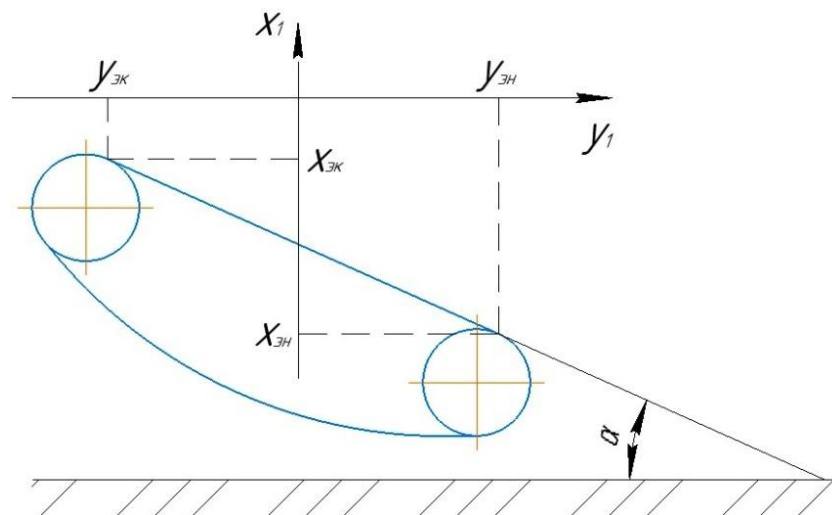


Рисунок 2.10 – Схема ограничения элеватора по длине [116]

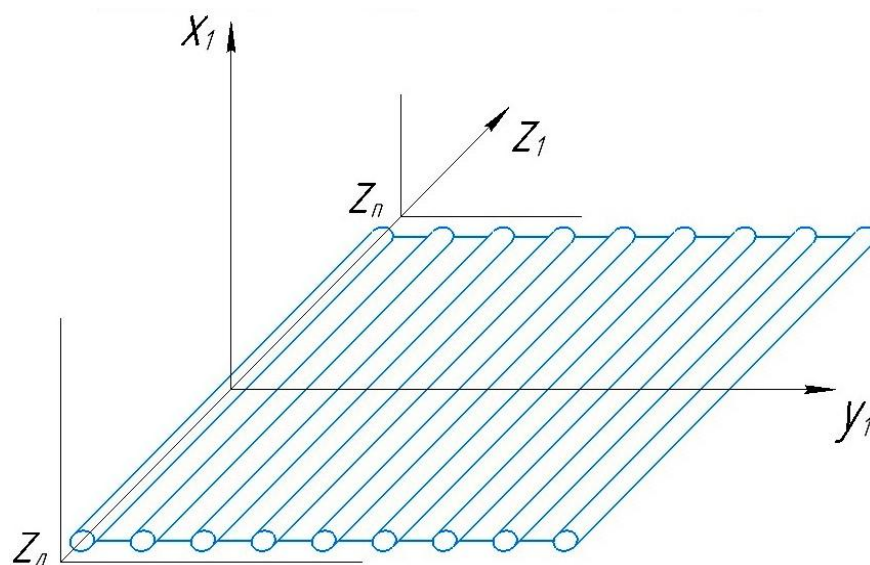


Рисунок 2.11 – Схема ограничения элеватора по ширине [116]

Тем самым условия, означающие, что клубень попал на элеватор, записываются следующим образом [116]:

$$x_1 \cos \alpha + y_1 \sin \alpha + h = 0 \quad (2.53)$$

$$x_{\text{эН}} \leq x_1 \leq x_{\text{эК}} \Leftrightarrow y_{\text{эН}} \leq y_1 \leq y_{\text{эК}} \quad (2.54)$$

$$z_{\text{л}} \leq z_1 \leq z_{\text{н}} \quad (2.55)$$

Для определения момента времени попадания клубня на поверхность элеватора, подставим x_1 и y_1 в (2.53):

$$\left[-\frac{g(t-t_0)^2}{2} + C_1(t-t_0) + C_2 \right] \cos \alpha + [C_3(t-t_0) + C_4] \sin \alpha + h = 0$$

Обозначим $t - t_0 = \tau$, тогда

$$\left[-\frac{g}{2}\tau^2 + C_1\tau + C_2 \right] \cos \alpha + [C_3\tau + C_4] \sin \alpha + h = 0$$

$$-\frac{g}{2}\cos \alpha \tau^2 + C_1 \cos \alpha \tau + C_2 \cos \alpha + C_3 \sin \alpha \tau + C_4 \sin \alpha + h = 0$$

$$-\frac{g}{2}\cos \alpha \tau^2 + (C_1 \cos \alpha + C_3 \sin \alpha)\tau + (C_2 \cos \alpha + C_4 \sin \alpha + h) = 0$$

$$g \cos \alpha \tau^2 - 2(C_1 \cos \alpha + C_3 \sin \alpha)\tau - 2(C_2 \cos \alpha + C_4 \sin \alpha + h) = 0$$

Получили квадратное уравнение на величину τ . Приведенный дискриминант этого уравнения:

$$D_1 = \frac{D}{4} = (C_1 \cos \alpha + C_3 \sin \alpha)^2 + 2g \cos \alpha (C_2 \cos \alpha + C_4 \sin \alpha + h)$$

Напомним, что $C_2 = x_1(t_0)$ и $C_4 = y_1(t_0)$, а так как в начальный момент времени точка отрыва клубня расположена над элеватором, то:

$$C_2 \cos \alpha + C_4 \sin \alpha + h > 0$$

и $D > 0$, поэтому квадратное уравнение имеет два действительных различных корня:

$$\tau^{\pm} = \frac{C_1 \cos \alpha + C_3 \sin \alpha \pm \sqrt{D_1}}{g \cos \alpha} \quad (2.56)$$

причем, согласно теореме Виета $\tau^+ > 0$, а $\tau^- < 0$.

Тем самым момент попадания клубня на плоскость элеватора вычисляется по формуле:

$$t_{\text{э}} = t_0 + \tau^+ \quad (2.57)$$

Чтобы клубень попал на сам элеватор, должны выполняться еще и условия:

$$\begin{cases} x_{\text{эн}} \leq x_1(t_{\text{э}}) \leq x_{\text{эк}} \Leftrightarrow y_{\text{эн}} \leq y_1(t_{\text{э}}) \leq y_{\text{эк}} \\ z_{\text{л}} \leq z_1(t_{\text{э}}) \leq z_{\text{н}} \end{cases} \quad (2.58)$$

Если хотя бы одно из этих условий нарушается, то клубень пролетит мимо элеватора. Если же оба условия выполнены, то клубень упадет именно на элеватор, при этом его скорость в момент удара:

$$\vec{V} = (\dot{x}_1(t_{\text{э}}); \dot{y}_1(t_{\text{э}}); \dot{z}_1(t_{\text{э}})) = (-g\tau^+ + C_1; C_3; C_5) \quad (2.59)$$

В дальнейшем нам понадобится нормаль к поверхности элеватора, направленная вниз (Рисунок 2.12):

$$\vec{n} = (-\cos \alpha; -\sin \alpha; 0) \quad (2.60)$$

Обозначим через $\vec{V}'$ скорость клубня непосредственно после удара.

Разложим $\vec{V}$ и $\vec{V}'$ на нормальную и касательную составляющие к плоскости элеватора и запишем закон изменения импульса в проекции на нормаль $\vec{n}$. При этом скорость движения элеватора $\vec{V}_0$ на нормальные составляющие скоростей до и после удара никак не влияет и ее можно не учитывать.

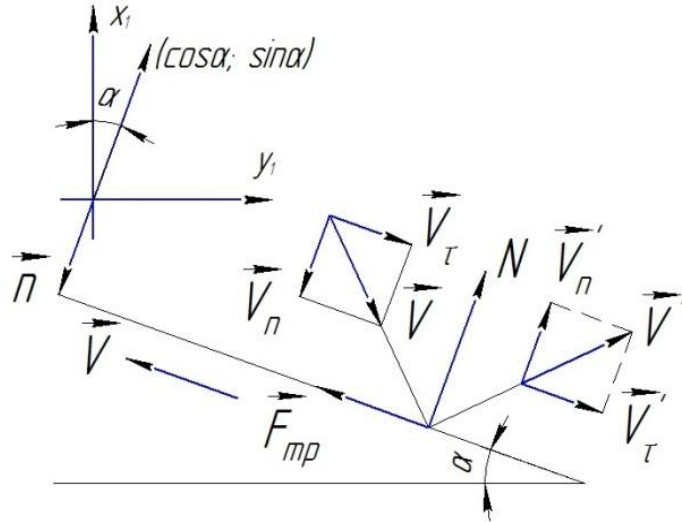


Рисунок 2.12 – Схема для вывода уравнения ограничения по длине элеватора

Тем самым в проекции на нормаль $\vec{n}$ получаем:

$$m\vec{V}_n' - m\vec{V}_n = \vec{N}\Delta t \quad (2.61)$$

откуда

$$m(-V_n' - V_n) = -N\Delta t \quad (2.62)$$

причем $V_n' = k_3 V_n$, где k_3 – коэффициент восстановления при ударе клубня об элеватор, $0 \leq k_3 \leq 1$, а

$$V_n = (\vec{V}, \vec{n}) = (-g\tau^+ + C_1) \cdot (-\cos \alpha) + C_3(-\sin \alpha) \quad (2.63)$$

$$V_n = (g\tau^+ - C_1) \cos \alpha - C_3 \sin \alpha \quad (2.64)$$

С учетом этого получаем:

$$mV_n(k_{\text{э}} + 1) = N\Delta t \quad (2.65)$$

откуда нормальная составляющая силы удара клубня об элеватор:

$$N = \frac{mV_n(k_{\text{э}} + 1)}{\Delta t} \quad (2.66)$$

Переходим к задаче о движении клубня после удара об элеватор. При этом рассмотрим два случая.

Пусть элеватор неподвижен. Запишем закон сохранения импульса на касательные к элеватору направления:

$$m\vec{V}'_{\tau} - m\vec{V}_{\tau} = \vec{F}_{\tau}\Delta t \quad (2.67)$$

здесь $\vec{V}_{\tau} = \vec{V} - \vec{V}_n$, а $\vec{F}_{\tau} = \vec{F}_{mp} || \vec{V}_{\tau}$.

При этом величина силы трения:

$$F_{mp} = -\mu N$$

где μ – коэффициент трения.

Тем самым $\vec{V}'_{\tau} || \vec{V}_{\tau}$ и векторное равенство в проекции на $\vec{V}_{\tau}$ дает:

$$mV'_{\tau} - mV_{\tau} = -\mu N \quad (2.68)$$

$$V'_{\tau} = V_{\tau} - \frac{\mu N}{m} \quad (2.69)$$

Если

$$V_{\tau} > \frac{\mu N}{m}$$

то $V'_\tau > 0$ и клубень отскочит от элеватора.

Если

$$V_\tau < \frac{\mu N}{m}$$

то $V'_\tau < 0$, что невозможно.

Пусть элеватор движется вверх со скоростью $\vec{V}_9$, то закон сохранения импульса на касательные направляющие нужно записать так:

$$m\vec{V}'_\tau - m(\vec{V}_\tau + \vec{V}_9) = \vec{F}_\tau \Delta t \quad (2.70)$$

При этом по-прежнему $\vec{F}_\tau = \vec{F}_{mp}$, но теперь $\vec{V}'_\tau \parallel \vec{V}_\tau + \vec{V}_9$ и в проекции на это направление дает:

- если $\vec{V}'_\tau \uparrow \vec{V}_\tau + \vec{V}_9$, то

$$mV'_\tau - m\|\vec{V}_\tau + \vec{V}_9\| = -\mu N \quad (2.71)$$

откуда

$$V'_\tau = \|\vec{V}_\tau + \vec{V}_9\| - \frac{\mu \cdot N}{m} \quad (2.72)$$

- если $\vec{V}'_\tau \downarrow \vec{V}_\tau + \vec{V}_9$, то

$$-mV'_\tau - m\|\vec{V}_\tau + \vec{V}_9\| = -\mu N \quad (2.73)$$

откуда

$$V'_\tau = \frac{\mu \cdot N}{m} - \|\vec{V}_\tau + \vec{V}_9\| \quad (2.74)$$

Тем самым скорость клубня после удара об элеватор определяется выражением:

$$|V'_\tau| = \left| \|\vec{V}_\tau + \vec{V}_\varepsilon\| - \frac{\mu N}{m} \right| \quad (2.75)$$

2.3. Расчет мощности на привод рыхлителя

Мощность, затрачиваемая на привод рыхлителя, складывается из мощности на деформацию клубненосного пласта N_d и мощности на перемещение клубненосного пласта N_c :

$$N_{\text{зат}} = N_d + N_c, \quad (2.76)$$

$$N_d = \frac{nkzc}{6} 10^{-4}, \quad (2.77)$$

где n – частота вращения приводного вала рыхлителя, мин^{-1} ;

k – «удельное сопротивление деформации почвы, МПа» [126]; $k = 0,217$ МПа [126];

z – количество пальцев, шт;

c – сечение Г-образного пальца, см^2 .

$$c = d(l_1 + l_2 \cos 40^\circ) = 1,5(9 + 6 \cdot 0,766) = 20,4 \text{ см}^2$$

Производим расчет:

$$N_d = \frac{0,217 \cdot 20,4 \cdot 24 \cdot 175}{6} 10^{-4} = 0,31 \text{ кВт.}$$

$$N_c = 5 \cdot 10^{-4} \cdot \delta \cdot Q_n \cdot \vartheta_p^2, \quad (2.78)$$

где δ – «коэффициент отбрасывания» [126]; $\delta = 0,75$ [126];

ϑ_p – скорость рыхлителя, м/с;

Q_{Π} – масса почвы, отбрасываемая за с.

$$Q_{\Pi} = \gamma \cdot V, \quad (2.79)$$

где γ – плотность почвы, кг/м³; $\gamma = 1550$ кг/м³;

V – объем почвы, м³.

$$N_c = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,75 \cdot 59 \cdot 1,7^2 = 0,06 \text{ кВт.}$$

Тогда

$$N_{\text{зат}} = 0,31 + 0,06 = 0,37 \text{ кВт.}$$

Требуемая мощность на привод рыхлителя определяется с учетом коэффициента полезного действия привода η :

$$N_{\text{тр}} = \frac{N_{\text{зат}}}{\eta} \quad (2.80)$$

$$\eta = \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{ц}} \cdot \eta_{\text{под}}^4, \quad (2.81)$$

где $\eta_{\text{ред}}, \eta_{\text{ц}}, \eta_{\text{п}}$ – коэффициент полезного действия соответственно конического редуктора ($\eta_{\text{ред}} = 0,96$), цепной передачи ($\eta_{\text{ц}} = 0,94$), подшипников ($\eta_{\text{п}} = 0,99$).

Производим расчет:

$$N_{\text{тр}} = \frac{0,39}{0,86} = 0,45 \text{ кВт.}$$

Выводы по главе 2

1. Для равномерного распределения клубненосного пласта на элеваторе целесообразно применять рыхлитель. Рыхлитель устанавливается с зазором над лемехами и прутковым элеватором. Рыхлитель представляет собой цилиндрический приводной вал с обрезиненными пальцами Г-образной формы, вращающийся против вращения приводного вала пруткового элеватора. Г-образные пальцы установлены на приводном валу по цилиндрическим винтовым линиям (правой и левой). Горизонтальная часть Г-образного пальца отогнута на угол α относительно оси вращения приводного вала.
2. Сила взаимодействия клубня с Г-образными пальцами рыхлителя зависит от времени взаимодействия и определяется прослойкой почвы.
3. Установлено, что в результате взаимодействия Г-образного пальца рыхлителя с клубнем массой 110 г последний приобретает скорость 2,3 м/с, что соответствует частоте вращения приводного вала рыхлителя 179 мин⁻¹.
4. Требуемая мощность на привод рыхлителя с Г-образным пальцами составляет 0,45 кВт.

3. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Программа, объект, методика исследований

В процессе работы предложенного рыхлителя, происходит взаимодействие всех компонентов клубненосного пласта (клубней картофеля, почвы, растительных и других примесей) с его Г-образными пальцами. Параметры данного взаимодействия будут определяющими при расчете потерь и повреждений клубней при работе картофелеуборочной машины. Ряд параметров был определен при теоретических исследованиях, теперь их необходимо уточнить, проведя лабораторные исследования.

Лабораторные исследования были проведены в начале сентября 2022 года на предварительно выделенном участке поля опытной агротехнологической станции ФГБОУ ВО РГАТУ.

Программа лабораторных исследований включала анализ взаимодействия компонентов клубненосного пласта с Г-образными пальцами предложенного рыхлителя. Объектом исследования выступал процесс работы предложенного рыхлителя.

Серийно выпускаемую модель картофелекопателя КСТ-1,4 дооборудовали предложенным рыхлителем. Для этого на раме копателя над его лемехами и полотном первого пруткового элеватора (скоростного) на подшипниках качения был смонтирован цилиндрический приводной вал, вращающийся против вращения приводного вала полотна пруткового элеватора, с обрезиненными пальцами Г-образной формы. Г-образные пальцы установлены на приводном валу по цилиндрическим винтовым линиям (правой и левой). Горизонтальная часть Г-образного пальца отогнута на угол α относительно оси вращения приводного вала.

Для проведения исследований участок поля длиной 10 метров [20] и шириной 54 рядка был разбит на 27 учетных делянок. Для проведения экспериментов на основе теоретических исследований были выбраны 2 фактора варьирования (Таблица 3.1):

- частота вращения приводного вала рыхлителя;
- угол между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала.

Таблица 3.1 – Матрица планирования эксперимента по оценке влияния частоты вращения приводного вала и угла установки горизонтальной части Г-образного пальца относительно оси вращения приводного вала на повреждения и потери клубней картофеля

Уровни варьирования факторов	Факторы варьирования				Функция оптимизации	
	Частота вращения приводного вала, n		Угол между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала, α		Потери клубней	Повреждения клубней
Виды значений	Кодированное	Натуральное, мин^{-1}	Кодированное	Натуральное, град	%	%
Верхний уровень	+1	200	+1	45	Q_1	P_1
Основной уровень	0	180	0	30	Q_2	P_2
Нижний уровень	-1	160	-1	15	Q_3	P_3

Устанавливая на приводной вал рыхлителя различные ведомые звездочки (32, 28 и 25 зубьев) добивались частоты его вращения 160 мин^{-1} , 180 мин^{-1} и 200 мин^{-1} соответственно.

Изменение угла между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала выполнялось следующим образом. Вертикальная часть Г-образного пальца имеет резьбу. В приводном валу рыхлителя имеются отверстия с резьбой для установки Г-образных пальцев. Закручивая или выворачивая Г-образный палец из тела приводного вала, устанавливали необходимый угол. Для фиксации Г-образного пальца в нужном положении затягивали контргайку.

Эксперименты были направлены на определение потерь и повреждений клубней при работе рыхлителя. Эксперименты проводились с трехкратной повторностью.

К потерям относились клубни, которые после схода с пруткового элеватора картофелекопателя на поверхность поля засыпались почвой. Подсчитать количество засыпанных почвой клубней нам помогло простое устройство (Рисунок 3.1). На раме копателя под прутковым элеватором на подшипниках качения смонтировали ось, на которую одевался рулон пленки. Свободный конец пленки закреплялся в начале учетной делянки. По мере движения уборочного агрегата пленка разматывалась, и собирала ворох, сходящий с пруткового элеватора. Выкопанные клубни картофеля, а также потери от каждого опыта собирали, и уже в лаборатории взвешивали и определяли процентное соотношение потерь от общей массы клубней на учетной делянке по следующей формуле:

$$Q = \frac{m_{\text{кл}}^{\text{п}}}{m_{\text{кл}}^{\text{п}} + m_{\text{кл}}^{\text{с}}} 100\% \quad (3.1)$$

где $m_{\text{кл}}^{\text{п}}$ – масса потерь, кг;

$m_{\text{кл}}^{\text{с}}$ – масса собранных клубней, кг.



Рисунок 3.1 – Проведение лабораторных исследований

Для анализа выкопанных клубней на повреждение были взяты 27 проб (по одной с каждой учетной делянки). Перед взятием проб из общей массы клубней, выкопанных с каждой учетной делянки, исключили клубни с массой менее 50 г. Общая масса каждой пробы составляла 15 кг. Клубни из каждой пробы при визуальном осмотре были разделены на 2 группы: с повреждениями и без них [20, 50].

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

- содрана кожура от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ поверхности клубня;
- содрана кожура более $\frac{1}{2}$ поверхности клубня;
- вырывы мякоти глубиной более 5 мм;
- трещины длиной более 20 мм;
- разрезы и надрезы;
- раздавлен клубень» [20].

Достаточно часто на одном клубне обнаруживались несколько повреждений одного вида. В этом случае в расчет бралось каждое из них.

Далее была определена масса каждой группы и подсчитано количество клубней в каждой из них. После этого клубни отправились на хранение на 10 суток [20].

По прошествии этого времени был проведен анализ потемнения мякоти клубней. Все клубни были разрезаны на пластинки толщиной 5 мм.

При анализе полученных пластинок поврежденных клубней в расчет брали количество очагов с потемнением мякоти на глубину более 5 мм. При анализе полученных пластинок клубней без повреждений группа была разделена на 2 подгруппы: клубни с потемнением мякоти и клубни без очагов потемнения мякоти. Далее было произведено взвешивание каждой подгруппы и подсчитано количество клубней в каждой из них.

Для определения числа поврежденных клубней производили суммирование массы и количества клубней первой группы (клубни с повреждениями) и первой подгруппы (клубни с потемнением мякоти).

Общее число повреждений различного вида было пересчитано на условные 100 клубней [20]:

$$n_n = \frac{n_c}{n_k} 100 \quad (3.2)$$

где n_c – общее число повреждений различного вида, шт.;

n_k – число клубней в пробе, шт.

Полученные результаты исследований обрабатывались методами математической статистики.

3.2. Результаты исследований

В результате обработки опытных данных (Таблица 3.2) в программе STATISTICA-10 были получены уравнения регрессии.

Таблица 3.2 – Матрица планирования и результаты эксперимента

Частота вращения приводного вала, n	Угол между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала, α	Потери клубней				Повреждения клубней			
		Q_1	Q_2	Q_3	$Q_{ср}$	P_1	P_2	P_3	$P_{ср}$
x_1	x_2								
+1	+1	2,11	2,11	2,14	2,12	5,11	5,02	5,07	5,05
+1	0	2,60	2,62	2,61	2,61	4,83	4,84	4,82	4,83
+1	-1	2,96	2,91	2,95	2,94	3,98	3,93	3,94	3,95
0	+1	2,91	2,89	2,93	2,91	3,22	3,15	3,23	3,2
0	0	3,52	3,47	3,36	3,45	2,83	2,81	2,82	2,82
0	-1	3,93	3,95	3,98	3,95	2,80	2,72	2,70	2,74
-1	+1	4,82	4,85	4,85	4,84	2,11	2,13	2,12	2,12
-1	0	5,18	5,19	5,14	5,17	1,76	1,81	1,92	1,83
-1	-1	6,13	6,11	6,12	6,12	1,55	1,56	1,51	1,54

Потери клубней описываются следующим уравнением (Рисунок 3.2):

$$Q = 3,39 - 1,41x_1 - 0,5233x_2 + 0,53x_1^2 + 0,115x_1x_2 + 0,07x_2^2 \quad (3.3)$$

где x_1 – частота вращения приводного вала;

x_2 – угол между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала.

Оценка достоверности полученных результатов проводилась с доверительной вероятностью 95%, коэффициент детерминации составил $R^2 = 0,99587285$, коэффициент регрессии $R = 0,99793429$.

Проанализировав Рисунок 3.2, делаем вывод, что наиболее значимым фактором уравнения регрессии является частота вращения приводного вала, угол между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала не оказывает существенного влияния на потери клубней.

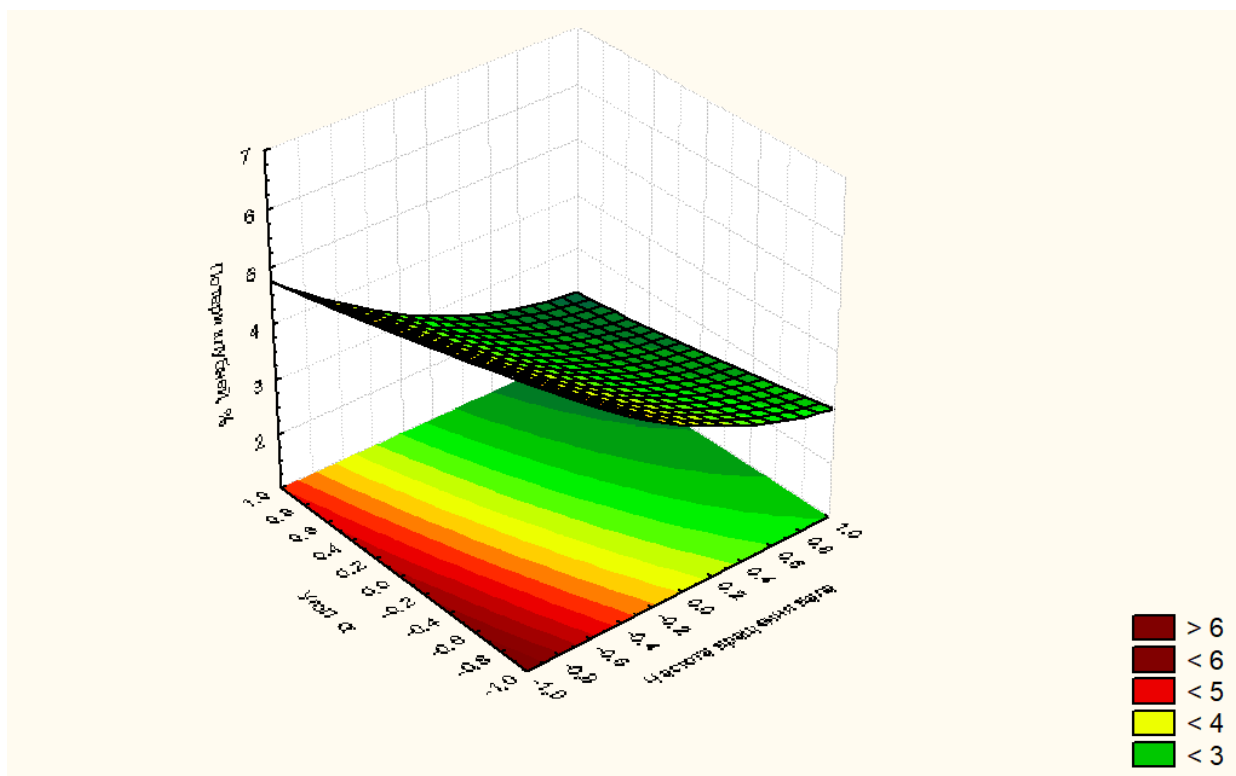


Рисунок 3.2 – Зависимость потерь клубней от частоты вращения приводного вала и угла между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала

Повреждения клубней описываются следующим уравнением (Рисунок 3.3):

$$P = 2,96 + 1,39x_1 + 0,3567x_2 + 0,3x_1^2 + 0,13x_1x_2 - 0,06x_2^2 \quad (3.4)$$

где x_1 – частота вращения приводного вала;

x_2 – угол между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала.

Оценка достоверности полученных результатов проводилась с доверительной вероятностью 95%, коэффициент детерминации составил $R^2 = 0,98991041$, коэффициент регрессии $R = 0,99494241$.

Проанализировав Рисунок 3.3, делаем вывод, что наиболее значимым фактором уравнения регрессии является частота вращения приводного вала, угол между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала не оказывает существенного влияния на повреждения клубней.

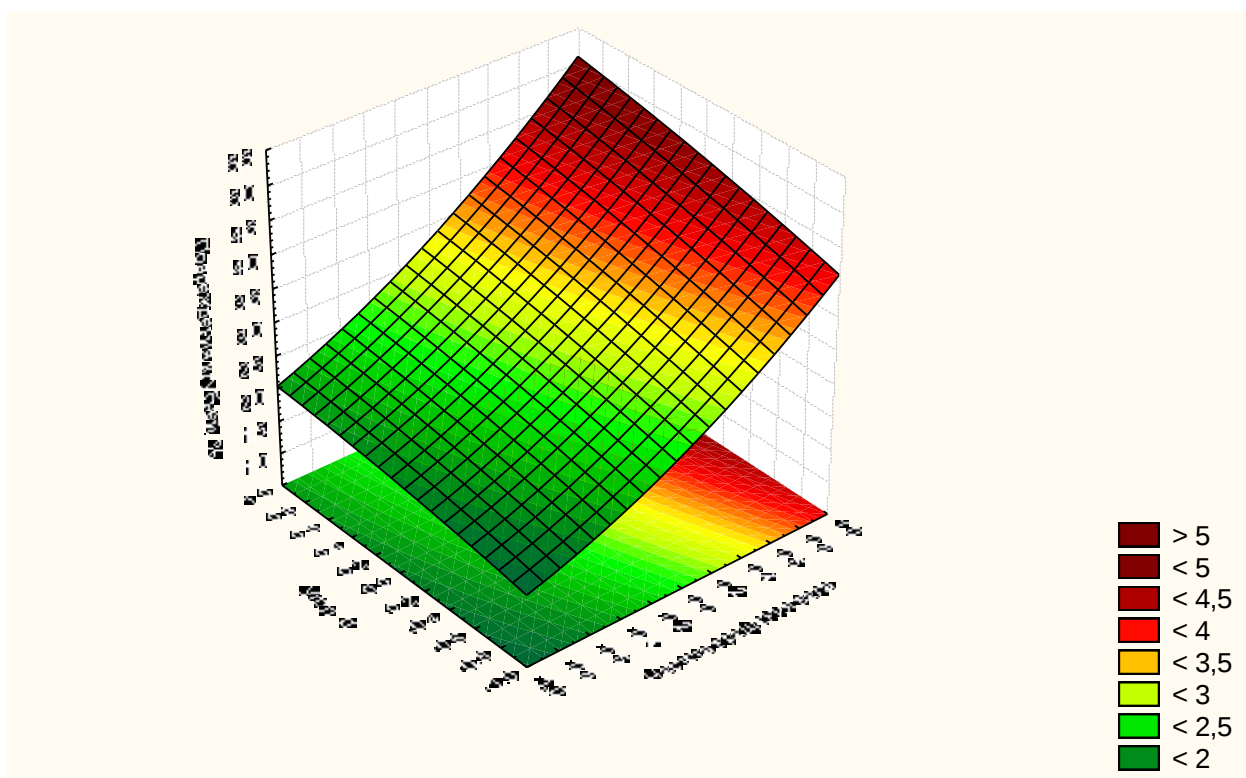


Рисунок 3.3 – Зависимость повреждений клубней от частоты вращения приводного вала и угла между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала

Используем полученные уравнения регрессии (3.3) и (3.4) для определения рациональных параметров предложенного рыхлителя.

Предположим, что при работе предложенного рыхлителя в определенных условиях потери клубней не должны превышать 5%, т.е.:

$$Q = 3,39 - 1,41x_1 - 0,5233x_2 + 0,53x_1^2 + 0,115x_1x_2 + 0,07x_2^2 \leq 5\%$$

Принимаем угол между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала равным 15° , т.е. фактор $x_2 = -1$.

$$3,39 - 1,41x_1 + 0,5233 + 0,53x_1^2 - 0,115x_1 + 0,07 \leq 5\%$$

$$3,9833 - 1,525x_1 + 0,53x_1^2 \leq 5\%$$

$$-1,0167 - 1,525x_1 + 0,53x_1^2 \leq 0$$

$$-0,56 \leq x_1 \leq 3,44$$

Натуральное значение фактора x_1 при этом находится в интервале $168,8 \dots 248,8 \text{ мин}^{-1}$.

В то же время, должно выполняться условие по количеству поврежденных клубней, также не более 5%:

$$P = 2,96 + 1,39x_1 + 0,3567x_2 + 0,3x_1^2 + 0,13x_1x_2 - 0,06x_2^2 \leq 5\%$$

Принимаем угол между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала равным 45° , т.е. фактор $x_2 = 1$.

$$2,96 + 1,39x_1 + 0,3567 + 0,3x_1^2 + 0,13x_1 - 0,06 \leq 5\%$$

$$3,2567 + 1,52x_1 + 0,3x_1^2 \leq 5\%$$

$$-1,7433 + 1,52x_1 + 0,3x_1^2 \leq 0$$

$$-5,18 \leq x_1 \leq 0,11$$

Натуральное значение фактора x_1 при этом находится в интервале $76,4 \dots 182,2 \text{ мин}^{-1}$.

Сопоставив два полученных интервала, получаем, что приводной вал предложенного рыхлителя должен вращаться с частотой: $168,8 \dots 182,2 \text{ мин}^{-1}$.

Аналогично определяем угол между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала.

По потерям:

$$Q = 3,39 - 1,41x_1 - 0,5233x_2 + 0,53x_1^2 + 0,115x_1x_2 + 0,07x_2^2 \leq 5\%$$

Принимаем частоту вращения приводного вала равной 160 мин^{-1} , т.е. фактор $x_1 = -1$.

$$3,39 + 1,41 - 0,5233x_2 + 0,53 - 0,115x_2 + 0,07x_2^2 \leq 5\%$$

$$5,33 - 0,6383x_2 + 0,07x_2^2 \leq 5\%$$

$$0,33 - 0,6383x_2 + 0,07x_2^2 \leq 0$$

$$-0,55 \leq x_2 \leq 8,57$$

Натуральное значение фактора x_2 при этом находится в интервале $38,25^\circ \dots 158,55^\circ$.

По повреждениям:

$$P = 2,96 + 1,39x_1 + 0,3567x_2 + 0,3x_1^2 + 0,13x_1x_2 - 0,06x_2^2 \leq 5\%$$

Принимаем частоту вращения приводного вала равной 200 мин^{-1} , т.е. фактор $x_1 = 1$.

$$2,96 + 1,39 + 0,3567x_2 + 0,3 + 0,13x_2 - 0,06x_2^2 \leq 5\%$$

$$4,65 + 0,4867x_2 - 0,06x_2^2 \leq 5\%$$

$$-0,35 + 0,4867x_2 - 0,06x_2^2 \leq 0$$

$$x_2 \leq 0,81 \text{ или } x_2 \geq 7,31$$

Натуральное значение фактора x_2 при этом не должно превышать $42,15^\circ$, либо быть более $139,65^\circ$.

Таким образом, установлено, что угол между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала должен находиться в диапазоне $38,25 \dots 42,15^\circ$.

Окончательно принимаем частоту вращения приводного вала предложенного рыхлителя $n = 175 \text{ мин}^{-1}$ (расхождение с результатами теоретических исследований составляет менее 5%), угол между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала $\alpha = 40^\circ$.

Выводы по главе 3

1. Экспериментальные исследования позволили получить математические модели, представляющие потери и повреждения клубней в зависимости от взаимодействия предложенного рыхлителя с компонентами клубненоносного пласта.

2. Получены диапазоны частоты вращения приводного вала предложенного рыхлителя и угла между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала: $168,8 \dots 182,2 \text{ мин}^{-1}$ и $38,25 \dots 42,15^\circ$ соответственно.

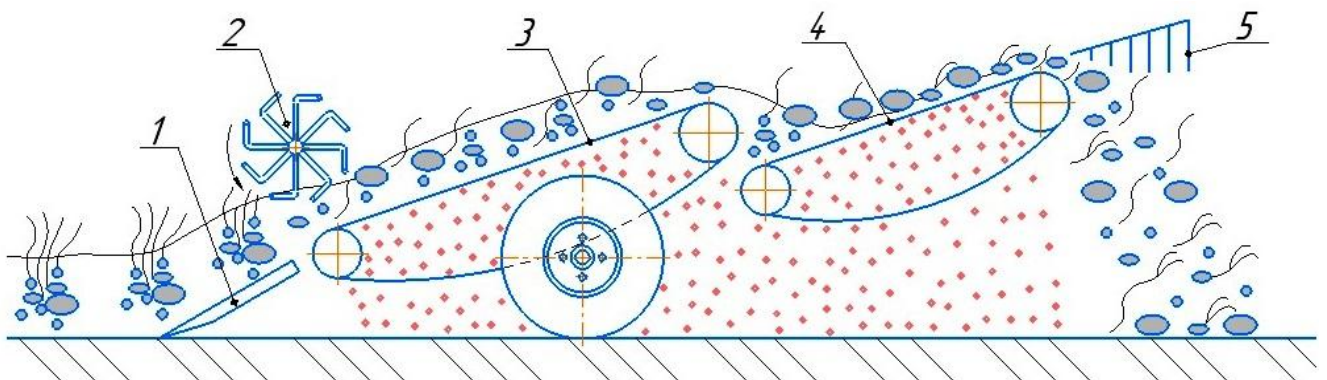
4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1. Программа исследований

В соответствии с поставленными в диссертационной работе задачами разработали программу полевых исследований: определение и анализ показателей (эксплуатационных, функциональных и технологических) серийно выпускаемого картофелекопателя КТН-2В и экспериментального (дооборудованного разработанным рыхлителем).

4.2. Объекты исследований и применяемое оборудование

Объектом исследований выступал технологический процесс работы (уборки картофеля) экспериментального картофелекопателя КТН-2В, дооборудованного разработанным рыхлителем (Рисунки 4.1, 4.2).



1 – лемех; 2 – разработанный рыхлитель (патент РФ №213875);

3 – основной прутковый элеватор; 4 – дополнительный прутковый элеватор;

5 – сужающая гребенка

Рисунок 4.1 – Схема экспериментального картофелекопателя КТН-2В, дооборудованного разработанным рыхлителем

На раме серийно выпускаемого картофелекопателя КТН-2В над лемехами и основным прутковым элеватором на подшипниках качения был смонтирован цилиндрический приводной вал, вращающийся с частотой 175 мин^{-1} против вращения приводного вала полотна пруткового элеватора, с обрезиненными

пальцами Г-образной формы. Г-образные пальцы установлены на приводном валу по цилиндрическим винтовым линиям (правой и левой). Горизонтальная часть Г-образного пальца отогнута на угол 40° относительно оси вращения приводного вала (Рисунок 4.3).



Рисунок 4.2 – Экспериментальный картофелекопатель КТН-2В, дооборудованный рыхлителем, на учетной делянке



Рисунок 4.3 – Разработанный рыхлитель (патент РФ №213875)

За базу сравнения был взят технологический процесс уборки картофеля серийно выпускаемым картофелекопателем КТН-2В.

Исследования проводились в сентябре 2022 года на предварительно выделенных опытных участках поля ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области и были направлены на определение эксплуатационных, функциональных и технологических показателей работы серийно выпускаемого картофелекопателя КТН-2В и экспериментального (дооборудованного разработанным рыхлителем).

До начала сравнительных полевых исследований серийно выпускаемого картофелекопателя КТН-2В и экспериментального (дооборудованного разработанным рыхлителем) стандартная методика требует подробно изучить условия проведения исследований, т.е. необходимо провести агротехническую оценку опытного участка поля [124, 129, 137, 143].

Исследования проводились с использованием стандартного оборудования на основании действующих ГОСТ и СТО АИСТ.

4.3. Методика полевых исследований

Сравнительные полевые исследования двух уборочных машин (серийного и экспериментального картофелекопателя КТН-2В) проводили в сопоставимых условиях [20] на уборке картофеля сорта «Гала».

Для оценки характеристик культуры картофеля на поле был выделен опытный участок с предварительно убранной ботвой механическим способом. По диагонали опытного участка разметили пять площадок шириной два ряда и длиной 14,3 м [20] каждая.

На одном из рядков каждой из пяти площадок по 20 кустам [20] визуально определяли биологическую зрелость клубней и состояние ботвы.

Для определения высоты гребня было проведено 25 измерений [20] на каждой из пяти площадок. Для этого на два соседних ряда гребней укладывали измерительную рейку и проводили замер расстояния от дна борозды до нижнего обрезка измерительной рейки (погрешность измерений $\pm 0,5$ см).

Подсчет числа кустов каждой из пяти площадок и вычисление среднего арифметического значения числа кустов на одном ряду площадки позволил получить густоту посадки картофеля в тыс. шт. на га.

Для определения ширины клубневого гнезда производили осторожный подкоп каждого второго куста в одном рядке площадки. Далее линейкой измеряли расстояние между крайними внешними точками противоположных клубней.

Для определения положения клубневого гнезда измеряли глубину залегания верхнего и нижнего клубня. На два соседних ряда гребней укладывали измерительную рейку и линейкой проводили замер расстояния от нижней ее кромки до верхней точки верхнего и нижней точки нижнего клубня (погрешность измерений ± 1 см).

Из общей массы клубней, выкопанных с каждой площадки, случайным образом была отобрана проба в количестве 200 клубней [20]. У каждого клубня произвели измерение длины, ширины, толщины (с погрешностью ± 1 мм) и массы (с погрешностью ± 1 г).

Сравнительные полевые исследования двух уборочных машин проводили согласно общеизвестной методике.

Согласно стандартной методике участок поля длиной 10 метров и шириной 16 рядков был разбит на 8 учетных делянок (4 делянки для серийно выпускаемого картофелекопателя КТН-2В и 4 для усовершенствованного).

Уборочные агрегаты двигались по учетным делянкам безостановочно на установившемся режиме. В начале и конце каждого эксперимента подавали сигнал. При помощи электронного секундомера Интеграл С-01 определяли продолжительность эксперимента.

Скорость движения уборочного агрегата по учетной делянке рассчитывалась следующим образом:

$$V_p = \frac{L}{t}, \quad (4.1)$$

где L – длина учетной делянки, м;

t – продолжительность эксперимента, с.

Производительность уборочного агрегата за смену рассчитывали по формуле:

$$W_{\text{см}} = 0,1B_p V_p T_{\text{см}} \tau, \quad (4.2)$$

где B_p – рабочая ширина захвата картофелекопателя КТН-2В, м;

$T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч;

τ – коэффициент использования времени смены.

Для подсчета потерь клубней (засыпанных почвой после схода с пруткового элеватора и неподкопанных лемехами) учетные делянки были перекопаны лопатой на глубину 21 см (глубина залегания нижнего клубня плюс 3 см [20]).

Выкопанные клубни картофеля, а также потери по видам от каждого эксперимента собирали, и уже в лаборатории взвешивали и определяли процентное соотношение каждого вида потерь от общей массы клубней на учетной делянке по следующей формуле:

$$Q = \frac{m_{\text{кл}}^{\text{п}}}{m_{\text{кл}}^{\text{п}} + m_{\text{кл}}^{\text{с}}} 100\% \quad (4.3)$$

где $m_{\text{кл}}^{\text{п}}$ – масса потерь, кг;

$m_{\text{кл}}^{\text{с}}$ – масса собранных клубней, кг.

Для анализа выкопанных клубней на повреждение были взяты 8 проб (по одной с каждой учетной делянки). Перед взятием проб из общей массы клубней, выкопанных с каждой учетной делянки, исключили клубни с массой менее 50 г. Общая масса каждой пробы составляла 15 кг. Клубни из каждой пробы при визуальном осмотре были разделены на 2 группы: с повреждениями и без них [20, 50].

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

- содрана кожура от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ поверхности клубня;
- содрана кожура более $\frac{1}{2}$ поверхности клубня;
- вырывы мякоти глубиной более 5 мм;
- трещины длиной более 20 мм;
- разрезы и надрезы;
- раздавлен клубень» [20].

Достаточно часто на одном клубне обнаруживались несколько повреждений одного вида. В этом случае в расчет бралось каждое из них.

Далее была определена масса каждой группы и подсчитано количество клубней в каждой из них. После этого клубни отправились на хранение на 10 суток [20].

По прошествии этого времени был проведен анализ потемнения мякоти клубней. Все клубни были разрезаны на пластинки толщиной 5 мм.

При анализе полученных пластинок поврежденных клубней в расчет брали количество очагов с потемнением мякоти на глубину более 5 мм. При анализе полученных пластинок клубней без повреждений группа была разделена на 2 подгруппы: клубни с потемнением мякоти и клубни без очагов потемнения мякоти. Далее было произведено взвешивание каждой подгруппы и подсчитано количество клубней в каждой из них.

Для определения числа поврежденных клубней производили суммирование массы и количества клубней первой группы (клубни с повреждениями) и первой подгруппы (клубни с потемнением мякоти).

Общее число повреждений различного вида было пересчитано на условные 100 клубней [20]:

$$n_n = \frac{n_c}{n_k} 100 \quad (4.4)$$

где n_c – общее число повреждений различного вида, шт.;

n_k – число клубней в пробе, шт.

4.4. Результаты исследований

По результатам исследований определены усредненные характеристики кустов картофеля (количественные, массовые и размерные), а также клубней картофеля сорта «Гала». Полученные параметры приведены в Таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Характеристики куста картофеля (усредненные данные)

Сорт	Количество клубней на кусте, шт.	Масса клубней, г	Урожайность клубней, т/га	Средние размеры клубней			
				Длина, мм	Ширина, мм	Размер по наибольшему поперечному диаметру, мм	Средняя масса, г
«Гала»	9,7	624	31,2	65,7	51,4	39,1	64,3

До начала сравнительных исследований двух уборочных машин, провели агротехническую оценку участков для проведения исследований (Приложение Б).

Одним из эксплуатационных показателей работы уборочного агрегата является его скорость (результаты опытов приведены в Таблицах 4.2 и 4.3).

Таблица 4.2 – Результаты исследований скорости движения уборочного агрегата (МТЗ-82.1 + серийный КТН-2В)

№ п/п	Длина делянки S, м	Время движения МТА по делянке t, с.	Рабочая скорость МТА V_p , м/с	Средняя рабочая скорость МТА V_p , м/с
1	10	14,49	0,69	0,69
2	10	14,71	0,68	
3	10	14,08	0,70	
4	10	14,49	0,69	

Таблица 4.3 – Результаты исследований скорости движения уборочного агрегата (МТЗ-82.1 + экспериментальный КТН-2В)

№ п/п	Длина делянки S, м	Время движения МТА по делянке t, с.	Рабочая скорость МТА V_p , м/с	Средняя рабочая скорость МТА V_p , м/с
1	10	13,33	0,75	0,75
2	10	13,33	0,75	
3	10	13,51	0,74	
4	10	13,16	0,76	

Исследования разработанного рыхлителя на тяжелых суглинистых почвах влажностью 20% подтвердили его работоспособность.

Сравнив технологический процесс работы серийно выпускаемого и экспериментального (дооборудованного разработанным рыхлителем) картофелекопателя КТН-2В, делаем вывод, что применение рыхлителя в конструкции картофелекопателя способствует повышению сепарации почвы прутковым элеватором. Обусловлено это тем, что Г-образные пальцы рыхлителя врезаются в клубненосный пласт, разрушают его почвенную корку и разбивают почвенные комки. А в виду того, что Г-образные пальцы установлены на приводном валу по цилиндрическим винтовым линиям (правой и левой), и горизонтальная часть Г-образного пальца отогнута на угол 40° относительно оси вращения приводного вала, то при взаимодействии ее с клубненосным пластом, происходит его равномерное распределение по ширине пруткового элеватора, за счет сдвига верхней части клубненосного пласта в правую (левую) сторону.

Тем самым, снижается количество клубней, присыпанных почвой, не просеянной через элеватор. Данные потери клубней, после прохода экспериментального картофелекопателя, дооборудованного разработанным рыхлителем, снизились до значения 3,1%, в то время как у серийного картофелекопателя они составили 4,4% (Приложение Б).

Однако, при работе экспериментального рабочего органа (рыхлителя) наблюдается повышение повреждений клубней на 0,1% в пределах агротехнических требований (Приложение Б).

При работе экспериментального картофелекопателя КТН-2В, дооборудованного разработанным рыхлителем, подкопанный клубненосный пласт практически не сгруживался на лемехах, тем самым более эффективно использовалось время смены и, как следствие, наблюдалось повышение производительности на 8% [102].

Выводы по главе 4

1. Подтверждена работоспособность разработанного рыхлителя на тяжелых суглинистых почвах влажностью 20%.
2. Доказано снижение количества клубней (потерь), присыпанных почвой после схода с пруткового элеватора экспериментального картофелекопателя, на 1,3% в сравнении с серийной уборочной машиной.
3. Установлено, что при взаимодействии разработанного рыхлителя экспериментального картофелекопателя с клубнями картофеля, они получают на 0,1% больше повреждений в пределах агротехнических требований в сравнении с серийной уборочной машиной.
4. Зафиксированно повышение производительности экспериментального картофелекопателя в сравнении с серийной уборочной машиной на 8%.

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании результатов экспериментальных (полевых) исследований произвели экономическую оценку.

В качестве объекта экономической оценки выступал экспериментальный картофелекопатель КТН-2В, дооборудованный разработанным рыхлителем.

Стандартная методика экономической оценки предусматривает определение и сравнение ряда показателей (экономических, ресурсосбережения и сравнительной экономической эффективности) экспериментальной и серийно выпускаемой машины. Ввиду того, что представленные картофелекопатели являются навесными, то показатели экономической оценки определяли по машинно-тракторному агрегату (далее – МТА) [19, 123]. В качестве энергосредства выступал трактор МТЗ-82.1.

5.1. Экономические показатели

К экономическим показателям (Таблица 5.1) относятся затраты труда, прямые эксплуатационные затраты и совокупные затраты [19].

Затраты труда определяли по формуле:

$$Z_{\text{тр}} = \frac{\lambda}{W_{\text{см}}}, \quad (5.1)$$

где λ – количество обслуживающего персонала, чел.;

$W_{\text{см}}$ – производительность МТА за 1 ч сменного времени, га/ч.

Прямые эксплуатационные затраты определяли по формуле:

$$Z_{\text{экс}} = Z_{\text{от}} + Z_{\text{т}} + Z_{\text{р}} + A, \quad (5.2)$$

где $Z_{\text{от}}$ – оплата труда обслуживающего персонала, руб./га;

$З_т$ – затраты на дизельное топливо, руб./га;

$З_р$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб./га;

A – амортизационные отчисления, руб./га.

Оплата труда обслуживающего персонала:

$$З_{от} = \frac{\lambda \tau K_3}{W_{см}}, \quad (5.3)$$

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

K_3 – коэффициент, учитывающий уровень социальных отчислений от зарплаты, принятый в РФ.

Затраты на дизельное топливо:

$$З_т = q_т Ц_т K_{см.м}, \quad (5.4)$$

где $q_т$ – удельный расход дизельного топлива, кг/га;

$Ц_т$ – цена дизельного топлива, руб./кг;

$K_{см.м}$ – коэффициент учета цены смазочных материалов.

Затраты на ремонт и техническое обслуживание:

$$З_р = \frac{B_м K_p}{W_{эк}} 10^{-4}, \quad (5.5)$$

где $B_м$ – стоимость картофелекопателя, руб.;

K_p – значение отчислений на ремонт и техническое обслуживание от цены картофелекопателя на 100 ч ее работы, принятый в РФ, %;

$W_{эк}$ – производительность МТА за 1 ч эксплуатационного времени, га/ч.

$$W_{\text{ЭК}} = W_0 \left(\frac{1}{K_{\text{см}}} + \frac{1}{K_{\text{г}}} - 1 \right)^{-1}, \quad (5.6)$$

где W_0 – производительность МТА за 1 ч основного времени, га/ч;

$K_{\text{см}}$ – коэффициент использования времени смены;

$K_{\text{г}}$ – коэффициент готовности.

Амортизационные отчисления:

$$A = \frac{B_{\text{м}}}{W_{\text{ЭК}} R_{\text{м}}}, \quad (5.7)$$

где $R_{\text{м}}$ – значение амортизационного ресурса, ч.

Совокупные затраты денежных средств определяли по формуле:

$$Z_{\text{сов}} = Z_{\text{экс}} + I_{\text{пот}} + I_{\text{пов}} + I_{\text{сем}}, \quad (5.8)$$

где $I_{\text{пот}}$ – издержки от потерь клубней картофеля, руб./га;

$I_{\text{пов}}$ – издержки от повреждения клубней картофеля, руб./га;

$I_{\text{сем}}$ – издержки от нерационального использования семян, руб./га.

Издержки от потерь клубней картофеля:

$$I_{\text{п}} = 0,01 Y_{\text{к}} X_{\text{пол}} C_{\text{пол}}, \quad (5.9)$$

где $Y_{\text{к}}$ – урожайность картофеля, т/га;

$X_{\text{пол}}$ – потери клубней картофеля, %;

$C_{\text{пол}}$ – рыночная цена полноценного картофеля, руб./т.

Издержки от повреждения клубней картофеля:

$$I_{\text{пов}} = 0,01Y_K X_{\text{пов}} (C_{\text{пол}} - C_{\text{пов}}), \quad (5.10)$$

где $X_{\text{пов}}$ – повреждение клубней картофеля, %;

$C_{\text{пов}}$ – рыночная цена поврежденного картофеля, руб./т.

Таблица 5.1 – Экономические показатели

Наименование показателя	Значение показателя	
	Серийная машина	Экспериментальная машина
Вид механизированной работы	Уборка картофеля	
Состав МТА	МТЗ-82.1 + КТН-2В	МТЗ-82.1 + КТН-2В с рыхлителем
Производительность МТА за 1 ч сменного времени, га/ч	0,25	0,27
Удельный расход дизельного топлива, кг/га	33,8	35,0
Совокупные затраты денежных средств всего, руб./га, в том числе:	14832,69	8899,64
- оплата труда обслуживающего персонала	5424,84	5023,00
- затраты на дизельное топливо	1906,32	1974,00
- затраты на ремонт и техническое обслуживание	747,04	765,81
- амортизационные отчисления	888,89	911,23
- издержки от потерь клубней картофеля	5865,60	-
- издержки от повреждения клубней картофеля	-	225,60
Затраты труда, чел.-ч/га	44,0	40,7

5.2. Показатели ресурсосбережения

К показателям ресурсосбережения (Таблица 5.2) относятся совокупные затраты денежных средств на уборку картофеля с площади, соответствующей годовому условному объему работ [19]:

$$Z_{\text{сов.у}}^{\Gamma} = Z_{\text{сов}} F_y^{\Gamma}, \quad (5.11)$$

где F_y^{Γ} – годовой условный объем работ картофелекопателя, га.

Таблица 5.2 – Показатели ресурсосбережения

Наименование показателя	Значение показателя	
	Серийная машина	Экспериментальная машина
Совокупные затраты денежных средств, руб./га	14832,69	8899,64
Годовой условный объем работ картофелекопателя, га	42,5	42,5
Совокупные затраты денежных средств на уборку картофеля с площади, соответствующей годовому условному объему работ, руб.	630387,20	378234,70

5.3. Показатели сравнительной экономической эффективности

К показателям сравнительной экономической эффективности (Таблица 5.3) относятся годовая экономия денежных средств от применения экспериментального картофелекопателя КТН-2В, дооборудованного разработанным рыхлителем в сравнении с серийной машиной и снижение себестоимости уборки картофеля [19].

Годовую экономию денежных средств от применения экспериментального картофелекопателя КТН-2В, дооборудованного разработанным рыхлителем, рассчитывали по формуле:

$$\mathcal{E}_{г.р} = \mathcal{Z}_{сов.у}^{г.с} - \mathcal{Z}_{сов.у}^{г.н}, \quad (5.12)$$

где $\mathcal{Z}_{сов.у}^{г.с}$, $\mathcal{Z}_{сов.у}^{г.н}$ – совокупные затраты денежных средств на уборку картофеля с площади, соответствующей годовому условному объему работ по серийной и новой машине соответственно, руб.

Снижение себестоимости уборки картофеля рассчитывали по формуле:

$$m_c = \frac{\mathcal{Z}_{сов.у}^{г.н} - \mathcal{Z}_{сов.у}^{г.с}}{\mathcal{Z}_{сов.у}^{г.с}} 10^2 \quad (5.13)$$

Таблица 5.3 – Показатели сравнительной экономической эффективности

Наименование показателя	Значение показателя по экспериментальной машине
Годовая экономия денежных средств, руб.	252152,50
Снижение себестоимости уборки картофеля, %	40

Выводы по главе 5

Установлено, что экономический эффект от применения экспериментального картофелекопателя КТН-2В, дооборудованного разработанным рыхлителем, получен ввиду повышения производительности уборочного агрегата и снижения потерь основной продукции. Совокупные затраты денежных средств в расчете на 42,5 га снизились на 252152 рубля 50 коп. Себестоимость уборки картофеля снизилась на 40%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что наиболее перспективными устройствами, помогающими прутковому элеватору выделять клубни из подкопанного лемехами пласта являются интенсификаторы, установленные над лемехами и элеватором, т.к. они одновременно с повышением показателей работы снижают вероятность сгуживания клубненосного пласта на лемехах.

2. Обоснованы параметры рыхлителя: частота вращения приводного вала 175 мин^{-1} , угол между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала 40° .

3. Получено снижение количества клубней (потерь), присыпанных почвой после схода с пруткового элеватора экспериментального картофелекопателя, на 1,3%, а также достигнуто повышение производительности экспериментального картофелекопателя в сравнении с серийной уборочной машиной на 8%.

4. Установлено снижение себестоимости уборки картофеля на 40%.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В виду того, что условия уборки картофеля меняются из года в год, целесообразно продолжить исследования разработанного рыхлителя в различных условиях эксплуатации.

Рекомендации производству

Для повышения производительности картофелеуборочных машин рационально использовать в их конструкции активные рыхлители с приводом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрегат для заделки сидеральных культур / М. Н. Калимуллин, Р. К. Абдрахманов, Р. Р. Зиятдинов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 15. – № 4(60). – С. 80-84.
2. Бoryчев, С. Н. Машинные технологии уборки картофеля с использованием усовершенствованных копателей, копателей-погрузчиков и комбайнов : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Бoryчев Сергей Николаевич. – Рязань, 2008. – 484 с.
3. Бoryчев, С. Н. Технологии и машины для механизированной уборки картофеля (обзор, теории, расчет) : монография / С. Н. Бoryчев; М-во сельского хоз-ва и продовольствия Российской Федерации, Департамент кадровой политики и образования, ФГОУ ВПО Рязанская гос. с.-х. акад. им. П. А. Костычева. – Рязань : РГСХА, 2006. – 220 с.
4. Бoryчев, С. Н. Технологии уборки картофеля: общие вопросы / С. Н. Бoryчев, И. В. Лучкова // Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 23 мая 2019 года. Том Часть III. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 71-75.
5. Бышов, Н. В. Научно-методические основы расчета сепарирующих рабочих органов и повышение эффективности картофелеуборочных машин : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Бышов Николай Владимирович. – Рязань, 2000. – 414 с.
6. Бышов, Н. В. Новые рабочие органы копателя КСТ-1,4 / Н. В. Бышов, Н. Н. Якутин // Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 12 декабря 2016 года / Министерство сельского хозяйства

Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2016. – С. 50-54.

7. Бышов, Н. В. Обзор технологического процесса и усовершенствованного органа просеивной сепарации картофелекопателя КСТ-1,4 / Н. В. Бышов, Н. Н. Якутин, А. А. Рузимуродов // Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса : Материалы 69-ой Международной научно-практической конференции, Рязань, 25 апреля 2018 года. Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2018. – С. 102-107.

8. Бышов, Н.В. Совершенствование сепарации клубнесодержащего вороха на различных этапах технологии уборки / Н. В. Бышов, Ю. В. Якунин, Н. Н. Якутин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2013. – № 1(17). – С. 49-52.

9. Влияние конструктивно-технологической схемы на показатели работы картофелеуборочной машины / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, Н. С. Жбанов [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2019. – № 1(41). – С. 108-114.

10. Влияние технологических приемов на урожайность картофеля / П. И. Гаджиев, А. П. Башкиров, Г. Г. Рамазанова [и др.] // Наука в центральной России. – 2022. – № 3(57). – С. 41-47.

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

12. Гаджиев, П. И. Повышение эффективности обработки почвы для комбайновой уборки картофеля / П. И. Гаджиев, Г. Г. Рамазанова, К. А. Манаенков // Наука в центральной России. – 2020. – № 4(46). – С. 33-40.

13. Гаджиев, П. И. Теоретическое исследование подкапывающего лемеха картофелеуборочного агрегата для снижения потерь урожая и эрозии почвы / П. И. Гаджиев, Е. В. Шестакова, Г. Г. Рамазанова // Инженерные технологии и системы. – 2022. – Т. 32, № 2. – С. 263-278.

14. Гаджиев, П. И. Технология и комплекс машин для подготовки тяжелых и каменистых почв к посадке и комбайновой уборке картофеля : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Гаджиев Парвиз Имран оглы. – Москва, 2002. – 232 с.

15. Гаджиев, П. И. Улучшение качества обработки почвы для комбайновой уборки картофеля / П. И. Гаджиев, Г. Г. Рамазанова, А. И. Алексеев // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2020. – № 5. – С. 46-55.

16. Гаджиев, П. И. Условия работы сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин на переувлажненных почвах / П. И. Гаджиев, Г. Г. Рамазанова, И. П. Гаджиев // Наука в центральной России. – 2022. – № 2(56). – С. 98-106.

17. Голиков, А. А. Совершенствование уборки картофеля : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Голиков Алексей Анатольевич. – Рязань, 2022. – 292 с.

18. Горячкина, И. Н. Совершенствование технологии уборки картофеля с обоснованием параметров и режимов работы сепарирующего элеватора с интенсификатором активного типа : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Горячкина Ирина Николаевна. – Рязань, 2010. – 212 с.

19. ГОСТ 34393-2018. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. М.: Стандартинформ, 2018. – 12 с.

20. ГОСТ Р 54781-2011. Машины для уборки картофеля. Методы испытаний. М.: Стандартиформ, 2012. – 32 с.

21. Гузалов, А. С. Повышение эффективности уборки картофеля с использованием инновационной техники во Владимирской области / А. С. Гузалов, Т. В. Ивлева // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : Материалы XI Международной научно-практической интернет конференции, п. Правдинский, 05-07 июня 2019 года. – п. Правдинский: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2019. – С. 421-425.

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

23. Зернов, В. Н. Технологические приемы и технологии, применяемые в селекции и семеноводстве картофеля, их классификация / В. Н. Зернов, А. Г. Пономарев // Инновации в сельском хозяйстве. – 2018. – № 4(29). – С. 294-310.

24. Ибрагимов, Р. Р. Проблемы механизации уборки картофеля на малогабаритных участках / Р. Р. Ибрагимов, И. Х. Масалимов, Р. Г. Ахмаров // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК : Материалы Международной научно-практической конференции в рамках XXIX Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2019», Уфа, 12-14 марта 2019 года / Башкирский государственный аграрный университет. Том Часть 3. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2019. – С. 75-78.

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

26. Инновационные машинные технологии в картофелеводстве России / С. С. Туболев, Н. Н. Колчин, Н. В. Бышов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 10. – С. 3-5.
27. Интенсивные машинные технологии, роботизированная техника и цифровые системы для производства основных групп сельскохозяйственной продукции / Ю. Ф. Лачуга, А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский, Ю. Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 7. – С. 2-7.
28. Исследование воздействия на клубненосный пласт элеватора картофелеуборочной машины / Э. О. Нестерович, Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, Г. К. Рембалович // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2018. – № 1(37). – С. 89-95.
29. Исследование крошения почвы при её предпосадочной подготовке к последующей комбайновой уборке картофеля / П. И. Гаджиев, М. С. Шикалов, Г. Г. Рамазанова, А. И. Алексеев // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 4(262). – С. 20-23.
30. Исследование процесса соударения клубней картофеля с комбинированными прутками элеватора картофелеуборочной машины / Г. К. Рембалович, С. Д. Полищук, Н. В. Симонова [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2022. – Т. 14, № 2. – С. 149-156.
31. К вопросу механизации уборки топинамбура / В. В. Михеев, В. И. Еремченко, П. А. Еремин, В. К. Пышкин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2018. – Т. 48, № 3. – С. 65-70.
32. К вопросу надежности картофелеуборочных машин / Н. Н. Новиков, Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 9. – С. 25-28.
33. К определению параметров, влияющих на гибкий рабочий элемент ботвоизмельчителя / М. Н. Калимуллин, Р. К. Абдрахманов, Д. М. Исмагилов, И. И. Валиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № 4-2(56). – С. 54-58.

34. Камалетдинов, Р. Р. Научно-методологическое обоснование технологий и технических средств возделывания и уборки картофеля на основе объектно-ориентированного моделирования : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Камалетдинов Рим Рашитович. – Уфа, 2017. – 355 с.

35. Камалетдинов, Р. Р. Рекомендации по совершенствованию рабочих органов машин для уборки картофеля / Р. Р. Камалетдинов. – 2-е издание. – Уфа : Башкирский государственный аграрный университет, 2014. – 44 с.

36. Камалетдинов, Р. Р. Фрикционный сепаратор корнеклубнеплодов / Р. Р. Камалетдинов, И. Р. Сабирзянов // Сельский механизатор. – 2014. – № 8. – С. 4.

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

38. Колчин, Н. Н. Взаимодействие с.-х. техники с окружающей средой / Н. Н. Колчин, А. Г. Пономарев // Картофель и овощи. – 2018. – № 11. – С. 22-24.

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

40. Колчин, Н. Н. Новая техника для картофелеводства / Н. Н. Колчин, А. Г. Пономарев, В. Н. Зернов // Картофель и овощи. – 2019. – № 6. – С. 26-29.

41. Костенко, М. Ю. Исследование сепарирующей способности прутковых элеваторов / М. Ю. Костенко, Н. А. Костенко // Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А.Костычева. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2008. – С. 146-148.

42. Костенко, М. Ю. Технология уборки картофеля в сложных полевых условиях с применением инновационных решений в конструкции и обслуживании уборочных машин : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации

сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Костенко Михаил Юрьевич. – Рязань, 2011. – 462 с.

43. Кузьмин, А. В. Анализ математической модели процесса отделения растительных примесей роторным сепаратором картофелекопателя / А. В. Кузьмин, С. С. Остроумов, С. Н. Шуханов // Вестник ВСГУТУ. – 2018. – № 3(70). – С. 25-30.

44. Кузьмин, А. В. Обоснование взаимного расположения рабочих органов картофелеуборочной машины / А. В. Кузьмин, С. С. Остроумов // Проблемы механики современных машин : Материалы VII Международной научной конференции, Улан-Удэ, 25-30 июня 2018 года. Том 1. – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2018. – С. 48-51.

45. Кущев, И. Е. Разработка разветвляющейся технологии уборки картофеля с обоснованием параметров и режимов работы сепарирующих устройств : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Кущев Иван Евгеньевич. – Рязань, 1999. – 466 с.

46. Лапин, Д. А. Обоснование параметров дискового ворошителя сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Лапин Дмитрий Александрович. – Рязань, 2018. – 133 с.

47. Максимов, Л. Л. Обоснование параметров сепарирующего устройства малогабаритного картофелеуборочного комбайна : специальность 05.20.00 "Процессы и машины агроинженерных систем" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Максимов Лев Леонидович. – Саранск, 2019. – 155 с.

48. Максимов, Л. Л. Оптимизация параметров сепарирующего устройства восходяще-сходящего действия малогабаритного картофелеуборочного комбайна / Л. Л. Максимов, О. П. Васильева, Я. Л. Максимова // Аграрная наука -

сельскохозяйственному производству : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 томах, Ижевск, 12-15 февраля 2019 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. Том 3. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 101-105.

49. Манохина, А. А. Машины для уборки картофеля / А. А. Манохина, О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов // Автотранспортная техника XXI века : сборник статей III Международной научно-практической конференции, Москва, 29 октября 2018 года / Под редакцией О.Н. Дидманидзе, Н.Е. Зимина, Д.В. Виноградова. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Мегаполис", 2018. – С. 180-187.

50. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле / С. В. Жевора, Л. С. Федотова, В. И. Старовойтов [и др.] ; ФГБНУ ВНИИКХ. – МОСКВА : ФГУП "Издательство "Наука", 2019. – 120 с.

51. Механизация уборки и хранения клубнеплодов / О. А. Старовойтова, А. А. Манохина, В. И. Старовойтов [и др.]. – Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2018. – 102 с.

52. Модернизация картофелекопателя КСТ-1,4 / Н. В. Бышов, Н. Н. Якутин, Р. Ю. Ковешников [и др.] // Сельский механизатор. – 2016. – № 11. – С. 4-5.

53. Нестерович, Э. О. 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 / Нестерович Эдуард Олегович. – Рязань, 2018. – 128 с.

54. О взаимодействии клубненосного пласта с рабочими органами копателя / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, Н. В. Симонова [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2018. – № 4(40). – С. 161-167.

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

56. Об интенсификаторах сепарации картофелеуборочных машин / Н. В. Бышов, Г. К. Рембалович, Н. Н. Якутин [и др.] // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 22 ноября 2018 года. Том Часть 1. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 106-109.

57. Обоснование и определение параметров бороздообразователя картофелесажалки / М. Н. Калимуллин, Д. Т. Халиуллин, И. Х. Гайфуллин, Р. Р. Хамитов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17. – № 3(67). – С. 84-89.

58. Обоснование параметров комкоразрушающего битерного барабана машины для предпосадочной подготовки почвы к комбайновой уборке картофеля / П. И. Гаджиев, М. С. Шикалов, Г. Г. Рамазанова, А. И. Алексеев // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 8(266). – С. 15-18.

59. Основные тенденции развития высокопроизводительной техники для картофелеводства / Н. Н. Колчин, Н. В. Бышов, С. Н. Борычев [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 4. – С. 46-51.

60. Особенности уборки картофеля / М. Н. Калимуллин, Д. М. Исмагилов, Р. Р. Багаутдинов, М. З. Салимзянов // Проблемы развития малого и среднего бизнеса на селе в условиях цифровой трансформации экономики : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ, Казань, 24-25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 156-162.

61. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gks.ru>.

62. Оценка перспективной технологической схемы картофелеуборочного комбайна / И. А. Успенский, Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко, Р. В. Безносюк // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1(49). – С. 262-269.

63. Патент № 2444170 С1 Российская Федерация, МПК А01В 49/02. машина для подготовки почвы к комбайновой уборке картофеля : № 2010132602/13 : заявл. 03.08.2010 : опубл. 10.03.2012 / П. И. Гаджиев, А. А. Симдянкин, Е. И. Воробьев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Российский государственный аграрный заочный университет".

64. Патент на полезную модель № 87860 U1 Российская Федерация, МПК А01В 49/02. машина для подготовки поля под посадку и комбайновую уборку картофеля : № 2009115311/22 : заявл. 23.04.2009 : опубл. 27.10.2009 / П. И. Гаджиев, Е. Е. Можаяев, В. Г. Новиков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Российский государственный аграрный заочный университет".

65. Патент на полезную модель № 116006 U1 Российская Федерация, МПК А01D 17/00. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины : № 2011153633/13 : заявл. 27.12.2011 : опубл. 20.05.2012 / Н. В. Бышов, Ю. В. Якунин, Н. Н. Якутин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

66. Патент на полезную модель № 119299 U1 Российская Федерация, МПК В60Р 1/00, А01D 90/00. Кузов транспортного средства для перевозки картофеля : № 2012112083/11 : заявл. 28.03.2012 : опубл. 20.08.2012 / Н. В. Бышов, Ю. В. Якунин, Н. Н. Якутин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального

образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

67. Патент на полезную модель № 132943 U1 Российская Федерация, МПК A01D 21/00. Картофелеуборочная машина : № 2012156047/13 : заявл. 24.12.2012 : опубл. 10.10.2013 / Н. В. Бышов, Ю. В. Якунин, Н. Н. Якутин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

68. Патент на полезную модель № 87860 U1 Российская Федерация, МПК A01B 49/02. машина для подготовки поля под посадку и комбайновую уборку картофеля : № 2009115311/22 : заявл. 23.04.2009 : опубл. 27.10.2009 / П. И. Гаджиев, Е. Е. Можаяев, В. Г. Новиков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Российский государственный аграрный заочный университет".

69. Патент на полезную модель № 170887 U1 Российская Федерация, МПК A01D 17/22. Картофелекопатель : № 2017100178 : заявл. 09.01.2017 : опубл. 12.05.2017 / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, Д. Н. Бышов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

70. Патент на полезную модель № 195156 U1 Российская Федерация, МПК A01D 17/22, A01D 33/08. Картофелекопатель : № 2019124629 : заявл. 31.07.2019 : опубл. 16.01.2020 / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, В. Д. Липин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

71. Патент на полезную модель № 198584 U1 Российская Федерация, МПК A01D 13/00. Картофелекопатель : № 2019137536 : заявл. 06.11.2019 : опубл. 17.07.2020 / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, Г. К. Рембалович [и др.] ; заявитель

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

72. Патент на полезную модель № 213875 U1 Российская Федерация, МПК A01D 17/22. Картофелекопатель : № 2022112215 : заявл. 04.05.2022 : опубл. 04.10.2022 / Н. В. Симонова, С. Н. Бoryчев, А. В. Шемякин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

73. Перспективная схема картофелеуборочного комбайна с взаимозаменяемыми сепарирующими модулями / И. А. Успенский, Д. А. Волченков, Г. К. Рембалович [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 6. – С. 35-38.

74. Перспективы картофелеводства в Рязанском АПК / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, Г. К. Рембалович, А. А. Желтоухов // Сельский механизатор. – 2018. – № 2. – С. 17-18.

75. Перспективы применения системно-информационного подхода к формированию качества плодоовощной продукции при уборке, транспортировке и хранении / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 123. – С. 841-855.

76. Перспективы эксплуатации машин для уборки картофеля, оснащенных системами "Бережной" сепарации / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, Г. К. Рембалович, Д. А. Лапин // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России, Рязань, 26-27 апреля 2017 года / Министерство сельского хозяйства российской федерации; ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Том Часть II. – Рязань: Рязанский

государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. – С. 80-87.

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

78. Повышение надежности технологического процесса и технических средств машинной уборки картофеля по параметрам качества продукции / Т. К. Рембалович, И. А. Успенский, Р. В. Безносюк [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2012. – № 3. – С. 6-8.

79. Повышение надежности элеваторных картофелекопателей / Н. В. Симонова, С. Н. Борычев, Н. Н. Якутин, И. В. Щавелев // Новации как стратегическое направление механизации и автоматизации сельского хозяйства : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой памяти профессора А.М. Лопатина (1939-2007), Рязань, 12 ноября 2021 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 154-159.

80. Повышение эффективности сепарации картофелеуборочных машин с применением дискового ворошителя / Н. Г. Байбобоев, Ш. Б. Акбаров, П. И. Гаджиев, Г. Г. Рамазанова // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 1. – С. 35-39.

81. Повышение эффективности уборки картофеля в условиях пониженной влажности : монография / И. В. Лучкова, С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин [и др.] ; Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – 148 с.

82. Повышение эффективности функционирования картофелеуборочной техники путем модернизации сепарирующих рабочих органов / 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, п. Красково, 05-06 октября 2015 года. – п. Красково: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха", 2015. – С. 242-247.

83. Попова, А. М. Математическое моделирование реологических эффектов в процессе удара : специальность 05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ" : диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / Попова Алена Михайловна. – Нерюнгри, 2004. – 98 с.

84. Применение методов механики к исследованию рабочих процессов калибрующих устройств для картофеля / А. Г. Иванов, П. Л. Максимов, Л. М. Максимов [и др.]. – Ижевск : ООО "Цифра", 2021. – 260 с.

85. Применение стеклопластиковых прутков на элеваторах картофелеуборочных машин / В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3(44). – С. 43-47.

86. Принципы и методы расчета и проектирования рабочих органов картофелеуборочных машин : Учебное пособие / Н. В. Бышов, А. А. Сорокин, И. А. Успенский [и др.]. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2005. – 284 с.

87. Приоритетные направления инновационного развития картофелеводства / С. В. Жевора, Б. В. Анисимов, Е. А. Симаков [и др.] // Селекция и семеноводство картофеля : монография. – Чебоксары : Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха", 2020. – С. 20-25.

88. Приоритетные направления научно-технического развития отечественного тракторостроения / Ю. Ф. Лачуга, А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский [и др.] // Сельский механизатор. – 2021. – № 3. – С. 2-4.

89. Пшеченков, К. А. Картофель: убрать эффективно / К. А. Пшеченков, С. В. Мальцев, Д. Г. Семенов // Картофель и овощи. – 2016. – № 9. – С. 24-26.

90. Пшеченков, К. А. Технологии выращивания и уборки картофеля / К. А. Пшеченков, В. Н. Зейрук, С. В. Мальцев // Развитие новых технологий селекции и создание отечественного конкурентоспособного семенного фонда картофеля : Материалы Международной научно-практической конференции, Москва, 05-07 июля 2016 года / Под редакцией С.В. Жеворы. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха", 2016. – С. 278-299.

91. Пшеченков, К. А. Технология выращивания и уборки картофеля в Центральном регионе России / К. А. Пшеченков, В. Н. Зейрук, С. В. Мальцев // Картофелеводство : Материалы научно-практической конференции, Москва, 01-03 августа 2017 года / Под редакцией С.В. Жеворы. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха", 2017. – С. 48-59.

92. Пшеченков, К. А. Технология комбайновой уборки картофеля на суглинистых почвах в Центральном регионе России / К. А. Пшеченков, С. В. Мальцев, А. В. Смирнов // Картофель и овощи. – 2018. – № 4. – С. 19-21.

93. Пшеченков, К. А. Уборка, послеуборочная доработка и хранение семенного картофеля / К. А. Пшеченков, С. В. Мальцев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 55. – С. 209-212.

94. Разработка и обоснование конструктивных и режимных параметров картофелесажалки / М. Н. Калимуллин, Р. Р. Багаутдинов, Р. Р. Хамитов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17. – № 1(65). – С. 62-66.

95. Разработка методики исследования ударного взаимодействия модели клубня картофеля с рабочими органами уборочных машин / Н. В. Гусева, М. М. Киселев, В. Н. Костылев [и др.] // Инновационные технологии для реализации

программы научно-технического развития сельского хозяйства : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3 томах, Ижевск, 13-16 февраля 2018 года / ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. Том II. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 124-126.

96. Расчет тяговой характеристики картофелеуборочных комбайнов / Г. К. Рембалович, Ш. Б. Акбаров, А. Н. Байбобоев [и др.] // Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии и оборудование в АПК : Материалы Международной заочной научно-практической конференции, Балашиха, 18-19 апреля 2019 года. – Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2019. – С. 9-13.

97. Результаты экспериментальных исследований процесса машинной уборки картофеля усовершенствованным копателем КТН-2В / Н. Н. Якутин, Н. В. Бышов, Г. К. Рембалович, Ю. В. Доронкин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 99. – С. 256-265.

98. Рембалович, Г. К. Повышение эффективности уборки картофеля на тяжелых суглинистых почвах совершенствованием сепарирующих органов комбайнов : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Г. К. Рембалович. – Рязань, 2014. – 517 с.

99. Рембалович, Г. К. Совершенствование первичной сепарации в картофелеуборочных машинах / Г. К. Рембалович, Н. А. Рязанов, И. А. Успенский // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 10. – С. 5-7.

100. Рембалович, Г. К. Сравнительная оценка эксплуатационной надежности картофелекопателей / Г. К. Рембалович, С. Н. Борычев, И. А. Успенский // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 2. – С. 46-47.

101. Сабирзянов, И. Р. Разработка конструкции и оптимизация параметров устройства для сепарации корнеклубнеплодов / И. Р. Сабирзянов, Р. Р.

Камалетдинов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 6(50). – С. 72-74.

102. Симонова, Н. В. Полевые исследования усовершенствованного копателя КТН-2В / Н. В. Симонова, С. Н. Борычев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2022. – Т. 14, № 4. – С. 170-176.

103. Совершенствование подкапывающих рабочих органов картофелекопателя / В. Д. Липин, Н. Н. Якутин, Т. В. Подлеснова, А. В. Безруков // Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 12 декабря 2019 года / Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. Том Часть III. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 166-171.

104. Современные технологии и специальная техника для картофелеводства / А. Ю. Измайлов, Н. Н. Колчин, Я. П. Лобачевский, Н. Г. Кынев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 3. – С. 43-47.

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

106. Старовойтова, О. А. Использование картофелекопателя с калибратором в органическом земледелии / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина // Логистика в АПК: тенденции и перспективы развития : Сборник статей по материалам Всероссийской научной конференции, Новосибирск, 24 апреля 2020 года. – Новосибирск: Издательский Центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2020. – С. 129-132.

107. Старовойтова, О. А. Картофелекопатель для уборки раннего картофеля / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина // Инновационные технологии в АПК региона: достижения, проблемы, перспективы

развития : Сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции, Тверь, 09-11 февраля 2021 года. – Тверь: Тверская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. – С. 306-309.

108. Старовойтова, О. А. Машина для уборки раннего картофеля с разделением клубней на фракции / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина // Проблемы и перспективы инновационного развития АПК : Сборник научных докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию ФГБНУ ВНИИТиН, Тамбов, 16 октября 2020 года. – Тамбов: Студия печати Галины Золотовой, 2020. – С. 63-66.

109. Старовойтова, О. А. Разработка и совершенствование элементов технологии возделывания картофеля применительно к условиям изменяющегося климата Нечерноземной зоны России : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Старовойтова Оксана Анатольевна. – Москва, 2020. – 317 с.

110. Суздалева, Г. Ф. Технология сепарации почвенно-картофельного вороха с обоснованием конструктивно-режимных параметров элеватора с комбинированными прутками и интенсификатором : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Суздалева Галина Федоровна. – Рязань, 2005. – 169 с.

111. Теоретические и практические основы применения современных сепарирующих устройств со встряхивателями в картофелеуборочных машинах / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 89. – С. 488-498.

112. Технология уборки картофеля в сложных полевых условиях с применением перспективных решений в конструкции и обслуживании комбайнов / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, Н. И. Верещагин [и др.]. – Рязань : Рязанский

государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2015. – 304 с.

113. Уборка картофеля / К. А. Пшеченков, Г. Л. Белов, С. В. Мальцев, А. В. Смирнов // Земледелие. – 2018. – № 5. – С. 23-26.

114. Уборка картофеля в Рязанской области / Н. В. Бышов, Н. Н. Якутин, В. Д. Липин [и др.] // Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 21 марта 2019 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», Совет молодых учёных ФГБОУ ВО РГАТУ. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 220-224.

115. Угланов, М. Б. Справочник механизатора-картофелевода / М. Б. Угланов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 205 с.

116. Условия, задающие поверхность элеватора картофелеуборочных машин / Н. В. Бышов, Н. Н. Якутин, А. А. Голахов [и др.] // Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 23 мая 2019 года. Том Часть III. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 91-96.

117. Успенский, И. А. Исследование причин возникновения повреждений клубней картофеля при их загрузке в транспортное средство / И. А. Успенский, И. А. Юхин, А. А. Голиков // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 10(268). – С. 26-29.

118. Успенский, И. А. Основы совершенствования технологического процесса и снижения энергозатрат картофелеуборочных машин : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / И. А. Успенский. – Москва, 1996. – 396 с.

119. Ханхасыкова, Л. П. Изучение процессов повреждения клубней при уборке картофеля / Л. П. Ханхасыкова, А. В. Кузьмин // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Иркутск, 14-15 марта 2019 года. Том II. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2019. – С. 178-186.

120. Хомидов, Р. Д. Некоторые аспекты механизации возделывания картофеля в личных подсобных хозяйствах / Р. Д. Хомидов, А. А. Кутлубаев, Р. Р. Камалетдинов // Наука молодых – инновационному развитию АПК : Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Уфа, 08 декабря 2015 года. Том Часть 1. – Уфа: башкирск, 2015. – С. 378-380.

121. Чаткин, М. Н. Анализ способов посева пропашных культур / М. Н. Чаткин, В. А. Овчинников, Е. А. Иконников // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : Материалы Международной научно-практической конференции, Саранск, 21-22 ноября 2019 года. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2019. – С. 135-138.

122. Черноиванов, В. И. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства / В. И. Черноиванов, А. А. Ежевский, В. Ф. Федоренко. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2012. – 284 с.

123. Экономическая эффективность использования малогабаритного картофелеуборочного комбайна / О. П. Васильева, Л. Л. Максимов, Я. Л. Максимова, А. К. Струнов // Научное обеспечение инженерно-технической системы АПК: проблемы и перспективы : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 60-летию работы кафедры эксплуатации и ремонта машин агроинженерного факультета, 90-летию доктора химических наук, профессора, заслуженного деятеля науки УР Г.А. Кораблева и 85-летию кандидата технических наук, профессора, заслуженного работника

сельского хозяйства УР, почетного работника высшего профессионального образования РФ Б.Д. Зонова, Ижевск, 11-13 декабря 2019 года. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 9-15.

124. Экспериментальные исследования двухрядного измельчителя ботвы / Д. М. Исмагилов, М. Н. Калимуллин, Р. К. Абдрахманов, И. И. Валиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № 2(53). – С. 100-105.

125. Якутин, Н. Н. Анализ современных конструктивно-технологических схем сепарирующих органов картофелеуборочных машин / Н. Н. Якутин, Н. В. Бышов, А. А. Голахов // Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения : Материалы 71-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 15 апреля 2020 года. Том Часть 2. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 242-246.

126. Якутин, Н. Н. Совершенствование технологического процесса и средства интенсификации сепарации картофелеуборочных машин : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Якутин Николай Николаевич. – Рязань, 2014. – 123 с.

127. Comparative study of the force action of harvester work tools on potato tubers / A. Siberev, A. Aksenov, A. Dorokhov, A. Ponomarev // Research in Agricultural Engineering. – 2019. – Vol. 65. – No 3. – P. 85-90.

128. Deng W. Collision simulation of potato on rod separator / W. Deng, C. Wang, S. Xie // International Journal of Food Engineering. – 2021. – 17 (6).

129. Design and experiment of a self-propelled crawler-potato harvester for hilly and mountainous areas / J. G. Zhou, Z. N. Gao, J. Chen [et al.] // INMATEH - Agricultural Engineering. – 2021. – Vol. 64, No. 2. – P. 151-158.

130. Improvement of potato cultivation technology / M. Kalimullin, R. Abdrakhmanov, R. Andreev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Macau, 21-24 июля 2019 года. Vol. 346. – Macau: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012017.

131. Improvement of technology and machines for growing potatoes in agriculture / M. Salimzyanov, V. Pervushin, R. Shakirov, M. Kalimullin // Engineering for Rural Development : 19, Jelgava, 20-22 мая 2020 года. – Jelgava, 2020. – P. 1423-1430.

132. Improvement of the working bodies of the harvesting machines by means of the use of composite materials / N. Zhbanov, N. Byshow, N. Kostenko [et al.] // Bio web of conferences : International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019), Kazan, 13-14 ноября 2019 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P. 00191.

133. Kinematic analysis of conical rotary subsoil loosener for tillage / I. Mukhametshin, A. Valiev, F. Muhamadyarov [et al.] // Engineering for Rural Development : 19, Jelgava, 20-22 мая 2020 года. – Jelgava, 2020. – P. 1946-1952.

134. Latypov, R. The dependence of the quality of soil treatment on the parameters and operating modes of the working bodies of the cutter / R. Latypov, M. Kalimullin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Rostov-on-Don, 20-22 октября 2020 года. – Rostov-on-Don, 2020. – P. 012127.

135. Rady A.M. Effect of Mechanical Treatments on Creep Behavior of Potato Tubers / A.M. Rady, S.N. Soliman, A. El-Wersh // Engineering in Agriculture, Environment and Food. – 2017. – Volume 10, Issue 4. – P. 282-291.

136. Rady A.M. Evaluation of Mechanical Damage of Lady Rosetta Potato Tubers Using Different Methods / A.M. Rady, S.N. Soliman // International Journal of Postharvest Technology and Innovation. – 2015. – Vol. 5. – No. 2. – P. 125-148.

137. Study in dependence of operating mode on completeness of haulm removal / D. Ismagilov, M. Kalimullin, R. Latypov [et al.] // Engineering for Rural Development : 20, Virtual, Jelgava, 26-28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 1722-1727.

138. Study of soil separation at a potato chain with a cross rotating agitator / M. Yu.Kostenko, A. A. Ruzimurodov, D. N. Byshov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming, Voronezh, 17-18 октября 2019 года. Vol. 422. – Voronezh: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012032.

139. Substantiation of design and parameters of rotary harrow for preemployment processing ridge planting of potatoes / M. Salimzyanov, V. Pervushin, N. Kasimov, M. Kalimullin // Engineering for Rural Development : 19, Jelgava, 20-22 мая 2020 года. – Jelgava, 2020. – P. 1431-1436.

140. The Results of Laboratory Studies of the Device for Evaluation of Suitability of Potato Tubers for Mechanized Harvesting / A. Dorokhov, A. Ponomarev, V. Zernov [et al.] // Applied Sciences (Switzerland). – 2022. – Vol. 12. – No 4.

141. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / N. V. Byshov, S. N. Borychev, D. E. Kashirin [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13, No. 10. – P. 3502-3508.

142. To question of determining design parameters of working body of rotary chopper of tops / M. Kalimullin, D. Ismagilov, R. Abdrakhmanov [et al.] // Engineering for Rural Development : 19, Jelgava, 20-22 мая 2020 года. – Jelgava, 2020. – P. 1224-1229.

143. Validating the Parameters of the Rotary Device for Potato Haulm Removal / N. V. Byshov, S. N. Borychev, Yu. N. Abramov [et al.] // Bioscience Biotechnology Research Communications. – 2019. – Vol. 12, No. S5. – P. 312-322.

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 213875**КАРТОФЕЛЕКОПАТЕЛЬ**

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

Авторы: *Симонова Надежда Владимировна (RU), Борычев Сергей Николаевич (RU), Шемякин Александр Владимирович (RU), Якутин Николай Николаевич (RU), Липин Владимир Дмитриевич (RU)*

Заявка № 2022112215

Приоритет полезной модели 04 мая 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 04 октября 2022 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 04 мая 2032 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов



«УТВЕРЖДАЮ»

Главный инженер ООО «Авангард»

Рязанского района Рязанской области



Н.В. Липатов

« 23 » сентября 2022 года

А К Т

испытаний картофелекопателя КТН-2В с экспериментальным рабочим органом (рыхлителем)

Комиссия в составе: главного инженера ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области Липатова Н.В., агронома по картофелеводству и семеноводству ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области Егоровой И.В., д.т.н., профессора, заведующего кафедрой строительства инженерных сооружений и механики ФГБОУ ВО РГТУ Борычева С.Н., к.т.н., доцента кафедры строительства инженерных сооружений и механики ФГБОУ ВО РГТУ Колошеина Д.В. и аспирантки кафедры строительства инженерных сооружений и механики ФГБОУ ВО РГТУ Симоновой Н.В. составила настоящий акт в том, что в сентябре 2022 года в период уборки картофеля на полях ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области были проведены сравнительные испытания картофелекопателя КТН-2В с экспериментальным рабочим органом (рыхлителем) с серийно выпускаемой машиной.

Полевые испытания показали:

1. Работоспособность экспериментального рабочего органа (рыхлителя) на тяжелых суглинистых почвах влажностью 20%.
2. Снижение потерь клубней картофеля на 1,3% от применения экспериментального рабочего органа (рыхлителя) в конструкции картофелекопателя КТН-2В, вследствие уменьшения количества клубней, присыпанных почвой, не просеянной через элеватор.

3. Незначительноеповышение повреждений клубней на 0,1 % в пределах агротехнических требований.

Приложение №1 – Протокол №1.

Приложение №2 – Протокол №2.

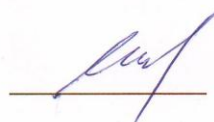
Приложение №3 – Протокол №3.

Главный инженер ООО «Авангард»



Н.В. Липатов

Агроном по картофелеводству и семеноводству ООО «Авангард»



И.В. Егорова

Д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой СИС и М
ФГБОУ ВО РГАТУ



С.Н. Борычев

К.т.н., доцент кафедры СИС и М
ФГБОУ ВО РГАТУ



Д.В. Колошеин

Аспирантка кафедры СИС и М
ФГБОУ ВО РГАТУ



Н.В. Симонова

Приложение №1
к акту испытаний картофелекопателя КТН-2В
с экспериментальным рабочим органом (рыхлителем)
от « 23 » сентября 2022 года

ПРОТОКОЛ №1

агротехническая оценка участка при полевых исследованиях

(усредненные данные за 17-21 сентября 2022 года)

Наименование	Значение
Тип почвы	серая лесная
Механический состав почвы	тяжелый суглинок
Рельеф (уклон)	4...6
Микрорельеф	гребнистый
Влажность почвы по слоям, %	
0...5 см	15,8
5...10 см	17,1
10...15 см	18,5
15...20 см	19,8
20...25 см	20,1
Температура воздуха, °С	18
Температура почвы на глубине залегания клубней, °С	15
Предшествующая культура	картофель
Предшествующая обработка	фрезерование
Твердость почвы, МПа	1,1

Главный инженер ООО «Авангард»



Н.В. Липатов

Агроном по картофелеводству и
семеноводству ООО «Авангард»



И.В. Егорова

Д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой СИС и М
ФГБОУ ВО РГАТУ



С.Н. Борычев

К.т.н., доцент кафедры СИС и М
ФГБОУ ВО РГАТУ



Д.В. Колошеин

Аспирантка кафедры СИС и М
ФГБОУ ВО РГАТУ



Н.В. Симонова

Приложение №2
к акту испытаний картофелекопателя КТН-2В
с экспериментальным рабочим органом (рыхлителем)
от « 23 » сентября 2022 года

ПРОТОКОЛ №2

характеристика участка при полевых исследованиях

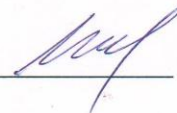
Наименование	Значение
Характеристика культуры:	
сорт	«Гала»
способ посадки	гребневый
биологическая зрелость	зрелые
состояние ботвы	скошена
Высота гряды, см	15
Ширина междурядий, см	70
Густота насаждения, тыс. шт./га	50
Характеристика гнезда:	
ширина, см	22
глубина залегания верхнего клубня, см	2
глубина залегания нижнего клубня, см	18
Биологическая урожайность клубней, т/га	31,2

Главный инженер ООО «Авангард»



Н.В. Липатов

Агроном по картофелеводству и
семеноводству ООО «Авангард»



И.В. Егорова

Д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой СИС и М
ФГБОУ ВО РГАТУ



С.Н. Борычев

К.т.н., доцент кафедры СИС и М
ФГБОУ ВО РГАТУ



Д.В. Колошеин

Аспирантка кафедры СИС и М
ФГБОУ ВО РГАТУ



Н.В. Симонова

Приложение №3
к акту испытаний картофелекопателя КТН-2В
с экспериментальным рабочим органом (рыхлителем)
от « 23 » сентября 2022 года

ПРОТОКОЛ №3

показатели качества работы картофелекопателя КТН-2В с
экспериментальным рабочим органом (рыхлителем) с серийно выпускаемой
машиной

Показатели работы	Значение	
	Серийный КТН-2В	КТН-2В с экспериментальным рабочим органом (рыхлителем)
Скорость движения, км/ч	2,5	2,7
Производительность за 1 час эксплуатационного времени, га/ч	0,25	0,27
Полнота уборки клубней, %	94,8	96,1
Оставлено в почве, %	0,8	0,8
Присыпано почвой, %	4,4	3,1
Повреждения клубней, %	2,8	2,9

Главный инженер ООО «Авангард»



Н.В. Липатов

Агроном по картофелеводству и
семеноводству ООО «Авангард»



И.В. Егорова

Д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой СИС и М
ФГБОУ ВО РГАТУ



С.Н. Борычев

К.т.н., доцент кафедры СИС и М
ФГБОУ ВО РГАТУ



Д.В. Колошеин

Аспирантка кафедры СИС и М
ФГБОУ ВО РГАТУ



Н.В. Симонова