

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова»

На правах рукописи

Мухин Дмитрий Вадимович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА УКЛАДКИ ПОЧВЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ПУТЕМ
ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
КОМБИНИРОВАННОГО УКЛАДЧИКА**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации
в сельском хозяйстве

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор Павлов П.И

Саратов 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ	12
<i>1.1 Анализ существующих видов закрытого грунта</i>	<i>12</i>
<i>1.2. Почвенные смеси, используемые в тепличном производстве.</i>	<i>13</i>
<i>1.3. Анализ существующих технических средств, применяемых для укладки почвенных компонентов и готовых почвенных смесей</i>	<i>15</i>
<i>1.4. Классификация технических средств, применяемых для укладки почвенных компонентов.</i>	<i>30</i>
<i>1.5. Анализ существующих исследований рабочих органов машин, применяемых для укладки компонентов</i>	<i>32</i>
<i>1.6. Цели и задачи исследования.</i>	<i>43</i>
<i>1.7. Выводы по главе</i>	<i>43</i>
2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УКЛАДКИ КОМПОНЕНТОВ ПОЧВЕННОЙ СМЕСИ КОМБИНИРОВАННЫМ УКЛАДЧИКОМ	45
<i>2.1. Предлагаемая технологическая схема укладки компонентов почвенных смесей.</i>	<i>45</i>
<i>2.2. Предлагаемая конструкционно-технологическая схема комбинированного укладчика.</i>	<i>47</i>
<i>2.3. Конструктивные параметры рабочих органов комбинированного укладчика.</i>	<i>49</i>
<i>2.4. Производительность комбинированного укладчика.</i>	<i>51</i>
<i>2.5 Взаимодействие рабочих органов скребкового транспортера с компонентами</i>	<i>53</i>
<i>2.6 Мощность на привод транспортера.</i>	<i>56</i>
<i>2.7. Взаимодействие рабочих органов дозирующего барабана с компонентами.</i>	<i>56</i>
<i>2.8. Энергоемкость комбинированного укладчика</i>	<i>58</i>

2.9. Выводы по главе.....	59
3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	60
3.1. Методика исследования технологических и физико-механических свойств почвенных смесей и их компонентов.....	60
3.2 Описание разрабатываемой экспериментальной установки.....	65
3.3. Программа и методика экспериментальных исследований.	68
3.4. Последовательность проведения опытов.....	70
3.5. Выводы по главе.....	72
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	74
4.1. Результаты исследований физико-механических свойств компонентов, используемых для приготовления почвенной смеси.	75
4.2. Результаты экспериментальных исследований.	76
4.2.1. Влияние угловой скорости и количества лопаток барабанов на производительность укладки почвенных компонентов.	77
4.2.2 Зависимость крутящего момента от угловой скорости и количества лопаток.....	79
4.2.3 Зависимость мощности на валу барабана от угловой скорости и числа лопаток барабанов.....	80
4.2.4 Влияние угловой скорости и количества лопаток на энергоемкость.....	81
4.3. Исследование влияния количества планок и скорости цепи на критерии эффективности комбинированного укладчика.	82
4.3.2 Исследование влияния количества планок и скорости цепи на крутящий момент на приводном валу комбинированного укладчика.	85
4.3.3 Исследование влияния количества планок и скорости цепи на мощность на приводном валу комбинированного укладчика.	87
4.3.4 Исследование влияния количества планок и скорости цепи на энергоемкость комбинированного укладчика.....	89
4.4. Исследование неравномерности укладки методом среднеквадратичного отклонения.	91

<i>4.5. Выводы по главе.....</i>	<i>95</i>
5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	96
<i>5.1. Расчет технико-экономической эффективности.....</i>	<i>97</i>
<i>5.2. Выводы по главе.....</i>	<i>100</i>
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	100
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	102
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	114

ВВЕДЕНИЕ

Выращивание овощных культур в условиях тепличного хозяйства является перспективным способом, позволяющим поставлять их потребителю круглый год, независимо от погодных условий. В теплицах и парниках культивируются растения не переносящие снижения температуры во время вегетации. Процесс выращивания в теплице позволяет организовать особый микроклимат с помощью остекления или синтетической пленки, а также искусственного обогрева. Оптимальный вариант выращивания в защищенном грунте – создание специальных условий для каждого из конкретных видов растения. Но на практике в одной теплице часто растут и при этом успешно дают урожай растения различных видов.

Овощеводство в защищенном грунте характеризуется совокупностью организационно-технологических и экономических особенностей [1]:

- требуются большие капитальные вложения, которые необходимы для создания теплиц и других культивационных сооружений;
- в теплицах овощи и другую продукцию выращивают в защищенном грунте на почвенных смесях искусственного происхождения, либо на малообъемных субстратах, поэтому земля не имеет решающего значения в качестве основного средства производства;
- тепличное овощеводство обуславливает необходимость в более сложных технологиях и организации производства по сравнению с открытым грунтом, из чего следуют повышенные требования к специальным знаниям, общей культуре и уровню квалификации работников;
- производство характеризуется совокупностью всех овощных культур, выращиваемых на одной и той же площади на протяжении года;
- в зависимости от календарных сроков выращивания, а также из-за биологических особенностей периоды вегетации различаются по видам овощных культур
- сроки выращивания определяют урожайность культур;

- по сравнению с открытым грунтом урожайность в тепличных хозяйствах выше в 10...15 раз;

- выращивание в закрытом грунте значительно повышает стоимость единицы продукции относительно обычного выращивания.

Существуют различные методики выращивания растений в тепличных условиях: грунтовая культура (закрытый грунт), гидропоника, на соломенных тюках и на инертных минеральных составах. Последний является наиболее известным и одно время широко применялся во многих странах, но из-за недостатков ввиду сложностей при герметизации стеллажей и поддонов, а также необходимости в больших емкостях и дезинфекции субстрата данный метод не нашел широкого распространения, в отличие от малообъемной гидропонной техники, применяемой в настоящее время. Однако, немаловажным недостатком продукции, полученной гидропонным методом, являются более низкие вкусовые качества и малое содержание витаминов относительно продукции, полученной в условиях закрытого грунта.

Понятие «закрытый грунт» означает высадку растений в почву и последующие технологические процедуры в теплицах или парниках. Преимущество такого способа заключается в высоких вкусовых качествах продукции. Растения защищены от погодных катаклизмов, что дает возможность начинать высадку гораздо раньше, чем в условиях открытого грунта. Также в теплицах и парниках необходимо поддерживать оптимальную температуру и влажность, и избегать их перепадов.

Актуальность темы исследования. Выращивание с/х продукции в закрытом грунте является одним из основных направлений тепличного производства. Основные преимущества данного способа – получение продукции круглый год с высокими вкусовыми качествами, возможность выращивания различных видов сельскохозяйственных культур. В 2017 году общий объем производства овощей составил 16323 тыс. т, из них было выращено в защищенном грунте 668,7 тыс. т или 4,1%. При пересчете на единицу населения страны эта величина составляет 8,2 кг овощей защищенного грунта, или 7,5% от общего

потребляемого количества. Для достижения полноценного обеспечения свежими овощами в течение всего года необходимо ускоренное развитие тепличного производства.

Выращивание овощей и другой продукции в теплицах предъявляет высокие требования к подготовке почвенной смеси. Значительные затраты труда и энергии требуются для распределения составляющих почвенную смесь компонентов — земли, торфа, песка, удобрений и др. в буртах перед смешиванием. Машин и механизмов для распределения (укладки) компонентов почвы для теплиц в настоящее время серийно не производится.

Используемые в этих целях бульдозерные навески БН-1, погрузчики ПКУ-0,8; ПЭ-0,8Б, разбрасыватели минеральных и органических удобрений РУН-1,5, РОУ-6 не обеспечивают требуемого качества укладки, имеют высокую энергоемкость, что приводит к общей низкой эффективности процесса.

Для укладки всех компонентов необходимо несколько проходов указанных технологических средств, что приводит к снижению производительности, росту энергоемкости и затрат на приготовление почвенной смеси в целом. Кроме того, не полностью исключается ручной труд.

Для повышения эффективности укладки необходимо достичь роста производительности и снижения энергоемкости укладки компонентов. Одновременная послойная укладка нескольких компонентов позволит сократить количество проходов агрегата, повысить производительность, снизить расход ГСМ. Разработка и обоснование параметров агрегата для одновременной послойной укладки почвенных компонентов, способного обеспечить требуемую производительность и эффективность укладки является актуальной научной задачей.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с приоритетным научным направлением ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ «Модернизация инженерно-технического обеспечения АПК» (регистрационный номер 01201151795) – создание высокопроизводительных грузоподъемных машин и другого навесного оборудования; Концепцией развития агропромышленного комплекса Саратовской

области до 2020 года (п.3.4.3 «Модернизация инженерно-технического обеспечения АПК»).

Степень разработанности темы. Существуют исследования, направленные на оптимизацию процессов разбрасывания и внесения различных органических и минеральных удобрений. Такие исследования выполняли Артюшин А. А., Варламов Г. П., Марченко Н. М., Личман Г. И., Хмыров В.Д., Новиков В.В., Коновалов В.В., Терюшков В.П., Щербаков С.И., Куденко, Ю. Е. Владимирский, А. А. Каликинский Я. П. Лобачевский, К. Д. Есхожин, К. М. Тлеумбетов. Однако, существующие машины и рабочие органы предназначены для открытого грунта и не позволяют производить качественную укладку компонентов почвы для теплиц.

Основная цель исследований направлена на повышение производительности, снижение энергоемкости путем обоснования параметров разрабатываемого укладчика для одновременной послойной укладки почвенных компонентов.

Цель работы: повышение производительности и снижение энергоемкости укладки компонентов почвенных смесей и обоснование конструктивно-режимных параметров комбинированного укладчика для закрытого грунта

Задачи исследований:

– на основе анализа существующих исследований разработать классификацию технических средств, используемых для укладки почвенных компонентов закрытого грунта, установить направления повышения их эффективности и создать новую конструкционную схему укладчика;

– исследовать основные физико-механические свойства компонентов почвенной смеси, используемой для закрытого грунта;

– исследовать теоретически процесс укладки компонентов смеси и получить аналитические выражения по определению производительности, мощности на привод и энергоемкости рабочих органов комбинированного укладчика;

– экспериментальными исследованиями установить влияние конструкционных параметров и режимов движения на производительность, мощность привода, энергоемкость и качество укладки почвенных компонентов в

виде вероятностно-статистических моделей и графических зависимостей и обосновать их рациональные значения;

– обосновать эффективность предлагаемой технологии технико-экономическими показателями предлагаемой технологии послойной укладки компонентов с применением комбинированного укладчика в условиях закрытого грунта, провести производственные испытания и разработать рекомендации к внедрению полученных результатов.

Объект исследования – технологический процесс послойной укладки почвенных компонентов рабочими органами комбинированного укладчика в условиях закрытого грунта.

Предмет исследования — зависимости и взаимосвязь показателей эффективности укладки компонентов почвенных смесей с конструктивными параметрами и режимами движения рабочих органов комбинированного укладчика.

Научная новизна работы состоит в:

– разработке классификации технических средств, применяемых для подготовки почвы в теплицах и обосновании новой конструктивно - технологической схемы комбинированного укладчика почвенных компонентов;

– разработке технологического процесса одновременной укладки компонентов почвенной смеси в условиях закрытого грунта с применением комбинированного укладчика;

– получении аналитических выражений для определения производительности, мощности и энергоемкости укладки почвенных компонентов комбинированным укладчиком;

– получении экспериментальных зависимостей и уравнений регрессии, описывающих влияние параметров комбинированного укладчика на производительность, мощность, энергоемкость и качество укладки.

Теоретическая и практическая значимость работы выражается в разработке формул для обоснования и расчета производительности, мощности на привод рабочих органов комбинированного укладчика и энергоемкости процесса

укладки. Определены рациональные конструкционные параметры и режимы взаимодействия исполнительных органов с компонентами почвенных смесей.

Разработанный комбинированный укладчик с обоснованными параметрами использован в АО «Совхоз-Весна» Саратовской области. Результаты проведенных исследований рекомендуются для проектно- конструкторских предприятий при разработке и проектировании комбинированного укладчика почвенных смесей закрытого грунта.

Методология и методы исследования основаны на всестороннем изучении существующих разработок и результатов исследований, системном подходе к реализации программы исследований. Теория работы комбинированного укладчика построена на основе теоретической и прикладной механики с получением аналитических выражений для определения показателей эффективности. Экспериментальные исследования проведены с использованием математической статистики, применением многофакторного планирования и существующих, а также разработанных на их основе методик. Результаты экспериментов обрабатывались на ПЭВМ с помощью программного обеспечения MathCad и Excel.

Методологическую основу исследования составляли методы системного анализа и математической статистики. Теоретическое описание работы комбинированного укладчика выполняли на основе математического анализа и классической механики. Экспериментальные исследования проводили с применением многофакторного планирования, использованием существующих и разработанных на их основе методик. Обработку результатов экспериментов осуществляли на ПЭВМ с использованием программ MathCad и Excel.

Научные положения, выносимые на защиту:

– технология одновременной укладки компонентов почвенной смеси для закрытого грунта на основе использования разработанного комбинированного укладчика;

- аналитические зависимости, позволяющие выявить влияние конструктивных и режимных параметров на приводную мощность, крутящий момент, производительность и энергоемкость рабочих органов укладчика;
- результаты экспериментального обоснования конструктивных и режимных параметров комбинированного укладчика.

Степень достоверности и апробации результатов. Достоверность результатов экспериментов подтверждена необходимым количеством проведенных исследований, осуществлением статистического анализа полученных данных при помощи типового программного обеспечения; применением современных методик проведения эксперимента с использованием поверенных измерительных приборов.

Основные положения диссертационной работы были апробированы на конференциях профессорско-преподавательского состава по итогам научно-исследовательской деятельности за 2015-18 гг. Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова; на Международном научно - техническом семинаре им. В.В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники» (Саратов, СГАУ, 2016); на Инновационном форуме, посвященном 80-летию Саратовской области (Саратов, СГУ, 2016); на конференции "Стратегия развития сельского хозяйства в современных условиях – продолжение научного наследия Листопада Г.Е., академика ВАСХНИЛ (РАСХН), доктора технических наук, профессора" (Волгоград, ВолГАУ, 2018).

По результатам исследований опубликовано 8 печатных работ, в том числе 5 в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 1 патент РФ.

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 113 наименований, приложений. Текст диссертации изложен на 123 страницах, содержит 8 таблиц и 51 рисунок.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Анализ существующих видов закрытого грунта

Существует несколько видов закрытого грунта:

1. Утеплённый грунт, или парник – это небольшое и неотапливаемое сооружение, которое выполняется из таких материалов, как плёнка или иной укрывной материал. В парниках растения обычно высаживают на небольшой срок, а именно до окончания холодов и наступления благоприятной для выращивания погоды.

2. Плёночные сезонные теплицы. Это каркасные строения, которые покрыты одним слоем плёночного или же полимерного материала. Преимуществом данного вида теплиц является то, что в них растения можно высаживать с ранней весны [1].

3. Зимние теплицы – это такие же конструкции, только с двойным слоем утепления, а зачастую с использованием стеклянного покрытия. В них применяется система терморегуляции в виде подогрева, или же охлаждения изнутри. Данные условия означают, что такой вид закрытого грунта можно использовать круглогодично, без риска подвергнуть растения перегреву или переохлаждению.

Вне зависимости от вида закрытого грунта, очень важным пунктом для создания благоприятных условий и получения хорошей урожайности является качество почвы, а точнее, почвенной смеси. Для успешного выращивания различных культур применяют и различные по соотношению компонентов почвенные смеси [1].

Все почвенные смеси разделяются по своему механическому составу, в зависимости от соотношения различных компонентов. Это лёгкие, средние и тяжелые смеси. Основными компонентами для приготовления смеси являются торф, навозный перегной, чернозем, компосты, песок, древесные опилки, мел

минеральные удобрения. Кроме того, почвенные смеси, применяемые в условиях закрытого грунта, разделяются на четыре группы в зависимости от длительности периода их использования:

- 1) Ежегодно сменяемые смеси.
- 2) Группа включает в себя такие смеси, которые обновляют раз в 2 – 3 года.
- 3) Средние, использование продолжается от 4 до 8 лет
- 4) Бессменные, которые не меняются более 12 лет. Важно отметить, что здесь длительность означает полную замену грунтовой смеси, поскольку во всех случаях ежегодно происходит ее частичное обновление [1].

Почва, используемая в тепличном хозяйстве, состоит из различных по физико-механическим свойствам и химическому составу компонентов. Компонентами почвы могут быть полевая земля, перепревший и полуперепревший навоз, торф и другие органические удобрения, песок, опилки и др. Каждый из них имеет свое назначение и влияет на свойства смеси, основным требованием является качественное перемешивание до однородного состава.

Только в этом случае растения будут развиваться правильно. Очень важно, чтобы в ней не накапливались болезнетворные микробы, грибки и вредители [1].

1.2 Почвенные смеси, используемые в тепличном производстве

В составе почвенных смесей могут включаться различные компоненты, тип и количество которых варьируется в зависимости от возделываемых культур. Наиболее распространенными являются следующие материалы: торф, перепревший навоз, опилки, чернозем, песок, компост, мел. В некоторых случаях в состав смеси включают минеральные удобрения, жидкие удобрения. В результате технологического процесса получаемые смеси имеют физико-механические свойства, которые значительно отличаются от исходных компонентов. Значения физико-механических свойств, для некоторых из распространенных составов приведены в таблице 1.1. В процессе хранения через некоторое время возможно существенное изменение свойств смесей, таких, как

увеличение плотности, коэффициентов трения и прочностных свойств, поэтому изготавливают почвенную смесь непосредственно перед укладкой в теплицах [2].

Современные тепличные хозяйства для приготовления почвенных смесей оборудуют специальные бетонные площадки, которые располагаются непосредственно около теплиц. На таком покрытии эффективно применяется техника, минимизируются потери ценных компонентов. Еще одно преимущество таких площадок – защита от загрязнения окружающей среды.

Таблица 1.1 – Физико-механические свойства почвенных смесей

Состав	Плотность кг/м ³	Коэффициент трения	Сопротивление сжатию, кПа	Сопротивление сдвигу, кПа	Влажность, %	Воздухо- емкость, %
чернозем + перепревший навоз + опилки	0,6... ...0,7	0,65... ...0,8	0,05	0,03	53	26
навоз полуперепре- вший + песок + опилки + торф	0,75... ...0,8	0,9... ...1,0	0,06	0,04	48	24
чернозем + опилки + перепревший навоз + минеральные удобрения	0,9... ...1,05	0,95... ...1,1	0,08	0,05	53	25

Приготовление почвенной смеси для выращивания на закрытом грунте предусматривает послойную укладку каждого компонента. Обеспечение необходимого соотношения компонентов в почве осуществляется укладкой в бурты шириной, соответствующей их относительному содержанию. Чем больше требуемое содержание, тем шире бурт данного компонента. Основным средством механизации данного процесса являются бульдозеры и бульдозерные навески, а также ковшовые погрузчики. Однако при этом сложно обеспечить необходимую равномерность укладки, и доводка буртов производится с использованием ручного

труда. При предварительном смешивании послойная укладка проводится с толщиной слоя в соответствии с необходимым содержанием компонента в смеси [2].

Последовательность проведения операций предусматривает размещение на поверхности площадки первым слоем торфа, измельченной лузги, опилок и других материалов, способных впитывать жидкие фракции и предотвращать потери органических и минеральных составляющих. Следующим слоем укладывается основной компонент — чернозем, полевая земля, перегной. Далее следует слой органических удобрений или компоста. Также возможна укладка мела, песка. Необходимость того или иного компонента определяется выращиваемой культурой и результатами агрохимического анализа [1].

Помимо бульдозера для приготовления посвенных смесей в небольших объемах могут использоваться машины типа смесителя торфоперегнойной массы СТМ-8/20. Данные смесители позволяют получать качественно перемешанную почвенную смесь, однако они работают в поточных линиях, требуют транспортного обслуживания и имеют небольшую производительность.

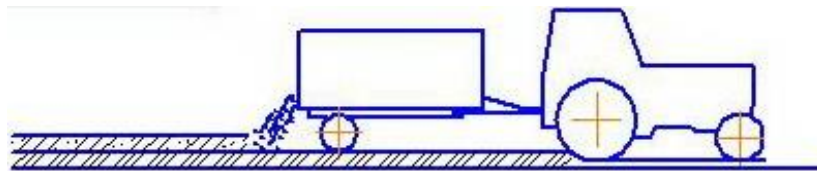
1.3 Анализ существующих технических средств, применяемых для укладки почвенных компонентов и готовых почвенных смесей

В связи с вышеизложенными требованиями к почвенным смесям большое значение приобретают технические средства, используемые для работы с почвенными смесями и их компонентами. Сразу следует отметить, что серийных машин такого назначения в настоящее время практически не выпускается. Для механизации данных процессов в тепличном производстве применяют в основном приспособленные технические средства из других областей сельскохозяйственного производства — бульдозеры и бульдозерные навески, разбрасыватели органических и минеральных удобрений, погрузчики непрерывного и периодического действия, дисковые бороны, фрезы, измельчители и др.

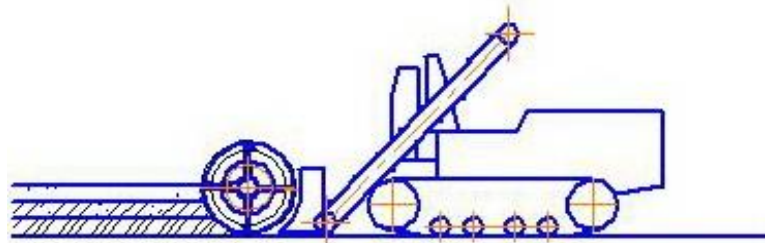
Наибольшее распространение получили следующие технологические схемы приготовления почвенных смесей. Первая технологическая схема (рисунок 1.1) включает послойную укладку компонентов почвенной смеси на площадке. Каждый компонент укладывается отдельным слоем последовательными проходами машины для укладки (разбрасывателя). Далее следует погрузка с одновременным смешиванием, которая проводится погрузчиком непрерывного действия. Почвенная смесь загружается в транспортное средство и транспортируется в теплицу. Следующей операцией является распределение почвенной смеси (тепличного грунта) по теплице, которая выполняется бульдозером.

Вторая технологическая схема основана на использовании для укладки почвенных компонентов бульдозера или погрузчика периодического действия с ковшовым рабочим органом (рисунок 1.2). Укладка компонентов на поверхность технологической площадки выполняется с помощью бульдозера (погрузчика с ковшом). Укладка также осуществляется в виде последовательных операций. Каждый компонент распределяется последовательно - несколько проходов. Некоторые компоненты укладываются вручную. Затем компоненты смеси загружаются с одновременным смешиванием в транспортное средство, транспортируются в теплицу и производится их укладка в виде почвенной смеси непосредственно в теплице.

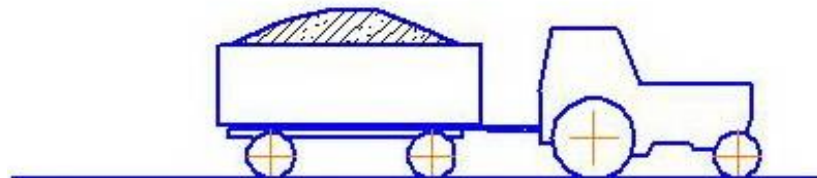
Обе технологические схемы имеют существенные недостатки. Для укладки каждого компонента почвенной смеси необходима отдельная операция и дополнительный ручной труд. Компоненты укладываются последовательно в несколько проходов, при этом происходит воздействие ходовой части и уплотнение ранее уложенных компонентов. Поэтому такие технологические схемы имеют низкую производительность, необходимы значительные затраты трудовых и материальных ресурсов. Кроме того, компоненты распределяются на площадке неравномерно, из-за чего почвенная смесь получается различной по своему составу. В конечном итоге увеличиваются затраты, а также себестоимость выпускаемой продукции.



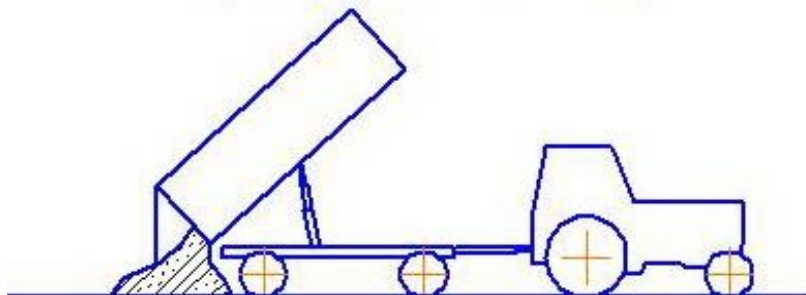
послойная укладка компонентов



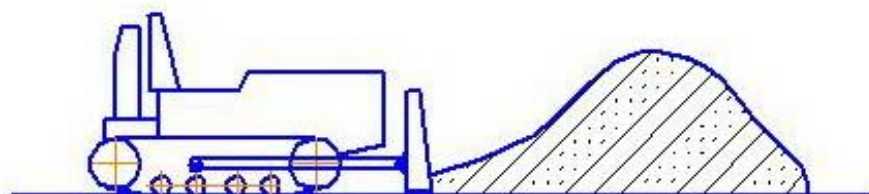
погрузка с одновременным смешиванием



транспортирование в теплицу

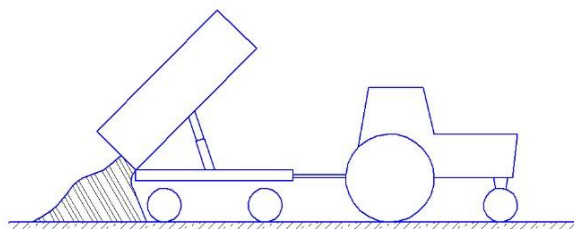


разгрузка в теплице на месте укладки

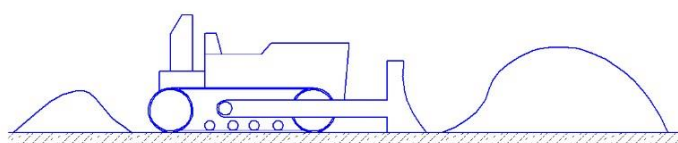


распределение почвенной смеси на поверхности теплицы

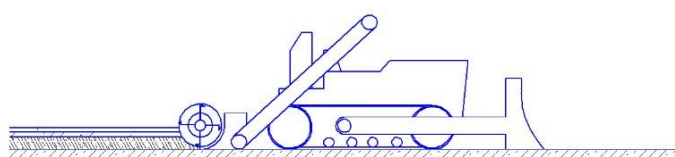
Рисунок 1.1 – Схема существующей технологии приготовления почвенной смеси для использования в теплице на основе разбрасывателей и погрузчика непрерывного действия.



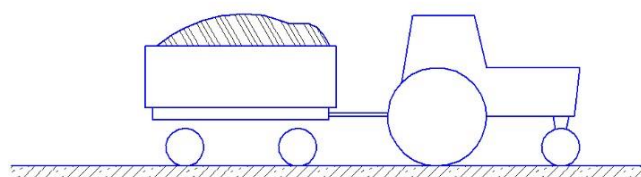
Раскладка компонентов на площадке в виде куч



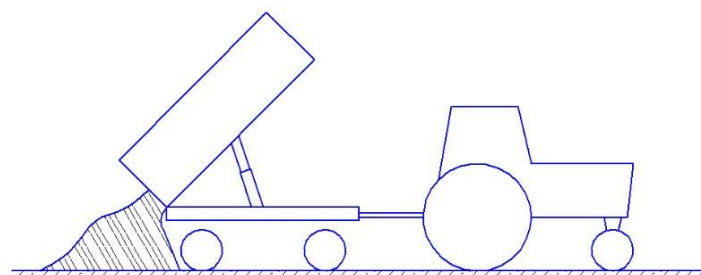
Распределение куч бульдозером по поверхности площадки



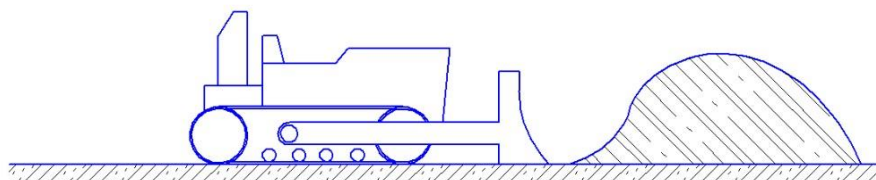
Погрузка с одновременным смешиванием



Транспортирование в теплицу



Разгрузка в теплице на месте укладки



Распределение почвенной смеси на поверхности теплицы

Рисунок 1.2 – Схема существующей технологии приготовления почвенной смеси для использования в теплице на основе бульдозера и погрузчика непрерывного действия.



Рисунок 1.3 – Трактор МТЗ с бульдозерной навеской.



Рисунок 1.4 – Навесной погрузчик ПКУ-0,8 с ковшом на трактор.

Для механизации процесса укладки почвенных компонентов перед смешиванием и погрузкой применяется ряд технических средств и машин. Как уже указывалось, распространенным является применение бульдозеров и тракторов с бульдозерными навесками (рисунок 1.3) [4].

Для укладки почвенных компонентов могут применяться разбрасыватели органических и минеральных удобрений.

При работе трактор с бульдозерной навеской распределяет из бурта или куч почвенные компоненты по площадке путем многократных заездов. Однако производительность и качество укладки очень низкие. Имеет место неточное распределение, уплотнение и потери материала, значительные затраты ручного труда.

Аналогично работают при укладке почвенных компонентов погрузчики периодического действия с ковшовым рабочим органом, например, ПКУ-0,8 (рисунок 1.4) или аналогичные по конструкции [5].

Процесс укладки почвенных компонентов с применением данных погрузчиков аналогичен тому, как производится укладка с применением бульдозера, и приводит к таким же недостаткам.

В условиях растениеводства закрытого грунта возможно применение прицепного разбрасывателя органических удобрений GL 4000 (рисунок 1.5), который предназначен для разбрасывания компоста, навоза, торфа и других видов удобрений по поверхности поля [6].

Разбрасыватель «GL 4000» состоит из агрегатов и узлов: цепное приспособление с гидравлическим приводом внутри бункера для подачи удобрений; 2 разбрасывающих диска с 4 регулируемые лопатками. Разбрасыватель имеет ширину разбрасывания удобрений 12...16 м и обладает эксплуатационной производительностью 2,0 Га/ч.

Разбрасыватель N-233 (рисунок 1.6) предназначен для разбрасывания навоза, извести, торфа, компоста и т.д. или для перевозки материалов с саморазгрузкой с помощью подающего транспортера. Разбрасыватель N-233

одноосный является универсальной многофункциональной сельскохозяйственной машиной [7].

Опционально оснащается одним из разбрасывающих адаптеров: А1Н – один барабан горизонтальный с лопатками; А2Н – два горизонтальных барабана с профилированными лопатками; А2НС – два горизонтальных барабана с червячными витками; А4VS – четыре вертикальных барабана с червячными витками.



Рисунок 1.5 – Разбрасыватель органических удобрений «GL 4000».

Данная машина может укладывать один вид материала за проход, кроме того, имеет низкую точность дозирования, что особенно важно при работе с концентрированными удобрениями.

В рассматриваемых условиях может быть использован разбрасыватель органических удобрений PRONAR N161 (рисунок 1.7) [8]. Он предназначен для поверхностного внесения всех видов навоза, извести, торфа и компоста на возделываемые поля, луга и пастбища. Разбрасыватель имеет двухвальцевый горизонтальный разбрасывающий адаптер с измельчающими барабанами.

Машина имеет ширину разбрасывания 2,4 м с соответствующими дисками, агрегируется с тракторами классов 1,4...2.



Рисунок 1.6 – Разбрасыватель N-233.



Рисунок 1.7 – Разбрасыватель органических удобрений PRONAR N161.

Данная машина имеет значительные габариты, поэтому ее сложно использовать в ограниченном пространстве тепличного хозяйства и достичь требуемой равномерности укладки компонента.

Также возможно применение тарельчатого разбрасывателя АИР-20 [9]. Агрегат АИР-20 предназначен для освобождения от тары (мешковины) и измельчения залежалых и упакованных минеральных удобрений, измельчения неупакованных удобрений и одновременной загрузки подготовленной массы для внесения в транспортные средства или бункера сеялок. Агрегат АИР-20 присоединяют к прицепному устройству трактора, соединяют ВОМ трактора с валом принятия мощности карданной передачи. При этом внутренние вилки противоположных шарниров должны быть в одной плоскости. Фиксируют вилку шарнира болтом и защитные кожухи карданной передачи, соединяют штепсельную вилку с розеткой трактора, включают ВОМ трактора и проверяют работу и взаимодействие рабочих органов.

Упакованные или неупакованные залежалые минеральные удобрения погрузчиком ПКУ-0,8 загружают в бункер 1 (рисунок 1.8). Во время работы питательный механизм осуществляет колебательное движение и подает минеральные удобрения к измельчительному устройству, которое состоит из двух встречно вращающихся барабанов 3, и подпружиненных противорежущих пластин 4. В измельчительном устройстве минеральных удобрений и мешкотара измельчаются.

Измельченная масса, которая состоит из минеральных удобрений и мешкотара, приходит на сепараторное устройство 5, где отделяется мешкотара и другие посторонние предметы. Из сепараторного устройства удобрения просыпаются на выгрузочный элеватор и направляются через шарнирно закрепленный откидной элеватор в машины для внесения удобрений, загрузчики сеялок и другие транспортные средства. Посторонние примеси из сепараторного устройства приходят на устройство для их удаления и выносятся с рабочей зоны машины.

Недостатками данного агрегата является работа только с малосвязными грузами, недостаточная точность и равномерность укладки компонента.

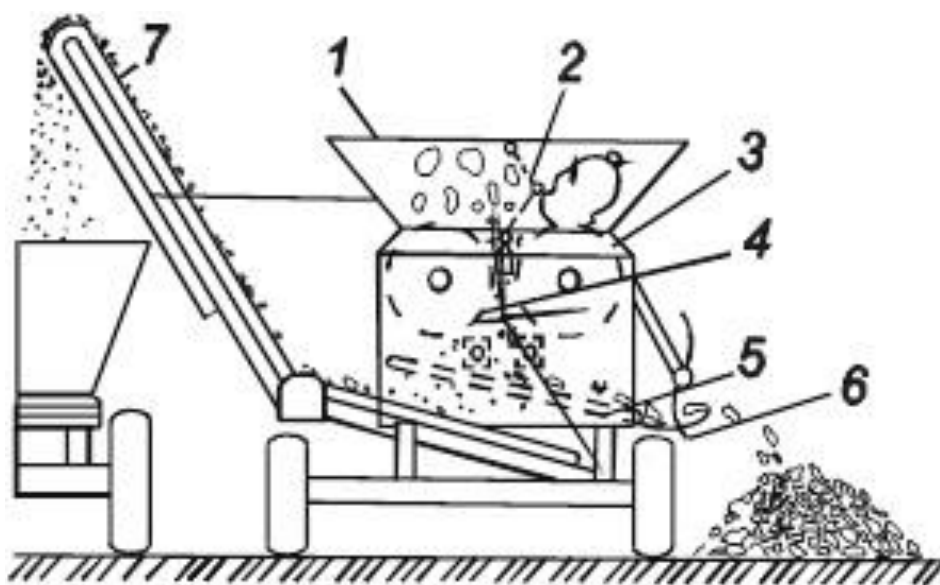


Рисунок 1.8 – Схема измельчителя-растаривателя АИР-20: 1 – бункер; 2 – питатель; 3 – барабан-измельчитель; 4 – противорежущая пластина; 5 – сепараторное устройство; 6 – ротор; 7 – транспортер.

Для внесения минеральных удобрений на поля применяется разбрасыватель РУМ-5 (МВУ-5) [11]. Возможно применение для укладки почвенных компонентов в тепличном производстве. С помощью этого агрегата (рисунок 1.9,1.10) возможно внесение твердых веществ различной плотности находящихся в сыпучем состоянии в виде порошка, гранул или кристаллов. В частности, это аммиачная селитра, суперфосфат, калийная соль, известковая мука, песок, мел другие удобрения.

Разбрасыватель имеет пятитонный сварной кузов, куда засыпаются удобрения, являющийся частью рамы. Внутри кузова расположен транспортер пластинчато-пруткового типа. Его приводит в движение либо тракторный вал отбора мощности (если удобрений вносится более шести тонн на гектар), либо (при меньшем количестве удобрений) вал, находящийся внутри полуоси правого заднего ходового колеса. Конвейер подает сыпучую массу на высеивающие диски

центробежного типа, каждый из которых оснащен четырьмя лопатками с желобками, закрепленными перпендикулярно друг другу. Движение на них поступает от тракторного ВОМ. В передаче движения участвуют кардан, редукторы конического типа, профили клиноременной типа и валы-сателлиты [111].



Рисунок 1.9 – Общий вид разбрасывателя РУМ-5 (МВУ-5).

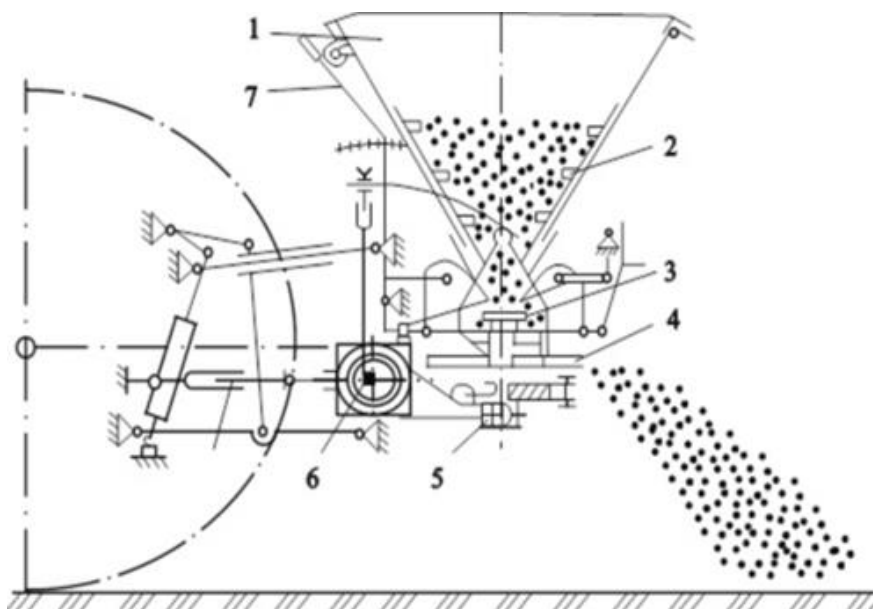


Рисунок 1.10 – Схема работы разбрасывателя удобрений РУМ-5:

1 – бункер; 2 – питатель; 3 – барабан-измельчитель; 4 – противорезущая пластина; 5 – сепарирующее устройство; 6 – ротор; 7 – транспортер.

Агрегируется с тракторами класса МТЗ-80/82. Производительность составляет до 148000 (м²/ч) с шириной захвата 14-20 м. Грузоподъемность 5 т, рабочая скорость до 15 км/ч, транспортная – 25 км/ч [11].

Для внесения твердых минеральных удобрений на поля выпускается машина МТТ-4У (рисунок 1.11), которая представляет собой полуприцеп, оборудованный транспортирующим и двумя рассеивающими рабочими органами центробежного типа [12]. Машина состоит из следующих элементов и механизмов: кузова, установленного на раму, балансирной тележки, привода для рабочих органов, туконаправителей, дозирующих заслонок.

Кузов агрегата сварен из листов металла, состоит из бортов и рамы. Кузов в данном случае является основанием, на которое крепятся рабочие органы и вспомогательные узлы. Он также служит приёмным устройством для загружаемых удобрений. На заднем борту кузов имеет проём для выгрузки массы, а также направляющие, на которые устанавливаются приводы и рассеивающие устройства. Привод транспортёров-питателей включает следующие элементы: карданные валы, цепные полумуфты, цепная передача и редуктор. Транспортёры-питатели подают удобрения к рассеивающим устройства. Транспортёр представляет собой цепь, с закрепленными транспортирующими прутками, соединенными пластинами [12].

Роль дозирующих заслонок исполняет секционный шибер с пружиной, который перемещается на заднем борту кузова по направляющим. Данный шибер предназначен для установки необходимой дозировки вносимых удобрений. Рассеивающие центробежные диски непосредственно распределяют удобрения по поверхности почвы. Для того, чтобы увеличить ширину рассеивания и улучшить равномерность распределения удобрений, форма дисков выполнена в виде конусов. Каждый диск снабжен четырьмя лопатками С-образного сечения.

РУМ-5 и МТТ-4 являются высокопроизводительными машинами для работы на полях большой площади. Их применение в тепличном хозяйстве затруднительно из-за ограниченного пространства, и малых объемов сыпучих материалов, применяемых в качестве почвенных компонентов.

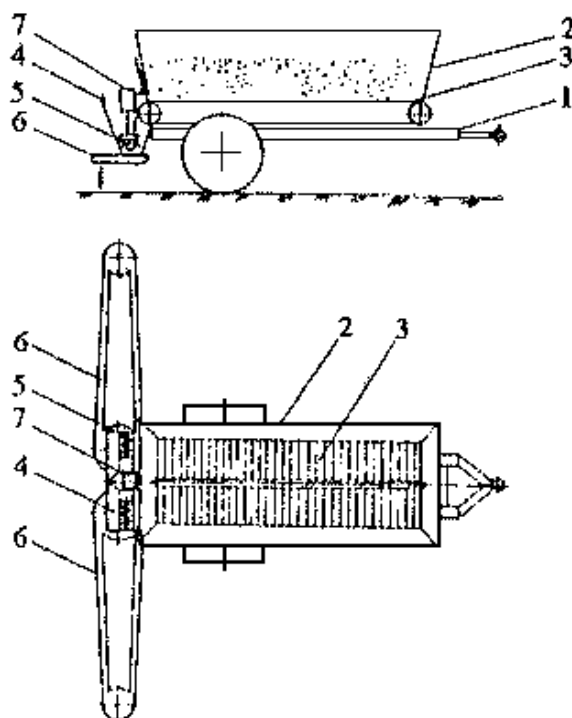


Рисунок 1.11 – Машина для внесения твердых минеральных удобрений: МТТ-4У: 1 – рама; 2 – кузов; 3 – цепочно-прутковый транспортер; 4 – приемный бункер; 5 – питающие шнеки; 6 – штанги с цепочно-шайбовыми транспортерами; 7 – шиберный дозатор.

Другой распространенной машиной, применяемой в теплицах, является разбрасыватель ПРТ-16М (рисунок 1.12). Разбрасыватель ПРТ-16М установлен на прицепе грузоподъемностью 15 тонн, агрегируется с тракторами тягового класса 6 [13]. Кузов разбрасывателя ПРТ-16М разделен на 2 секции: основную (4), образующуюся из боковых бортов и днища, и самосвальную (2). Самосвальная секция шарнирно связана с рамой. Она может поворачиваться вокруг шарниров во время подъема гидроцилиндром (3). Подкатная тележка (1) и балансирная подвеска с колёсами образуют ходовую систему машины. Дозирующий транспортёр ПРТ-16М, в отличие от разбрасывателя РОУ-6, получает привод от вала отбора мощности (ВОМ) трактора посредством редуктора и цепной передачи. Изменение скорости движения транспортёра осуществляется сменными звёздочками, которые установлены на валу привода [13].

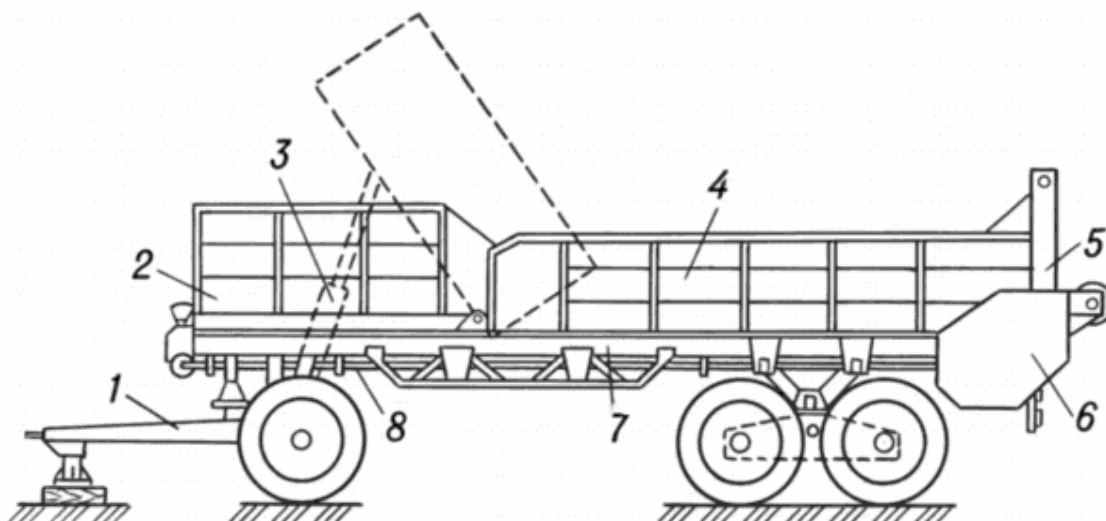


Рисунок 1.12 – Разбрасыватель удобрений ПРТ-16М: 1 – подкатная тележка; 2 – самосвальная секция кузова; 3 – гидроцилиндр; 4 – основная секция кузова; 5 – разбрасыватель; 6 – рама.

Разбрасыватель ПРТ-16М загружается удобрениями и транспортирует их к месту внесения. Непосредственно на поле тракторист подключает вал отбора мощности (ВОМ) и в движении начинает производить разбрасывание удобрений полосой 5-6 м. Сначала подача удобрений транспортёром к разбрасывающему органу ведётся только из основной секции. По прошествии 10-15 сек. после начала разбрасывания тракторист производит включение гидроцилиндров опрокидывающего устройства самосвальной секции, и удобрения начинают перемещаться в основную секцию. Поступающая масса подаётся транспортёром на разбрасывающие органы. После того как самосвальная секция опустеет, она возвращается в исходное положение.

Изменение дозировки внесения удобрений (20-60 т/га) осуществляется путём перестановки звезды привода дозирующего транспортёра, а также изменением скорости передвижения агрегата. Недостатками данного агрегата являются габариты и неточность дозирования, осложняющие его применение и избыточная производительность, не требуемая в условиях тепличных хозяйств [13].

Машина для внесения твердых органических удобрений МТО-3 (рисунок 1.13) предназначена для транспортировки и сплошного поверхностного внесения (разбрасывания) твердых органических удобрений [14]. Агрегатируется машина с колесными тракторами класса не ниже 1.4, которые имеют вал отбора мощности с частотой вращения 540 об/мин. Для разгрузки может быть использован транспортер, смонтированный в кузове.



Рисунок 1.13 – Машина для внесения органических удобрений МТО-3.

Данная машина имеет производительность разбрасывания 15 т/ч при рабочей ширине внесения удобрений 4...8 м и грузоподъемности 3 т.

Недостаток данного агрегата заключается в низкой равномерности укладки почвенных компонентов, что обусловлено конструкцией примененного рабочего органа, невозможности укладки нескольких компонентов за один проход машины.

Проведенный анализ существующих конструкций машин, применяемых для механизации работы с почвой в теплицах, разбрасывателей органических и минеральных удобрений, позволил сделать вывод, что данные конструкции создавались для открытого грунта, поэтому недостаточно эффективны для укладки компонентов при подготовке почвенных смесей. Их применение в условиях тепличного производства требует повышенных трудозатрат и затрат

топлива, не исключает ручной труд. Многие конструкции не обеспечивают точности дозирования и укладки.

Систематизация и анализ существующих машин и их рабочих органов, применяемых для укладки компонентов почвенных смесей, позволили составить классификацию по конструктивным, технологическим и эксплуатационным признакам.

1.4. Классификация технических средств, применяемых для укладки почвенных компонентов

Проведенный анализ существующих средств механизации, используемых для приготовления почвенной смеси, позволяет сформулировать основные конструктивно-технические признаки, и по ним составить классификацию технических средств.

Различают передвижные и мобильные механизированные средства, применяемые для укладки компонентов почвы закрытого грунта. [15] Мобильные средства перемещаются на различных площадках и являются более универсальными.

По виду укладываемых компонентов машины разделяют на универсальные и специальные [28, 36].

Также существуют иные признаки, по которым классифицируются технические средства для укладки почвенных компонентов - количество рабочих органов, один или два; наличие подающего транспортера, который по типу подразделяется на ленточные, скребковые, винтовые. [29, 32, 59].

В качестве основного критерия классификации выступает конструкция и принцип работы рабочего органа, который выполняет основную функцию. Рабочий орган, может быть шнековым, у которого процесс укладки выполняет шнек, и роторным – с вращающимися режущими элементами, выполненными в виде ротора.

Привод агрегатов может осуществляться от вала отбора мощности базовой машины, гидромоторов, электродвигателя [41].

по исполнению			
передвижные;		мобильные	
по способу агрегатирования			
на шасси;		прицепные;	навесные
по количеству укладываемых рабочих органов			
один рабочим органом;		два рабочих органа	
по типу подающего транспортера			
ленточный;		скребковый;	винтовой
по типу рабочего органа			
транспортерный;		роторный;	барабанный
по виду укладываемых компонентов			
универсальные;		специальные	
по типу почвенных компонентов			
плотные (навоз, перегной) (песок, опилки, мел)		сыпучие жидкие	связные (торф, компост) – есть растительные остатки
по роду привода			
электрический;		от ВОМ трактора;	гидравлический
по кол-ву одновременно укладываемых компонентов:			
- для одного компонента (основная масса машин),		- для двух компонентов (отдельные образцы машин),	- комбинированные
по способу дозирования компонентов			
шиберные (ограничительные)	шнековые	изменением частоты вращения рабочих органов	изменением объема рабочего органа

Рисунок 1.14 – Классификация технических средств, применяемых для укладки почвенных компонентов.

Анализ разработанной классификации позволяет сделать вывод, что применяемые для укладки компонентов почвенных смесей технические средства оснащены одним рабочим органом. Следовательно, за один проход возможна укладка только одного компонента. Укладка нескольких компонентов потребует последовательные проходы машины. Количество проходов равно или более количества компонентов, что приводит к росту затрат труда и топлива. Кроме того, ряд технических средств не могут укладывать компоненты ровным слоем определенной толщины. Для разработки и исследований, в качестве перспективной приемем схему комбинированного укладчика, оснащенного тремя рабочими органами для одновременной укладки трех компонентов. Каждый рабочий орган должен иметь индивидуальную емкость определенного объема для подачи укладываемого компонента.

1.5. Анализ существующих исследований рабочих органов машин, применяемых для укладки компонентов

Машины и рабочие органы разбрасывателей, смесителей и др., которые в последующем применялись для укладки компонентов почвенных смесей, исследовались рядом ученых.

Исследованием разбрасывателя гранулированных органических удобрений занимался доктор технических наук, профессор В. Д. Хмыров [107]. В процессе разработки машины им изучалось влияние различных параметров на производительность. Данная величина зависит от скорости движения агрегата, ширины захвата и времени в работе. При использовании машины в полевых условиях ее производительность рекомендуется определять по формуле [107]:

$$Q_p = 0,1 * B * V * T, \quad (1.1)$$

где B – ширина разбрасывателя гранул, м; V – скорость движения, км/ч;
 T – время работы, ч.

На рисунке 1.15 представлен график зависимости производительности от скорости движения разбрасывателя гранулированных органических удобрений.

Из графика видно, что при увеличении скорости движения разбрасывателя увеличивается производительность, а при скорости больше 12 км/ч – снижается, так как крылач не справляется с разбрасыванием подаваемой массы гранул [107].

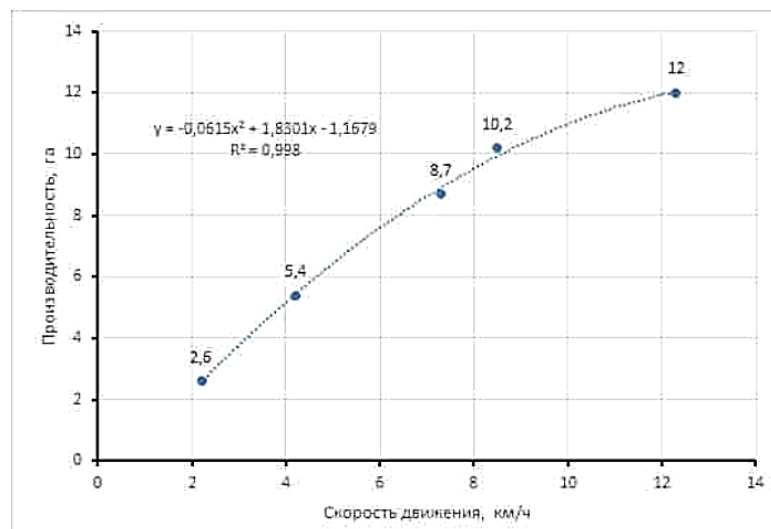


Рисунок 1.15 – График зависимости производительности от скорости движения разбрасывателя.

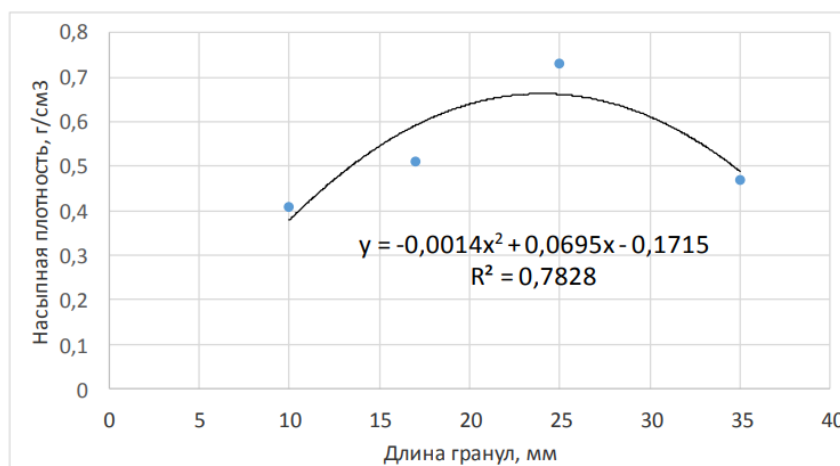


Рисунок 1.16 – Зависимость насыпной плотности гранулированных органических удобрений от длины гранул.

Из графика (рисунок 1.16) видно, что насыпная плотность органических гранулированных удобрений имеет значение оптимума при длине гранул от 23-28 мм [107].

Изучение показателей работы смесителя сыпучих материалов с винтовыми лопастями проводил кандидат технических наук, профессор Новиков Владимир

Васильевич [108, 112, 113]. Основной задачей являлось снижение энергозатрат лопастного смесителя.

Удельные энергозатраты можно определить [107]:

$$Y = \frac{A}{M} = \frac{\sum(N_i \cdot T_i)}{M}, \quad (1.2)$$

где A – работа, затраченная на приготовление смеси, Дж; M – масса приготовленной кормосмеси, кг; N_i – затраченная мощность на выполнение i -й операции технологического процесса, Вт; T_i – длительность выполнения i -й операции технологического процесса, с.

Суммарная производительность всех дозирующих устройств определяется производительностью смесителя, обеспечивающей соблюдение зоотехнических требований по показателям качества смеси [108]:

$$Q_{\text{см}} = \frac{M}{T_{\text{ц}}}, \quad (1.3)$$

где $T_{\text{ц}}$ – длительность цикла смесителя, с.

Мощность, затрачиваемая на привод лопастной мешалки N_m , можно определить с учетом площади контакта лопасти с материалом и геометрических параметров самих лопастей [108]:

$$N_m = \sum_Z (F_{P_k} \cdot V_{P_k} + F_{O_k} \cdot V_{O_k}), \quad (1.4)$$

где Z – количество лопастей, контактирующих с материалом; F_p , F_o – радиальная и окружная составляющие силы сопротивления материала, действующего на лопасть, Н [108]:

$$F_p = 9,81 \cdot \rho \cdot h_c \cdot S_i \cdot \text{tg}^2 \cdot (45^\circ + \chi/2) \cdot (\cos \alpha + f_i \cdot \sin \alpha), \quad (1.5)$$

$$F_o = 9,81 \cdot \rho \cdot h_c \cdot S_i \cdot \text{tg}^2 \cdot (45^\circ + \chi/2) \cdot (\sin \alpha + f_i \cdot \cos \alpha); \quad (1.6)$$

где V_p , V_o – радиальная и окружная скорости точки приложения равнодействующей сил сопротивления материала, действующих на лопасть, м/с:

$V_p = \omega \cdot [0,5 \cdot L \cdot \cos \gamma + b]$, $V_o = V_p \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha$, где L – длина лопасти, м; b – ширина лопасти, м; h_c – средняя глубина погружения лопасти в смесь, м; $\chi = \arg \text{tg}(f_i)$ – угол трения материала по лопасти, град.; f_i – коэффициент трения материала

по лопасти; γ – угол отгиба лопасти, 0 град.; α – угол установки лопасти к плоскости вращения, град.; S_L – площадь лопасти, м²

Итоговые выражения для составляющих мощности [108]:

$$F_{pi} = 9,81 \cdot \rho \cdot S_{Li} \cdot \Delta L \cdot \text{tg}^2 \cdot (45^\circ + \chi/2) \cdot [\cos\alpha_i + f_1 \cdot \sin\alpha_i], \quad (1.7)$$

$$F_{oi} = 9,81 \cdot \rho \cdot S_{Li} \cdot \Delta L \cdot \text{tg}^2 \cdot (45^\circ + \chi/2) \cdot [\sin\alpha_i + f_1 \cdot \cos\alpha_i]; \quad (1.8)$$

$$N_M = \sum_Z \sum_{i=1}^k (F_{Pi} \cdot V_{Pi} + F_{Oi} \cdot V_{Oi}). \quad (1.9)$$

Обоснованием параметров машин для дифференцированного внесения твердых органических удобрений занимался кандидат технических наук, профессор Щербаков Сергей Иванович [109].

Условие сброса порции удобрений лопастью нижнего барабана таково [109]:

$$m \cdot g \cdot \cos \gamma + m \cdot r \cdot \omega^2 \geq f(m \cdot g \cdot \sin \gamma + 2 \cdot m \cdot \omega \cdot v_r). \quad (1.10)$$

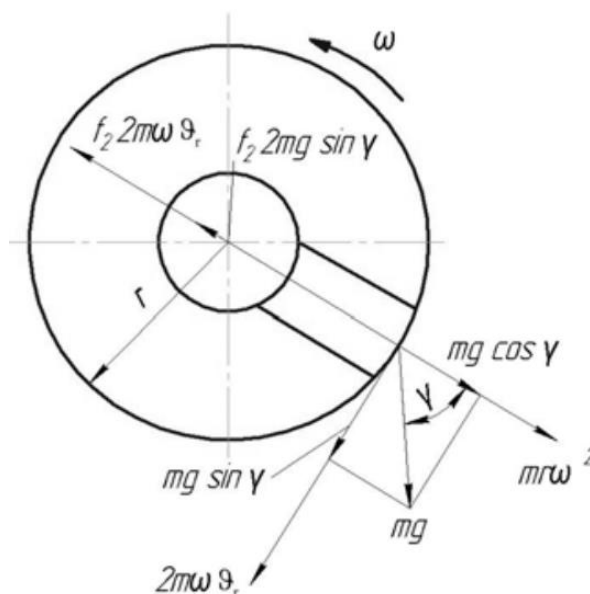


Рисунок 1.17 – Схема действия сил на лопасть подающего барабана.

Общий угол поворота лопасти находится по формуле:

$$\varepsilon_0 = \frac{l_k}{r}, \quad (1.11)$$

где l_k - длина дуги контакта лопасти с удобрениями, м.

$$l_k = 2 \cdot \sqrt{r^2 - (r - S_z)^2}, \quad (1.12)$$

где S_z - глубина захода лопасти в массу удобрений, м.

Углы вылета частиц в начале и конце схода удобрений с лопасти неодинаковы [109]:

$$a_{0н} = 90^\circ - \left(\frac{\varepsilon_0}{2} + \psi_n\right), \quad (1.13)$$

$$a_{0к} = 90^\circ - \left(\frac{\varepsilon_0}{2} + \omega T - \psi_k\right). \quad (1.14)$$

В случае применения машин для дифференцированного внесения твердых органических удобрений с изменяемым углом наклона будет происходить изменение высоты расположения верхнего барабана. Т. е. высота расположения верхнего барабана [109]:

$$H_0 = H_1 + \sin\alpha_6 \cdot l, \quad (1.15)$$

где H_1 – расстояние от поверхности почвы до подающего барабана, м; l – расстояние между осями подающего и распределяющего барабанов, м.

Общая ширина распределения:

$$B_0 = 2 \cdot x_{\max} \cdot \cos \alpha + L_6, \quad (1.16)$$

где L_6 – длина барабана, м.

Доктор технических наук, профессор Коновалов Владимир Петрович, и доктор технических наук, доцент Терюшков Вячеслав Петрович, занимались исследованием влияния частоты вращения мешалки и длины ее лопаток на качество смеси [110].

Полиномиальное уравнение регрессии неравномерности смеси ν , %, (графически представлено на рисунке 1.18) описывается следующим выражением:

$$\begin{aligned} \nu = & 153,9891 - 1,8906 \cdot L - 0,18455 \cdot n + 0,003108 \cdot (L')^2 + \\ & + 5,34 \cdot E^{-05} \cdot n^2 + 0,001933 \cdot L' \cdot n. \end{aligned} \quad (1.17)$$

Равномерность смеси V_p (0,01%) при показательной функции взамен полиномиальной будет иметь вид:

$$V_p = 1 - e^{-k \cdot T}, \quad (1.18)$$

где k – эмпирический коэффициент интенсивности смешивания; T – длительность смешивания компонентов смеси, с.

На основании соотношения функции степени для переменных частоты вращения и угла установки лопастей с обоснованными параметрами в функции

степени показательной функции рассчитано выражение эмпирического коэффициента интенсивности смешивания, учитывающего влияние длины лопаток и частоты вращения:

$$k = K_{nL} = \frac{0,1542453}{\left(\frac{1}{n}\right)^{0,261775} \cdot (0,815978L')^{28,13775}} \quad (1.19)$$

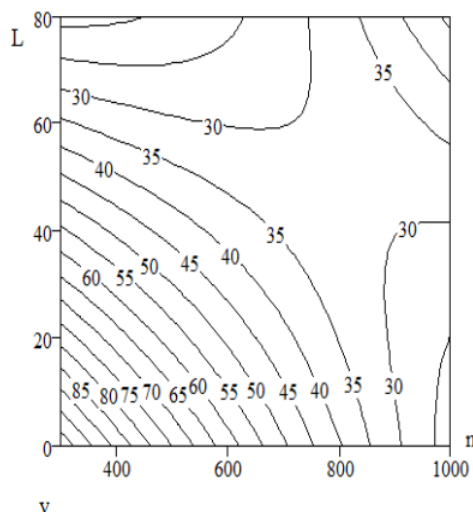


Рисунок 1.18 – Двухмерное сечение поверхности отклика неравномерности смеси v (%) в зависимости от частоты вращения n (мин^{-1}) и длины лопаток L' (мм).

Этими же авторами изучалось влияние конструктивных и режимных параметров мешалки смесителя на качество смеси [111].

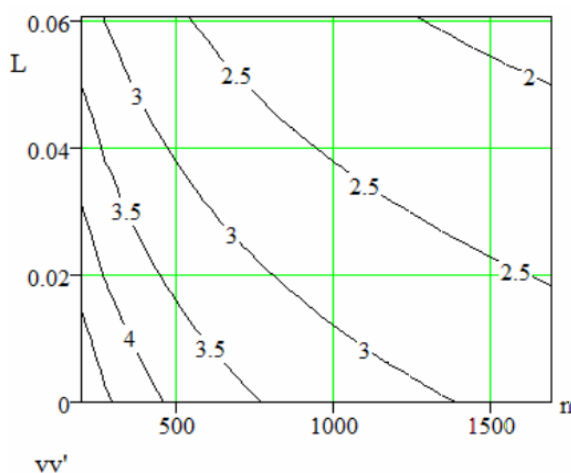


Рисунок 1.19 – Двумерное сечение влияния частоты вращения мешалки n (мин^{-1}) и длины лопаток L' (м) на функцию степени.

Уравнение регрессии неравномерности смеси v , %:

$$v = 153,9891 - 1,8906 \cdot L' - 0,18455 \cdot n + 0,003108 \cdot (L')^2 + 5,34 \cdot E^{-05} \cdot n^2 + 0,001933 \cdot L' \cdot n. \quad (1.20)$$

где L' – длина лопаток вне лопастей, м; n – частота вращения мешалки, мин⁻¹, n – частота вращения мешалки, мин-1.

При этом коэффициент корреляции составил $R = 0,96709$.

Погрузчик-смеситель удобрений СПУ-40М исследовался в диссертации Н.В. Павлова. [16] Наиболее подробно изучался процесс отделения частей удобрений от основного массива пальцами фрезбарабана. Теоретически и экспериментально исследовалась приводная мощность и энергоёмкость процесса работы фрезбарабанного питателя указанного погрузчика [24]. Особое внимание было уделено процессу фрезерования.

В диссертации Везирова А.О. проведены теоретические и многофакторные экспериментальные исследования погрузчика-смесителя почвы для закрытого грунта имеющего шнекофрезерный рабочий орган. [36]. Помимо шнековой ленты на валу данного рабочего органа установлены режущие зубья специальной формы. Зубья эффективно отделяют компоненты почвы от слоя или бурта, а винтовая поверхность шнека при вращении обеспечивает хорошее перемешивание отделенных частей [36]. Преимущества так же заключаются в компактности, высокой производительности и эффективном смешивании компонентов почвенной смеси.

Предлагаемый погрузчик-смеситель отличается от уже существующих погрузчиков непрерывного действия своей адаптированностью к работе в теплицах, поскольку обеспечивает необходимую производительность и высокое качество смешивания. В диссертации сделан вывод, что качество смешивания компонентов почвы определяется процессом их крошения при воздействии рабочего органа. Высокая степень крошения компонентов смеси при движении обеспечивает их качественное смешивание. В свою очередь, степень крошения напрямую зависит от усилия, которое передается на компоненты почвы при взаимодействии с ними зубьев рабочего органа. Производительность смешивания

и погрузки для почвенной смеси, включавшей n компонентов, зависит от количества зубьев z , выполняющих отделение в каждый момент времени, и рекомендовано определять по теоретической зависимости: [36]:

$$Q_n = (\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 + \dots + \rho_n V_n) / t = (\rho_1 B_3 \frac{V\pi(y_2 - y_1)}{2\omega} + \rho_2 B_3 \frac{V\pi(y_3 - y_2)}{2\omega} + \dots + \rho_n B_3 \frac{V\pi(y_{n+1} - y_n)}{2\omega}) z K_z / t, \quad (1.21)$$

где $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ – плотность 1, 2, ..., n -го компонента, кг/м³; V_1, V_2, \dots, V_n – отделяемый объем 1, 2, ..., n -го компонента, м³; t – время прохождения зуба через все n компонентов почвенной смеси; B_3 – ширина зуба; y_1, y_2, y_3 – верхние границы слоев компонентов почвенной смеси; ω – угловая скорость вращения рабочего органа погрузчика, 1/с; K_z – коэффициент влияния количества зубьев.

Мощность, необходимая на отделение компонентов зубьями рекомендуется определять по формуле [36]:

$$P_p = \sum F_3 v_3 = \frac{z_3}{4} \sigma_p b B \sin(\varphi_{тр} + \frac{\gamma}{2}) v_3, \quad (1.22)$$

где z_3 – полное число зубьев на рабочем органе.

В данной работе степень смешивания в теоретической части предлагается оценивать по степени крошения компонентов почвенной смеси. Технологические показатели, которые определяют качество готовых смесей – качество смешивания компонентов, определяемое коэффициентом качества смешивания - K ; влагоемкость, воздухоемкость были исследованы экспериментальным путем. Установлены показатели конструктивных и режимных параметров, при которых погрузчик-смеситель обладает наибольшей эффективностью по критериям оптимизации [36].

Рабочие органы погрузчиков непрерывного действия исследовались Павловым П.И. [37]. Исследования заключались в решении проблем ресурсосбережения в процессе погрузке различных видов навоза. Проведены исследования кинематического и динамического движения рабочих органов машин для создания механико-математических основ проектирования питателей,

а также обоснования параметров их рабочих органов. Для определения производительности предложены формулы, которые включают в себя все основные параметры питателей. Для лопастного питателя, ось вращения которого наклонена под углом относительно направления поступательного движения [37]:

$$Q = \frac{\rho z_t \omega k_0 H}{2\pi} \left[\frac{v_{\Pi} R_p}{\omega} \cos(\omega t) + \frac{R_p^2 \omega \cos \alpha}{2} t - \frac{R_p^2 \cos \alpha}{4} \sin(2\omega t) \right], \quad (1.23)$$

где z_t - число лопастей ротора лопастного питателя в массиве груза в момент времени t ; H - высота лопасти, м; R_p - радиус ротора, м; ω - угловая скорость вращения лопастей, рад/с; v_n - поступательная скорость питателя, м/с; ρ - плотность навоза, кг/м³. [37]

Мощность на привод складывается из мощности на фрезерование (1.6) и мощности на транспортирование (1.7):

$$P_p = \sigma_p b h k_{\xi} z_t l_2 \frac{\omega}{\pi}. \quad (1.24)$$

$$P_{nep} = \rho k_0 H z_t (1 + f) \left[\frac{v_{\Pi} R_p}{\omega} \cos(\omega t) + \frac{R_p^2 \omega \cos \alpha}{2} t - R_p^2 \frac{\cos \alpha}{4} \sin(2\omega t) \right] \cdot \left(\frac{\omega^3 R_{\Pi}^2}{\pi} + g \omega R_{\Pi} (f + \sin \alpha) \right), \quad (1.25)$$

где k_{ξ} - коэффициент изменения толщины режущей кромки при работе лопасти; l_2 - длина траектории движения режущей кромки лопасти, м; t - время прохождения режущей кромкой траектории l_2 , $t = l_2 / (2n) = \pi / \omega$, с; z_t - число лопастей, отделяющих навоз в момент времени t ; R_p - радиус лопастей; ω - угловая скорость лопастей (рад/с). [37]

Рабочий процесс центробежного аппарата разбрасывателя сухих неорганических смесей был исследован Белоусовым С.В. [38]

Рабочий процесс центробежного аппарата состоит из двух фаз. В первой происходит относительное перемещение частиц удобрений по диску с момента их

поступления на него. Во второй фазе – падение туков, брошенных диском с определенной скоростью в горизонтальной плоскости.

В момент схода частицы с диска ее абсолютная скорость, v_a равна геометрической сумме переносной (окружной) скорости v_e и относительной скорости v_r движения частиц вдоль выбросной лопасти, т.е. [38]

$$\overline{v_a} = \overline{v_e} + \overline{v_r}. \quad (1.26)$$

Теоретические расчеты, а также эксперименты показали, что численное значение скорости v_r , относительно переменной скорости v_e будет небольшим, и она незначительно влияет на абсолютную скорость, v_a . Поэтому в ходе практических расчетов предполагается, что частица сходит с выбросной лопасти и с края диска с абсолютной скоростью, которая приблизительно равна скорости v_e , т.е.

$$v_a \approx v_e. \quad (1.27)$$

Данное условие будет выполняться только в том случае, когда центробежный рабочий орган будет обладать постоянным радиусом по всей окружности. Предположим, что профиль диска выполнен по кривой ММ1. Рассмотрим, как будет соблюдаться условие $v_a = \text{const}$, радиус-вектор которой будет:

$$\rho_k = \rho_0 \frac{1-c^2}{2c} \sin\varphi_k + \rho_0 \cos\varphi_k. \quad (1.28)$$

где ρ_0 – радиус-вектор, ближайший к оси вращения, мм. c – постоянная интегрирования, φ_k – угол, определяющий расчетную часть диска. Для исследования различных форм кривых необходимо получить обобщенное выражение коэффициента для абсолютной скорости [38].

$$\alpha = \frac{\rho_k}{\rho_0} = \frac{R_k}{R_0};$$

$$X = \frac{(1-c^2)}{2c}, \quad (1.29)$$

где R_k – конечный радиус профиля, мм, R_0 – начальный радиус профиля, мм.

Получена формула полного превращения радиуса по профилю в безразмерных величинах $\alpha = X \sin\varphi_k + \cos\varphi_k$, отсюда [38]:

$$X = \frac{(\alpha - \cos \varphi_k)}{\sin \varphi_k}. \quad (1.30)$$

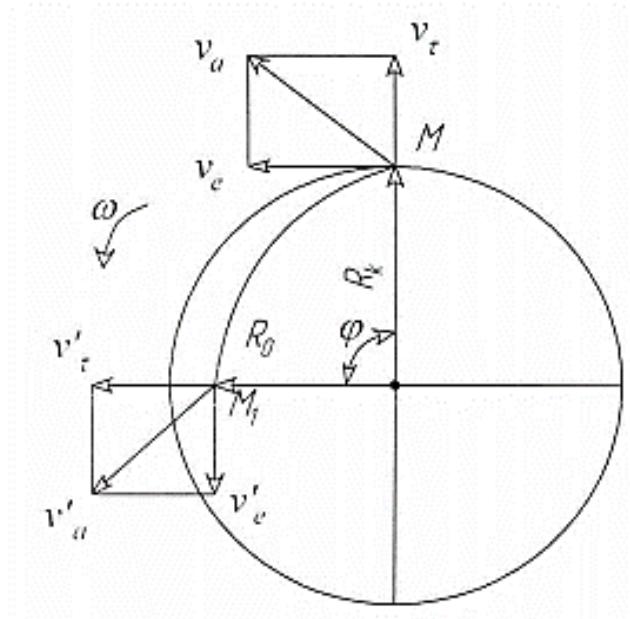


Рисунок 1.20 – Разложение абсолютной скорости на составляющие.

Пусть приращение текущего радиуса в любой точке линии профиля к начальному радиусу будет обозначено через ρ . Тогда выражение можно записать следующим образом:

$$\rho = \frac{(\alpha - \cos \varphi_k) \sin \varphi_k}{\sin \varphi_k + \cos \varphi_k}. \quad (1.31)$$

Так как

$$v = (v_e^2 + v_r^2)^{1/2},$$

где

$$v_r = \frac{dR}{d\varphi} \omega,$$

где ω – угловая скорость ротора, с^{-1} , и равно

$v_e = \omega R$, где $\rho(\varphi) = \frac{R(\varphi)}{R_0}$ – относительное изменение радиуса произвольной

точки профиля диска, который характеризуется углом φ . Необходимо ввести понятие коэффициента абсолютной скорости [38]. Для этого обозначим:

$$\frac{v_a(\varphi)}{R_0\omega} = v(\varphi). \quad (1.32)$$

Тогда (1.31) в относительных величинах запишется так:

$$v(\varphi) = \sqrt{\rho^2(\varphi) + \left[\frac{d\rho(\varphi)}{d\varphi}\right]^2}. \quad (1.33)$$

При условии $v(\varphi) = \text{const}$ получим [38]:

$$\begin{aligned} v &= \left[(x \sin \varphi_k + \cos \varphi_k)^2 + (x \sin \varphi_k - \cos \varphi_k)^2 \right]^{1/2} = \\ &= (x^2 \sin^2 \varphi + 2x \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi + \cos^2 \varphi + x^2 \cos^2 \varphi - 2x \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi + \sin^2 \varphi)^{1/2} = \\ &= (x^2 + 1)^{1/2} = \text{const}. \end{aligned} \quad (1.34)$$

Мощность, которая необходима для распределения удобрений одним дисковым аппаратом, определяется по следующему выражению [38]:

$$N_\Phi = \frac{Q_{B_p} V_{Mg}}{28,810 \cdot k_n^2 \cdot H} \cdot \exp(2k_n m + 2k_n^2 \sigma^2) \Phi[(2k_n \sigma + 3) - \phi(2k_n \sigma - 3)] \quad (1.35)$$

Таким образом, несмотря на имеющиеся исследования, можно сделать вывод, что физические процессы, происходящие при укладке различных компонентов почвенных смесей, рассмотрены недостаточно. Из этого следует, что невозможно применить их для обоснования параметров рабочих органов комбинированного укладчика.

1.6 Цели и задачи исследования

Цель работы: повышение производительности и снижение энергоемкости укладки компонентов почвенных смесей и обоснование конструктивно-режимных параметров комбинированного укладчика для закрытого грунта

Задачи исследований:

– на основе анализа существующих исследований разработать классификацию технических средств, используемых для укладки почвенных компонентов закрытого грунта, установить направления повышения их эффективности и создать новую конструкционную схему укладчика;

– исследовать основные физико-механические свойства компонентов почвенной смеси, используемой для закрытого грунта;

– исследовать теоретически процесс укладки компонентов смеси и получить аналитические выражения по определению производительности, мощности на привод и энергоемкости рабочих органов комбинированного укладчика;

– экспериментальными исследованиями установить влияние конструкционных параметров и режимов движения на производительность, мощность привода, энергоемкость и качество укладки почвенных компонентов в виде вероятностно-статистических моделей и графических зависимостей и обосновать их рациональные значения;

– обосновать эффективность предлагаемой технологии технико-экономическими показателями предлагаемой технологии послойной укладки компонентов с применением комбинированного укладчика в условиях закрытого грунта, провести производственные испытания и разработать рекомендации к внедрению полученных результатов.

1.7. Выводы по главе.

1. Существующие методы работы с почвой в теплицах предусматривают использование технических средств другого назначения для укладки почвенных компонентов, а также значительной доли ручного труда. Данная технологическая схема значительно снижает производительность труда и увеличивает затраты.

2. Создание машины с возможностью одновременной послойной укладки до трех компонентов позволит значительно снизить эксплуатационные расходы на этапе работы с почвенными компонентами.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УКЛАДКИ КОМПОНЕНТОВ ПОЧВЕННОЙ СМЕСИ КОМБИНИРОВАННЫМ УКЛАДЧИКОМ

Технологическая схема тепличного земледелия на закрытом грунте включает в себя различные операции, значительная часть которых связана с операциями по подготовке почвы. Почва для теплиц представляет собой смесь нескольких материалов: торфа, навоза, чернозема, опилок, и др. Материалы качественно перемешиваются и равномерно распределяются по поверхности теплицы. Качество готовой почвы во многом обуславливает высокую урожайность выращиваемых культур. Существующие технологии и методы приготовления почвы для теплиц, описание которых дано в первой главе, включают большое количество операций и являются трудоемкими и энергоемкими.

2.1 Предлагаемая технологическая схема укладки компонентов почвенных смесей

Для повышения производительности, снижения затрат при подготовке и использованию почвы и себестоимости готовой продукции необходима разработка новых методов. Предлагаемая технологическая схема подготовки и использования почвы включает следующие операции (рисунок 2.1). 1 – загрузка органических материалов в комбинированный укладчик. Органическими материалами могут быть чернозем, земля, торф; 2 – загрузка удобряющих материалов в комбинированный укладчик. Удобряющими материалами являются торф, органические удобрения, компост, опилки, мел и другие. Комбинированный укладчик имеет три емкости и три рабочих органа для укладки компонентов на поверхность площадки. 3 – послойная укладка материалов на площадке с помощью комбинированного укладчика, который позволяет укладывать несколько компонентов за один проход. Ранее каждый компонент почвенной смеси

укладывался отдельно. 4 – смешивание и погрузка в транспортное средство. Данная операция выполняется погрузчиком-смесителем, смешивание производится во время погрузки.

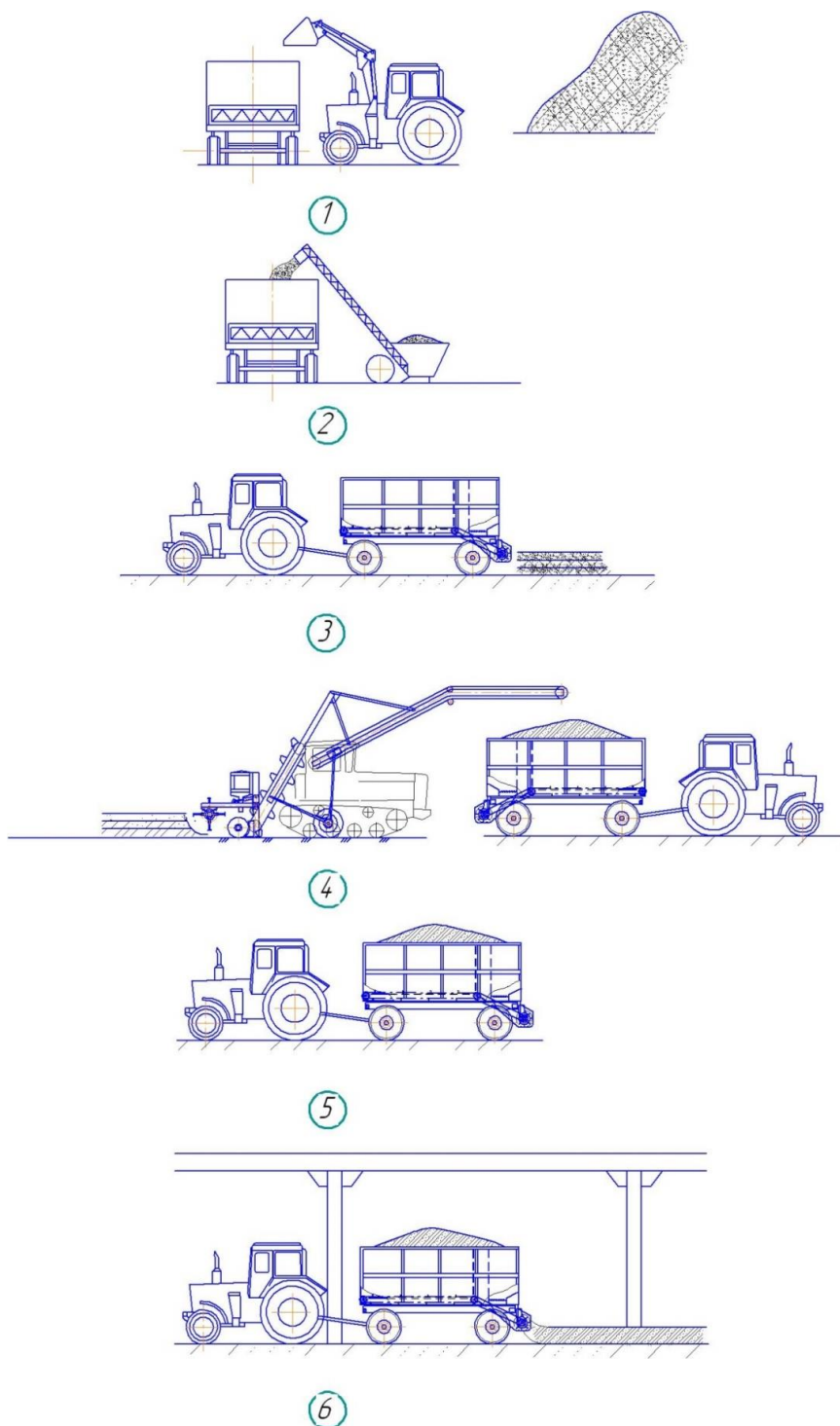


Рисунок 2.1 – Схема технологического процесса приготовления и укладки почвы в теплице с применением комбинированного укладчика

В существующих технологических схемах смешивание и погрузка являются разными операциями, выполняемыми разными машинами. 5 – доставка почвы в теплицу, 6 – распределение по поверхности пола теплицы.

Укладка почвенных материалов перед смешиванием выполняется комбинированным укладчиком (рисунок 2.2).

2.2 Предлагаемая конструкционно-технологическая схема комбинированного укладчика

Предлагаемая технологическая схема укладки почвенной смеси основана на применении комбинированного укладчика почвенных компонентов, который содержит установленный на колесный ход 8 кузов, разделенный на три изолированных бункера – передний 1, средний 2 и задний 3 бункеры, прикрепленную к днищу кузова направляющую пластину 10. Для крепления к двигателю в передней части кузова расположена сцепка 4. Также в передней части кузова имеется гидромотор 5, который через цепную передачу 6 приводит в движение шестерню ведущего вала 14 цепочно-планчатого транспортера 7 в переднем бункере. Конструкция содержит также размещенную в бункере 1 регулируемую относительно днища ограничивающую заслонку 9, выгрузные устройства 11, содержащие установленные на подшипниках дозирующие барабаны 12. Вращение к барабанам передается с ведомого вала 15, отсекатели 13 в среднем и заднем бункерах, которые могут изменять положение относительно днища кузова. Кроме того, дозирующие барабаны 12 снабжены продольными пластинами 16.

Почвенные компоненты попадают через регулируемые отсекатели 1 на барабаны 2 с продольными пластинами 4. Дозирующие барабаны посредством расположенных на них продольных пластин обеспечивают равномерную укладку удобрений (рисунок 2.3). Укладчик соединяется с двигателем через сцепку 4. При включении гидромотора 5 его ротор через цепную передачу 6 приводит в

движение шестерню ведущего вала 14 цепочно-планчатого транспортера 7 в переднем бункере.

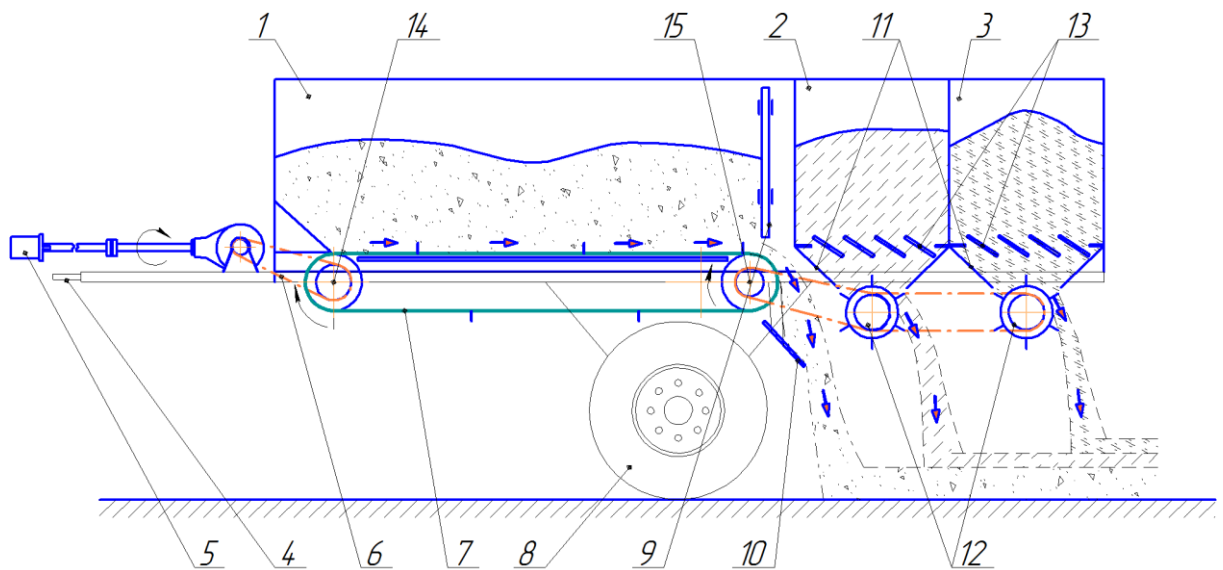


Рисунок 2.2 – Общий вид комбинированного укладчика

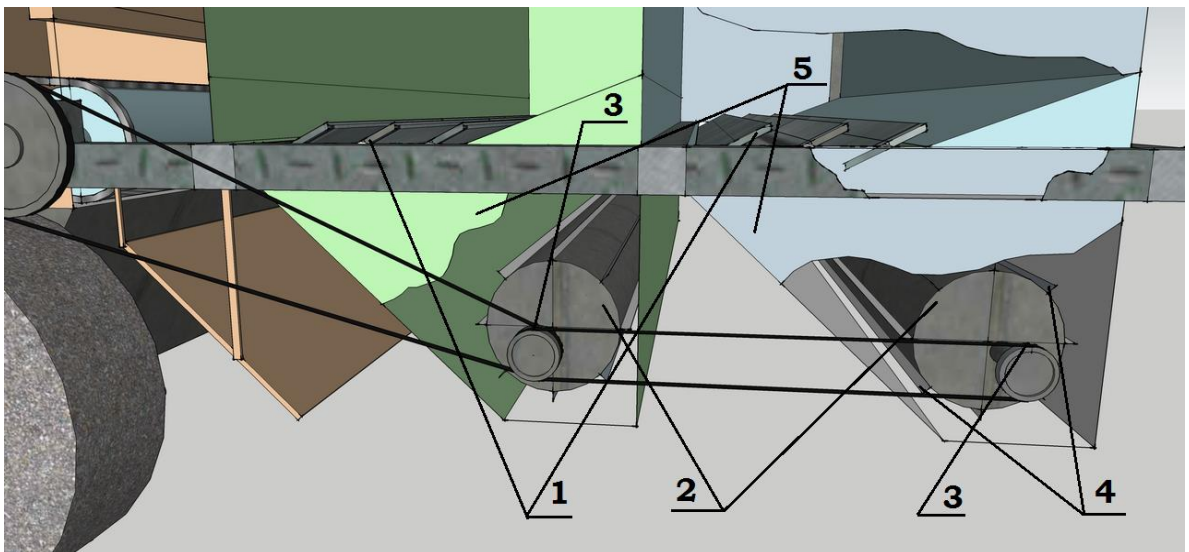


Рисунок 2.3 – Дозирующие барабаны: 1 – отсекатели, 2 – барабаны, 3 – приводные цепи, 4 – продольные пластины, 5 – выгрузные отверстия.

Далее вращение передается с ведомого вала 15 транспортера на дозирующие барабаны 12, установленные в выгрузных устройствах 11 среднего 2 и заднего 3 бункеров. Валы транспортера установлены на подшипниках, соосно размещенных в бортах бункера. Цепочно-планчатый транспортер 7 начинает подачу компонента

через регулирующую ограничивающую заслонку 9, ограничивающую поступление компонента, далее материал движется по направляющей пластине 10. Направляющая пластина 10 позволяет достичь большей равномерности и меньшего уплотнения слоя, и, как следствие, повышения качества укладки. Подача компонентов в среднем 2 и заднем 3 бункерах осуществляется через регулируемые отсекатели 13, изменяющие свое положение относительно днища бункеров, тем самым регулируется интенсивность выгрузки компонентов. Далее компоненты проходят через дозирующие барабаны 12, расположенные в выгрузных устройствах 11 на соосно установленных подшипниках.

Работа комбинированного укладчика осуществляется следующим образом. При начале движения трактора с укладчиком включается в работу гидромотор. Запускаются цепочно-планчатый транспортер и дозирующие барабаны. В процессе укладки планки транспортера отделяют нижний слой от массы компонента и подают их на прикрепленную к кузову пластину через ограничивающую заслонку. Из двух других бункеров компоненты поступают через отсекатели на барабаны, где продольные лопатки распределяют удобрения. Происходит равномерная послойная укладка всех компонентов.

Для обоснования режимных параметров – скорости цепочно-планчатого транспортера, а также скорости вращения дозирующих барабанов, количества и высоты продольных лопаток необходимо исследовать их влияние на показатели эффективности работы укладчика.

2.3 Конструктивные параметры рабочих органов комбинированного укладчика

В состав комбинированного укладчика входят: дозирующие и подающие рабочие органы, включающие бункер с выгрузными отверстиями, подающий транспортер и дозирующие барабаны с продольными лопатками.

Основными параметрами рабочих органов комбинированного укладчика почвенных компонентов являются: режимные – частота вращения барабанов n_b (об/мин), угловая скорость барабанов ω_b (рад/с); частота вращения валов

транспортера n_m (об/мин), угловая скорость звездочек транспортера ω_m (рад/с) барабана; поступательная скорость планок транспортера v_c (м/с), поступательная скорость укладчика v (м/с), количество планок транспортера N .

Конструктивные параметры (рисунок 2.4) разделяются для дозирующих и подающих рабочих органов: длина бункера; вместимость бункера; длина, ширина выгрузных окон. Диаметр дозирующих барабанов; параметры рабочих поверхностей барабанов – количество и высота продольных лопаток. Составим схему конструктивных параметров отдельно для цепочно-планчатого транспортера и для дозирующего барабана.

Конструктивные параметры цепочно-планчатого транспортера.

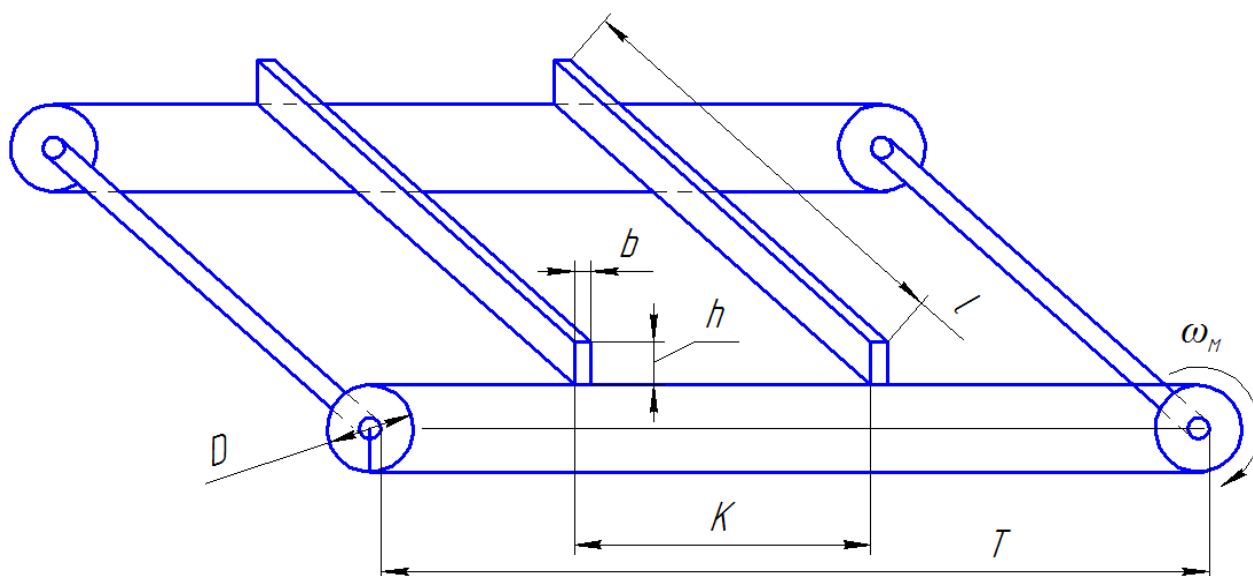


Рисунок 2.4 – Обозначение конструктивных параметров цепочно-планчатого транспортера: l – длина планки; T – расстояние между ведущим и ведомым валами; K – расстояние между планками (шаг); D – диаметр ведущей звездочки; $v_{ц}$ – скорость цепи транспортера; h – высота планки; ω_M – угловая скорость ведущего вала.

Конструктивные параметры дозирующего барабана, указанные на рисунке 2.5. Помимо указанных конструктивных параметров дозирующего барабана относятся ширина лопаток (ширина барабана) $b_{л}$; количество лопаток $z_{л}$.

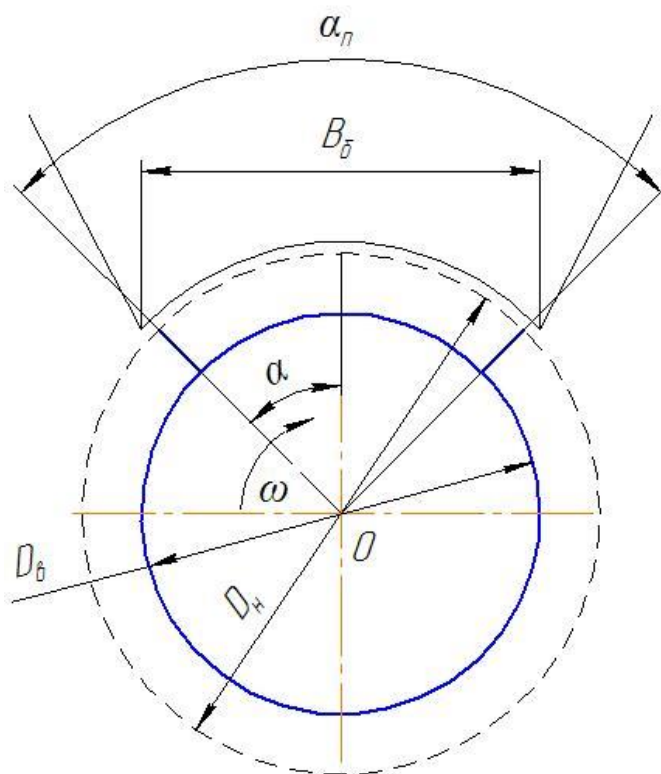


Рисунок 2.5 – Обозначение конструктивных параметров дозирующего барабана: D_n – наружный диаметр дозирующего барабана; $D_в$ – внутренний диаметр дозирующего барабана (диаметр цилиндра); $B_б$ – ширина окна, через которое происходит заполнение пространства между лопатками; α – угол между положением лопатки и вертикальной осью барабана; α_n – угол между лопатками.

2.4 Производительность комбинированного укладчика

Производительность комбинированного укладчика Q_y определяется, как сумма производительностей $Q_{1Б}$ и $Q_{2Б}$ дозирующих барабанов в среднем и заднем бункерах и производительности цепочно-планчатого транспортера $Q_{цт}$ в переднем бункере.

$$Q_y = Q_{цт} + Q_{1Б} + Q_{2Б}. \quad (2.1)$$

Производительность цепочно-планчатого транспортера (кг/с) определяется, исходя из общей формулы производительности машин непрерывного действия

$Q_m = \rho A v$, где ρ – плотность груза, A – площадь поперечного сечения, v – скорость груза [17]:

$$Q_{um} = K_3 B H \rho_{oy} v_u, \quad (2.2)$$

где K_3 – коэффициент, учитывающий заполнение межпланочного пространства, B и H – ширина и высота планки (м), ρ_{oy} – плотность органических удобрений (кг/м³), v_u – скорость движения цепей с планками (м/с).

Производительность (кг/с), дозирующих барабанов:

$$Q_B = \rho_{mk} V_{mk} / t_B, \quad (2.3)$$

где ρ_{mk} – средняя плотность компонентов, кг/м³; V_{mk} – объем компонентов, подаваемых дозирующим барабаном из бункера за один оборот, м³; t_B – время подачи объема V_{mk} , с.

Время $t_B = 1/n_k$

n_k – частота вращения дозирующего барабана, с⁻¹.

Объем V_{mk} компонентов определяется конструкцией дозирующих барабанов.

Для принятой конструкции в виде цилиндра с продольными лопатками (рисунок 2.3) будет иметь вид:

$$V_{mk} = K_{3l} V_{1l} z_l, \quad (2.4)$$

где V_{1l} – объем компонентов в межлопаточном пространстве, м³; z_l – число лопаток на барабане, шт; K_{3l} – коэффициент заполнения межлопаточного пространства.

$$V_{1l} = A_l b_l, \quad (2.5)$$

где A_l – площадь боковой проекции межлопаточного пространства, м²; b_l – ширина лопатки, м.

Площадь боковой проекции A_l , можно определить исходя из анализа рис. 2.5:

$$A_l = \pi \left(\frac{\alpha_n}{2\pi} \right) \frac{D_H^2 - D_B^2}{4}. \quad (2.6)$$

Тогда объем компонентов V_{mk} :

$$V_{mk} = K_{3l} \pi \left(\frac{\alpha_n}{2\pi} \right) \frac{D_H^2 - D_B^2}{4} b_l z_l. \quad (2.7)$$

Для производительности комбинированного укладчика получим выражение:

$$Q_y = K_3 BH \rho_{oy} v_{ц} + \rho_{mk1} K_{з1} \pi \left(\frac{\alpha_{n1}}{2\pi} \right) \frac{D_{н1}^2 - D_{в1}^2}{4} b_{л1} z_{к1} n_{к2} +$$

$$+ \rho_{mk2} K_{з2} \pi \left(\frac{\alpha_{n2}}{2\pi} \right) \frac{D_{н2}^2 - D_{в2}^2}{4} b_{л2} z_{к2} n_{к2}. \quad (2.8)$$

Анализ выражения (2.8) показывает, что производительность укладчика находится в прямолинейной зависимости от скорости цепи и частоты вращения барабанов, однако при этом меняется коэффициент заполнения рабочего пространства, что приводит к более сложной зависимости.

2.5 Взаимодействие рабочих органов цепочно-планчатого транспортера с компонентами

При работе планки цепочно-планчатого транспортера в кузове укладчика по силовому взаимодействию с материалом можно выделить два характерных положения (рисунок 2.6). В первом положении планка движется, опираясь нижней частью на настил, верхней частью – отделяет слой компонента в бункере. Во втором положении планка продавливает отделенный слой через шибберную заслонку, выполняя роль ограничителя подаваемой массы.

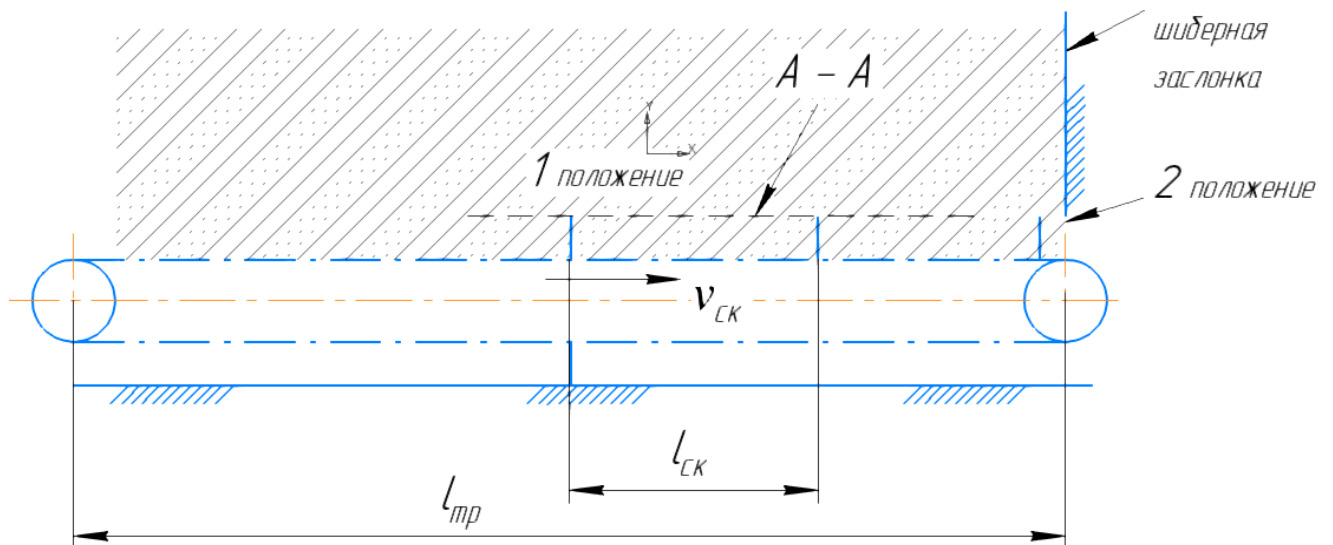


Рисунок 2.6 – Схема подачи и выгрузки компонента в переднем бункере цепочно-планчатым транспортером.

Рассмотрим первое положение (рисунок 2.7). Отделение слоя чернозема или другого компонента сдвигом внутри основного массива с образованием условной поверхности А - А сдвига отделяемой части относительно всей массы компонента в кузове.

Усилие планки $F_{ск}$ будет преодолевать следующие сопротивления:

$F_{сд}$ - сопротивление отделения слоя сдвигом от основного массива;

$F_{трп}$ - сопротивление от трения отделяемого слоя по образующейся поверхности самого материала;

$F_{трн}$ - усилие от трения отделяемого слоя по поверхности настила.

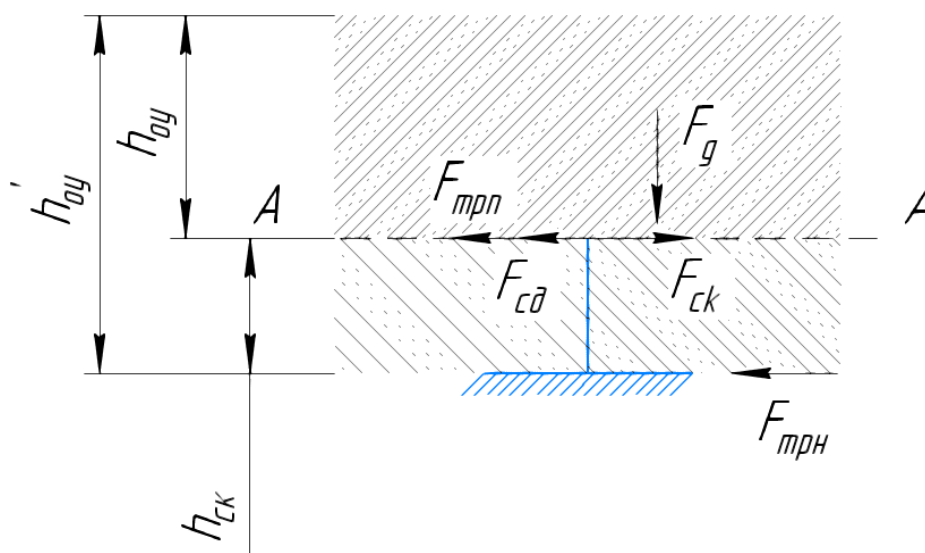


Рисунок 2.7 – Схема сил, действующих на планку в положении 1.

При этом необходимы следующие допущения: 1 – цепь натянута достаточно сильно, чтобы планка не отклонялась от вертикального положения; 2 – скорость движения планки невелика, и силами инерции можно пренебречь.

Усилие на планке:

$$F_{ск} = F_{сд} + F_{трп} + F_{трн}. \quad (2.9)$$

Раскроем значения входящих сил в формулу (2.9).

$$F_{сд} = A_{сд} \tau_{сд}. \quad (2.10)$$

где $A_{сд}$ – площадь поверхности сдвига компонента планкой, $м^2$;

$\tau_{сд}$ – напряжения сдвига компонента, Па.

$$F_{трн} = \rho_{оу} b_{ск} l_{ск} h_{оу} g f_{вн} , \quad (2.11)$$

где $\rho_{оу}$ – плотность компонента,

$b_{ск}$ – толщина планки,

$l_{ск}$ – длина планки,

$h_{оу}$ – высота слоя массива, от которого отделяется слой компонента,

g – ускорение свободного падения.

$$F_{трн} = \rho_{оу} b_{ск} l_{ск} h'_{оу} g f_{м} , \quad (2.12)$$

где $h'_{оу}$ – толщина слоя компонента в бункере.

Все силы направлены вдоль цепи транспортера.

Подставляя значения сил, получим выражения для усилия на планке:

$$F_{ск} = A_{сд} \tau_{сд} + m g f_{вн} + m g f_{м} = b_{ск} h_{ск} \tau_{ск} + \rho_{оу} b_{ск} l_{ск} h_{оу} g f_{вн} + \rho_{оу} b_{ск} l_{ск} h'_{оу} g f_{м} . \quad (2.13)$$

Во втором положении возникают дополнительные сопротивления от уплотнения органических удобрений перед шиберной заслонкой (рисунок 2.8).

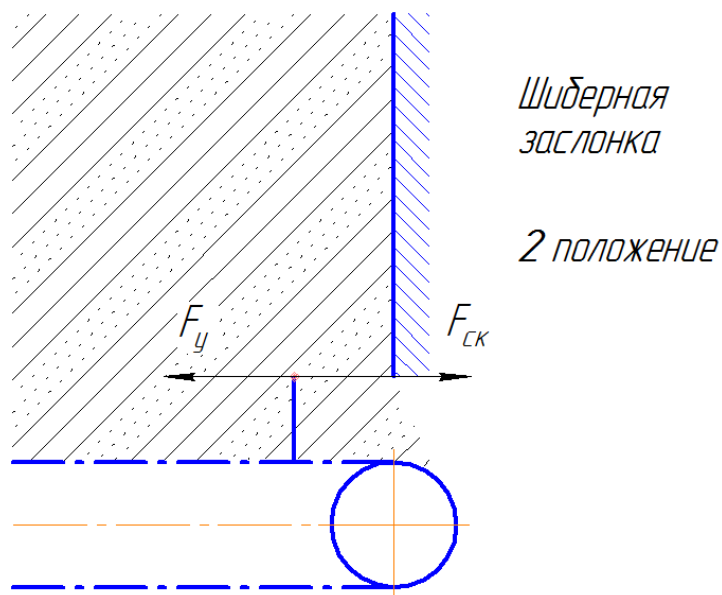


Рисунок 2.8 – Положение планки при взаимодействии с шиберной заслонкой.

Усилие на планке от уплотнения удобрений

$$F_y = \sigma A_y = \sigma b_{ск} h_{оу} , \quad (2.14)$$

где σ – напряжение крошения компонента.

Таким образом, усилие для перемещения при работе цепи с планкой будет определяться по выражению:

$$\begin{aligned}
 F_{\text{цс}} &= \sum F_{\text{ск}} + F_y = (F_{\text{сд}} + F_{\text{трп}} + F_{\text{трн}}) \frac{l_{\text{тр}}}{l_{\text{ск}}} + F_y = \\
 &= (b_{\text{ск}} h_{\text{ск}} \tau_{\text{ск}} + \rho_{\text{оу}} b_{\text{ск}} l_{\text{ск}} h_{\text{оу}} g f_{\text{вн}} + \rho_{\text{оу}} b_{\text{ск}} l_{\text{ск}} h_{\text{оу}} g f_{\text{м}}) \frac{l_{\text{тр}}}{l_{\text{ск}}} + F_y.
 \end{aligned} \quad (2.15)$$

2.6 Мощность на привод транспортера

Выражение, по которому определяется мощность, необходимая для привода транспортера:

$$P_{\text{тр}} = F_{\text{ск}} \cdot v_{\text{ц}}. \quad (2.16)$$

Заменим $F_{\text{ск}}$ имеющимся выражением для расчета усилия на планке, получим:

$$P_{\text{тр}} = (b_{\text{ск}} h_{\text{ск}} \tau_{\text{ск}} + \rho_{\text{оу}} b_{\text{ск}} l_{\text{ск}} h_{\text{оу}} g f_{\text{вн}} + \rho_{\text{оу}} b_{\text{ск}} l_{\text{ск}} h_{\text{оу}} g f_{\text{м}}) \cdot v_{\text{ц}}. \quad (2.17)$$

2.7 Взаимодействие рабочих органов дозирующего барабана с компонентами

На частицу, попавшую на лопатку барабана, с учетом того, что груз практически сыпучий, будут действовать (рисунок 2.8) силы: F_g - сила тяжести частицы, направленная вертикально вниз; F_n - сила реакции лопатки, направленная перпендикулярно поверхности лопасти; $F_{\text{и}}^{\text{цб}}$ - центробежная сила инерции; $F_{\text{и}}^{\text{т}}$ - тангенциальная сила инерции; $F_{\text{и}}^{\text{тр}}$ - сила трения частицы о поверхность лопатки; $F_{\text{с}}^{\text{тр}}$ - сила межслойного трения при смещении частицы относительно материала в бункере. Помимо указанных сил инерции, также будет действовать сила инерции Кориолиса, однако, ввиду отсутствия поступательной скорости относительно рабочих органов укладчика ее величиной можно пренебречь. Для определения силовых показателей работы укладчика необходимо

определить усилие на лопатке. Составим уравнения сил по осям координат (рис.2.8).

Направим оси координат:

- ось OX направим вдоль линии действия силы F_{Π} ;
- ось OY – перпендикулярно относительно OX.

Спроектируем все силы на ось OX:

$$\begin{cases} \sum F_x = F_{\Pi} + F_g \cos\beta - F_{\Pi}^2 - F_c^{TP} \\ \sum F_y = F_{\Pi}^n + F_g \sin\beta - F_{\Pi}^{CB} \end{cases}$$

(2.18)

Искомой величиной будет усилие на лопатке. Исходя из уравнения проекции всех сил на ось OX, и, согласно принципу Д'Аламбера, можно записать:

$$F_{\Pi} = F_{\Pi}^r + F_c^{TP} - F_g \cos\beta. \quad (2.19)$$

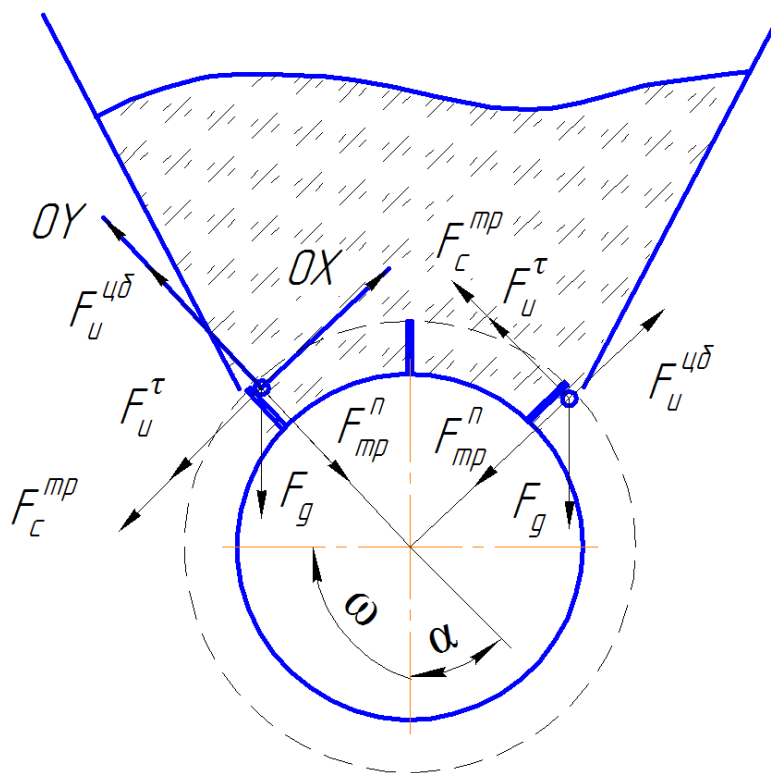


Рисунок 2.8 – Схема сил при взаимодействии лопатки барабана с частицей.

Анализ уравнения показывает, что основной силой сопротивления движению лопатки является сила межслойного трения; дополнительно необходимо преодолевать тангенциальную силу инерции F_u .

$$F_u^{\tau} = ma = m \frac{(v-v_0)^2}{2t} = m \frac{v^2}{2t}. \quad (2.20)$$

Так как окружная скорость вращения барабана определяется выражением:

$$v_B = \omega_B R_B. \quad (2.21)$$

где ω_B – угловая скорость барабана, а R_B – радиус барабана, то данное выражение можно подставить в формулу:

$$F_u^{\tau} = m \frac{\omega_B R_B}{2t}. \quad (2.22)$$

где t – время разгона частицы от скорости v_{B0} до v_B .

Выражение для определения силы трения сдвига:

$$F_c^{\text{TP}} = f_{\text{BH}} m_B g \quad (2.23)$$

Где f_{BH} – коэффициент внутреннего трения;

m_B – масса всего компонента в бункере.

Исходя из полученных выражений, можно вывести итоговую формулу для усилия на лопатке:

$$F_n = m \frac{v^2}{2t} + f_{\text{BH}} m_B g - mg \cos \beta. \quad (2.24)$$

Крутящий момент на барабане будет определяться следующей формулой:

$$T_B = \frac{z_n F_n D_B}{2}, \quad (2.25)$$

где z_n – количество лопаток, отделяющих компонент в момент времени t .

Мощность, необходимая для привода барабана:

$$P_B = T_B \omega_B. \quad (2.26)$$

Энергоемкость дозирочного барабана:

$$E_B = \frac{P_B}{Q_B}. \quad (2.27)$$

2.8 Энергоемкость комбинированного укладчика

Энергоемкость комбинированного укладчика вычисляется по формуле:

$$E = P / Q, \quad (2.28)$$

где P – суммарная мощность привода укладчика, Q – производительность укладчика (2.8).

$$\begin{aligned} P &= P_{\text{тр}} + P_{\text{пл}} \cdot z = \\ &= (b_{\text{СК}} h_{\text{СК}} \tau_{\text{СК}} + \rho_{\text{ОУ}} b_{\text{СК}} l_{\text{СК}} h_{\text{ОУ}} g f_{\text{ВН}} + \rho_{\text{ОУ}} b_{\text{СК}} l_{\text{СК}} h_{\text{ОУ}} g f_{\text{М}}) \cdot v_{\text{ц}} + \\ &\quad \frac{\sigma_{\text{кр}} B_3 v_{\text{п.с}}}{nz_1} + \frac{m(0,5\omega D_p)}{t} \cdot z. \end{aligned} \quad (2.29)$$

Получим итоговое выражение энергоемкости укладчика:

$$E = \frac{(b_{\text{СК}} h_{\text{СК}} \tau_{\text{СК}} + \rho_{\text{ОУ}} b_{\text{СК}} l_{\text{СК}} h_{\text{ОУ}} g f_{\text{ВН}} + \rho_{\text{ОУ}} b_{\text{СК}} l_{\text{СК}} h_{\text{ОУ}} g f_{\text{М}}) \cdot v_{\text{ц}} + (\sigma_{\text{кр}} B_3 v_{\text{п.с}} / nz_1) + (m(0,5\omega D_p) \cdot z) / t}{Q}. \quad (2.30)$$

2.9 Выводы по главе

1. Предложена новая технологическая схема укладки почвенных компонентов, позволяющая проводить одновременную укладку до трех компонентов. Для осуществления данной технологии разработана конструктивно-технологическая схема комбинированного укладчика (патент на полезную модель № 2016120102). Преимущества машины заключаются в возможности одновременной послышной укладки компонентов почвенной смеси. Данная особенность комбинированного укладчика повышает эффективность процесса укладки, и тем самым позволяет снизить затраты времени и труда на данном участке технологического процесса.

2. Получены аналитические выражения для цепочно-планчатого транспортера и дозирующих барабанов, описывающие взаимодействие рабочих органов с компонентами почвенных смесей, энергоемкость (2.30) и производительность (2.8) комбинированного укладчика

3. Установлены теоретические зависимости для определения крутящего момента, мощности, необходимой для привода, производительности и

энергоёмкости укладки компонентов почвенных смесей комбинированным укладчиком.

3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью экспериментальных исследований являлось:

- подтверждение полученных во второй главе теоретических положений;
- проверка достоверности выражений и аналитических формул;
- определение основных физико-механических свойств почвенных смесей и их компонентов;
- получение оптимальных значений параметров рабочих органов комбинированного укладчика экспериментальным путем;
- проверка эффективности применения комбинированного укладчика для укладки компонентов почвенных смесей в условиях тепличного производства.

В соответствии с этим, методика экспериментальных исследований включает в себя: изучение физико-механических свойств компонентов почвенных смесей; исследование режимных и конструктивных параметров рабочих органов комбинированного укладчика; определение оптимальных значений параметров рабочих органов комбинированного укладчика, оснащенного планками и продольными лопатками соответственно; сравнение полученных экспериментальных результатов с теоретическими положениями.

3.1 Методика исследования технологических и физико-механических свойств почвенных смесей и их компонентов

В составе почвенных смесей применяются компоненты с существенно различающимися физико-механическими свойствами. Это чернозем, торф, перепревший и полуперепревший навоз, земля, опилки, мел, песок. В результате смешивания данных компонентов получают почвенные смеси, которые также

имеют различные физико-механические свойства. К ним относятся плотность, коэффициент трения, влажность коэффициент внешнего трения, сопротивление деформациям и некоторые другие. Изучение данных свойств проводилось по известным методикам [18,19,20]. Эти методики хорошо известны и апробированы, определение с их помощью физико-механических свойств не представляет трудностей.

В ходе проведения экспериментальных исследований рассматривались следующие физико-механические свойства органических удобрений (навоза), грунта (таблица 3.1). Некоторые их свойства приняты из существующих исследований [20].

Таблица 3.1 – Физико-механические свойства органических удобрений и грунта.

Наименование материала	Плотность, кг/м ³	Объем тонны груза, м ³ /кг
Грунт		
рыхлый влажный	2100-1200	590
сухой	1200	830
Навоз КРС		
Торфо-соломистый		
соломистый	720...890	
свежий	1010	1000
полуперепревший	700...800	1400...1200
перепревший	500...750	2400...1400
Навоз свиной		
свежий	1050-1070	950...930
подстилочный	600-900	1670...1100

Плотность сельскохозяйственных грузов подвергнута значительным изменениям в зависимости от условий окружающей среды, способа погрузки, срока хранения и транспортирования. При этом относительная величина изменения плотности для одного и того же груза может составлять до 30-40%.

Уплотнение сельскохозяйственных грузов происходит до определенной величины, при достижении которой плотность стабилизируется, и ее дальнейшее увеличение происходит со значительно меньшей интенсивностью. Сыпучие грузы, уплотняясь, увеличивают плотность на 5...15%, связные – на 30...50%. Величина уплотнения характеризуется коэффициентом уплотнения, которая определяется как соотношение плотности после уплотнения к первоначальной [20].

Плотность определялась путем взвешивания определенного объема груза, взятого непосредственно с бурта. После определения объема и массы производился расчет по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (3.1)$$

где m - масса груза, кг;

V - объем порции груза, м³;

ρ - плотность, кг/м³.

Важной характеристикой компонентов почвенных смесей является сопротивление деформациям. Основными видами деформаций являются сопротивление сжатию, сдвигу.

Таблица 3.2 – Удельное сопротивление сжатию, сдвигу, коэффициенты трения грунта, навоза.

Наименование материала	Удельное сопротивление сжатию, Па	Удельное сопротивление сдвигу, Па	Коэффициент трения покоя	Коэффициент трения движения о сталь
Грунт	(20...160)·10 ³		0,75-1,0	0,55-0,65
Навоз		750...2400	0,5...0,92	0,81...1,4

Сопротивление грунта сдвига пределяется как предельное среднее касательное напряжение, при котором образец грунта сдвигается по фиксированной плоскости при заданном нормальном напряжении. Для определения удельного сцепления c и угла внутреннего трения ϕ необходимо

провести не менее трех испытаний при различных значениях нормального напряжения (ГОСТ 12248-96). Следует отметить, что имеющихся данных недостаточно для полного представления о физико-механических свойствах компонентов почвенных смесей.

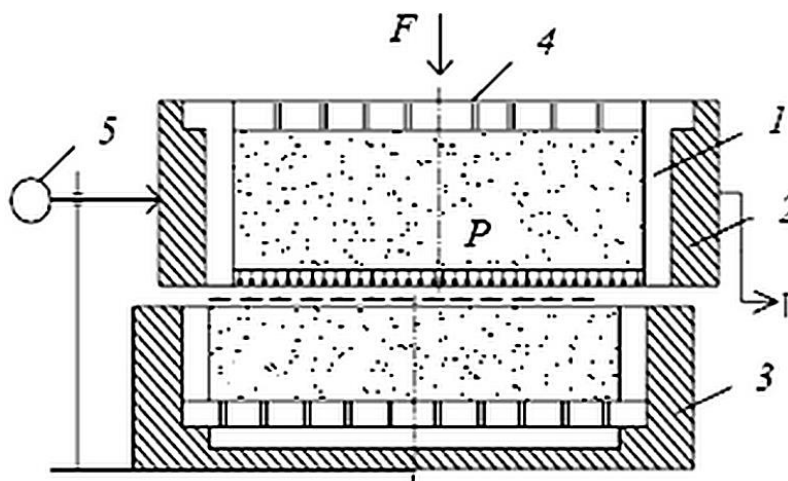


Рисунок 3.1 – Схема прибора для определения напряжений сдвига: 1 – рабочее кольцо сдвигового прибора; 2 – подвижная обойма прибора; 3 – неподвижная обойма сдвигового прибора; 4 – перфорированный штамп; 5 – индикатор.

В состав установки для испытания грунта методом одноплоскостного сдвига входит: сдвиговая коробка (рисунок 3.1), состоящая из подвижной и неподвижной частей и включающая рабочее кольцо и жесткие штампы; механизм для вертикального нагружения образца; механизм создания касательной нагрузки; устройства для измерения деформаций образца и прикладываемой нагрузки.

При отделении связного груза от массива наряду с отрывом происходит сдвиг, который требует приложения дополнительных усилий. Эти усилия могут быть определены, если известны площадь сдвига и возникающие при этом напряжения. В общем случае напряжения сдвига могут быть определены по выражению:

$$\tau = \tau_0 + pf_{\text{вн}}, \quad (3.2)$$

где τ_0 – начальное выражение (Н/мм²), p – нормальное давление на поверхности сдвига Н/мм²), $f_{\text{вн}}$ – коэффициент внутреннего трения [20].

Как и на другие виды сопротивления деформациям, на напряжения сдвига груза оказывают большое влияние физико-механические свойства, сроки и условия хранения и т.д. Зависимость τ от нормального давления согласно приведенной формуле носит линейный характер. Это подтверждается результатами экспериментальных исследований.

Качество укладки компонентов (равномерность распределения их по полю) и высоту определяют на контрольном участке поля или специальной регулировочной площадке путем производства контрольных срезов уложенных слоев компонентов через равные промежутки.

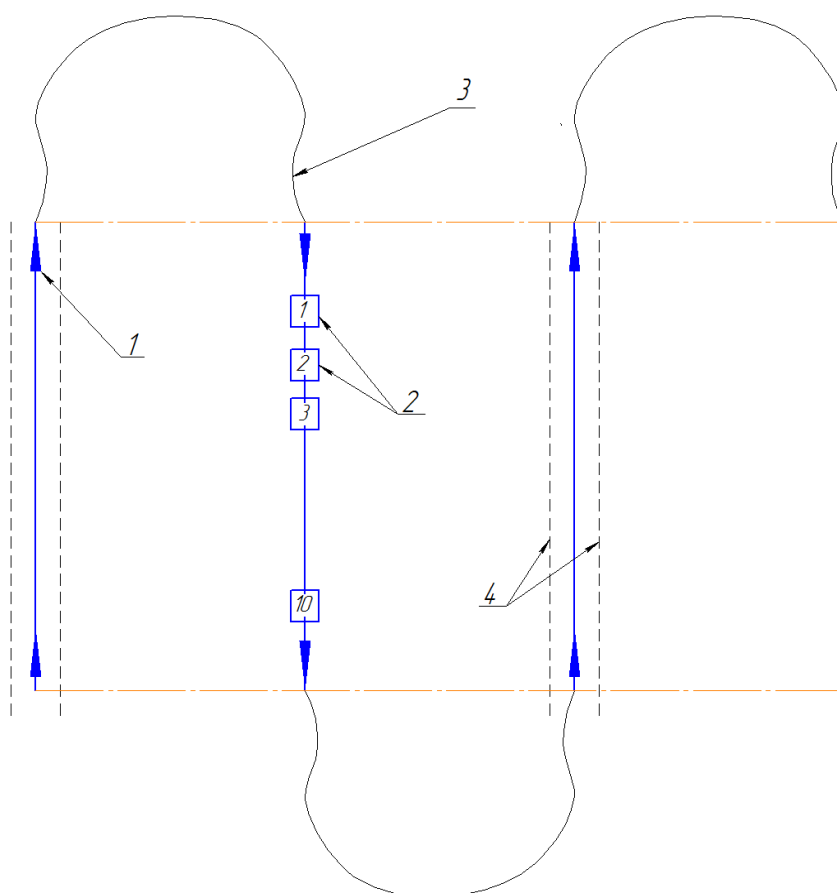


Рисунок 3.2 – Схема производства срезов и траектория движения агрегата при укладке компонентов почвенной смеси: 1 – направляющая движения агрегата; 2 – места срезов; 3 – траектория движения агрегата при развороте; 4 – след колес агрегата.

Контрольные срезы уложенных компонентов при рабочем проходе машины производятся в один ряд вдоль направления движения машины (рисунок 3.2). Расстояние между срезами в ряду должно быть не более 1 м.

Для проверки качества укладки следует выполнить 4 проезда агрегата челночным способом с расстоянием между смежными проходами. Траекторию проходов агрегата помечают колышками, которые устанавливаются в два ряда на расстоянии 3 - 5 м.

Качество укладки компонентов оценивалось среднеквадратичной неравномерностью. Среднее значение толщины каждого слоя определялось по отношению суммы всех значений толщины в разных участках к количеству срезов:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n x_i / n, \quad (3.3)$$

где x_i – значения толщины в разных участках, n – количество срезов.

Затем определялось среднеквадратичное отклонение:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}. \quad (3.4)$$

3.2 Описание разрабатываемой экспериментальной установки

Исследования проводились на опытном образце комбинированного укладчика в соответствии с ранее обоснованной конструкцией и параметрами.

Комбинированный укладчик (рисунок 3.3) имеет подающий передний бункер и два дополнительных бункера, средний и задний. Передний бункер заполняется чернозёмом. Внутри переднего бункера установлен цепочно-планчатый рабочий орган, приводимый во вращение от гидромотора, установленного на тракторе, через конический редуктор и цепную передачу. В состав укладчика также входят дозирующие барабаны с продольно расположенными лопатками. Элементы укладчика соединены общей рамой. Масса агрегата распределяется между опорным колесом, находящимся под рамой.



Рисунок 3.3 – Общий вид комбинированного укладчика.

Комбинированный укладчик почвенных компонентов работает следующим образом. Укладчик соединяется с двигателем через сцепку. При включении гидромотора его усилие через угловой редуктор и цепную передачу приводит в движение звезду ведущего вала цепочно-планчатого транспортера в переднем бункере (рисунок 3.5).

Далее вращение передается с ведомого вала транспортера на дозирующие барабаны (рисунок 3.4), установленные в выгрузных устройствах среднего и заднего бункеров. Валы транспортера установлены на подшипниках, соосно размещенных в бортах бункера.

Цепочно-планчатый транспортер начинает подачу компонента через регулирующую ограничивающую заслонку, ограничивающую поступление смеси, далее почвенная смесь движется по направляющей пластине. Направляющая пластина позволяет достичь большей равномерности и меньшего уплотнения слоя и, как следствие, повышения качества укладки. Подача компонентов в среднем и заднем бункерах осуществляется через регулируемые отсекатели, изменяющие свое положение относительно днища бункеров, тем самым регулируется интенсивность выгрузки компонентов. Далее компоненты проходят через дозирующие барабаны, расположенные в выгрузных устройствах на соосно

установленных подшипниках. Дозирующие барабаны посредством расположенных на них продольных лопаток обеспечивают равномерную укладку почвенных компонентов.

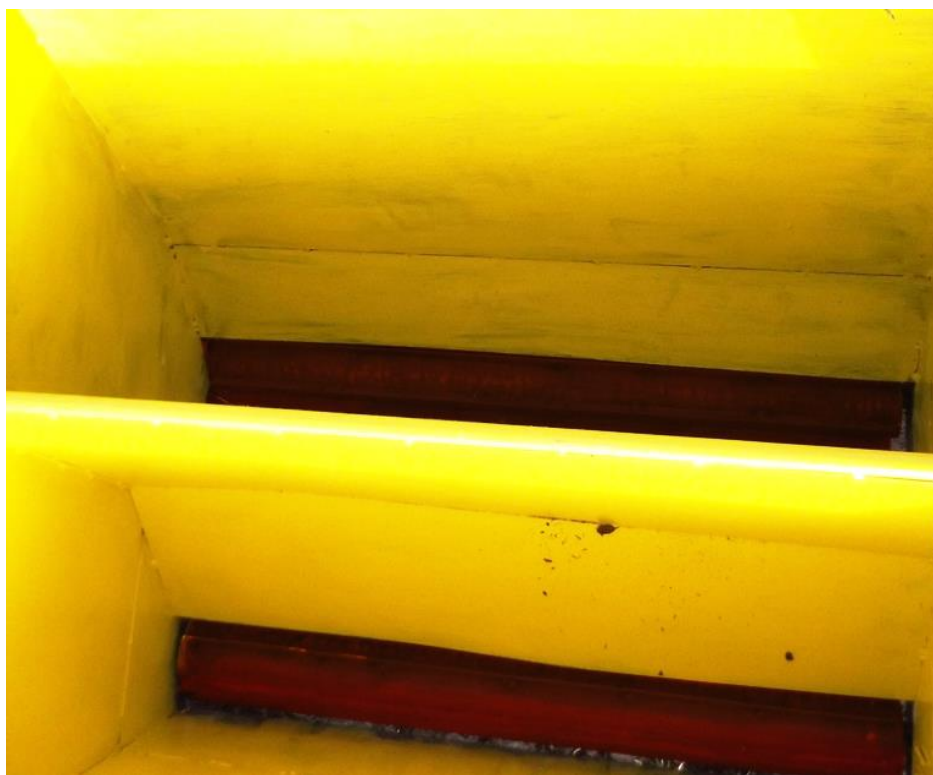


Рисунок 3.4 – Дозирующие барабаны.



Рисунок 3.5 – Цепочно-планчатый транспортер.

3.3 Программа и методика экспериментальных исследований

В соответствии с задачами, поставленными в работе и теоретическими разработками, программа исследований включала два двухфакторных эксперимента.

В качестве исследуемых параметров в первом двухфакторном эксперименте изучалось влияние на критерии оптимизации конструктивных и режимных параметров: частоты вращения рабочего органа и количества планок.

Таблица 3.3 – Симметричный двухфакторный план эксперимента.

№/№	Уровень факторов				Критерии оптимизации			
	А угловая скорость		В число лопаток		Крутящий момент на валу барабана, Нм Т	Мощность на валу барабана, Вт Р	Производи- тельность кг/с Q	Энергоем- кость, Дж/кг Е
	№	рад/с	№	шт.				
1	1	2	1	2	T ₁	P ₁	Q ₁	E ₁
2	1	2	2	4	T ₂	P ₂	Q ₂	E ₂
3	1	2	3	6	T ₃	P ₃	Q ₃	E ₃
4	1	2	4	8	T ₄	P ₄	Q ₄	E ₄
5	2	4	1	2	T ₅	P ₅	Q ₅	E ₅
6	2	4	2	4	T ₆	P ₆	Q ₆	E ₆
7	2	4	3	6	T ₇	P ₇	Q ₇	E ₇
8	2	4	4	8	T ₈	P ₈	Q ₈	E ₈
9	3	6	1	2	T ₉	P ₉	Q ₉	E ₉
10	3	6	2	4	T ₁₀	P ₁₀	Q ₁₀	E ₁₀
11	3	6	3	6	T ₁₁	P ₁₁	Q ₁₁	E ₁₁
12	4	6	4	8	T ₁₂	P ₁₂	Q ₁₂	E ₁₂
13	4	8	1	2	T ₁₃	P ₁₃	Q ₁₃	E ₁₃
14	4	8	2	4	T ₁₄	P ₁₄	Q ₁₄	E ₁₄
15	4	8	3	6	T ₁₅	P ₁₅	Q ₁₅	E ₁₅
16	4	8	4	8	T ₁₆	P ₁₆	Q ₁₆	E ₁₆

Поступательная скорость комбинированного укладчика в экспериментальных исследованиях оставалась неизменной и равной движению трактора. Значение поступательной скорости составило 0,08 м/с. Изменение

угловой скорости (фактор А) происходило по четырем значениям (табл. 3.3) и задавалось заменой звезд, установленных на рабочем органе и на ведомом валу транспортера. Количество планок (фактор В) также изменялось по четырем значениям и задавалось установкой нужного их количества. Критериями оптимизации в двухфакторном эксперименте являлись: производительность Q (кг/с), затрачиваемые мощность на валу Р (Вт) и крутящий момент Т (Н/м), и энергоемкость Е (Дж/кг). План двухфакторного эксперимента приведен в табл. 3.1.

Результаты реализации эксперимента обрабатывались на ЭВМ с помощью пакета программ.

В результате получилось следующее уравнение регрессии:

$$Y = x_1 A^2 + x_2 A^2 + x_3 B^2 + x_4 B - x_5, \quad (3.5)$$

где Y – один из критериев оптимизации – производительность Q, затрачиваемые мощность на валу Р и крутящий момент Т, и энергоемкость Е.

x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 – коэффициенты регрессии,

A – (фактор) – угловая скорость, рад/с.

B – (фактор) – число планок.

Задача регрессионного анализа заключается в построении определенного уравнения плоскости в (p+1)-мерном пространстве, в котором отклонение результатов наблюдения Y_i удалось бы минимизировать. Для этого следует определить величины коэффициентов x_i в полиноме (3.5).

Проверка значимости уравнения регрессии состоит из следующих этапов [43-46].

Остаточная дисперсия определяется по формуле:

$$\bar{S}_{ост}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}{n - p - 1}. \quad (3.6)$$

Затем она сравнивается с дисперсией среднего \bar{S}_y^2 с помощью F_k – критерия Фишера:

$$F_k = \frac{\bar{S}_y^2}{\bar{S}_{ост}^2}, \quad (3.7)$$

с числом степени свободы в числе $\nu_{01} = n - 1$ и в знаменателе $\nu_{02} = n - p - 1$

При достижении границы значимости или ее превышении при заданном уровне значимости уравнение (3.5) определяет результаты опытов выше среднего.

Значимость коэффициентов регрессии x_i проверяют по критерию Стьюдента:

$$t = \frac{A_i}{S_{bi}} \quad (3.8)$$

Полученное значение t необходимо сравнить с табличным t^T при числе степени свободы $\nu_0 = n - p - 1$.

Выражение для погрешности коэффициента регрессии:

$$\bar{S}_{Ai} = \sqrt{\bar{S}_{ocm}^2 \cdot C_{ii}} \quad (3.9)$$

Доверительный интервал для коэффициента регрессии:

$$A_i - t^T \bar{S}_{Ai} \leq \beta_i \leq A_i + t^T \bar{S}_{Ai}, \quad (3.10)$$

где β_i – значение для коэффициента регрессии в генеральной совокупности.

3.4 Последовательность проведения опытов

Все опыты проводились в следующей последовательности.

1. Укладка компонентов почвенной смеси в бункеры комбинированного укладчика. В передний бункер загружается чернозем, в средний – перепревший навоз, в задний бункер – опилки.

2. Подъезд к площадке.

3. Движение с постоянной поступательной скоростью.

4. Одновременное включение в работу транспортера и барабанов.

5. Послойная укладка компонентов.

5.1 Замер крутящего момента, угловых скоростей.

6. Выключение приводов.

7. Отъезд укладчика от площадки.

8. Замеры массы компонентов, уложенных на площадку (рисунок 3.6).

9. Обработка результатов опыта.



Рисунок 3.6 – Взятие проб для замеров.

По полученным данным так же проводилось определение технико-экономических показателей предлагаемого комбинированного укладчика в сравнении с существующим способом укладки компонентов почвенной смеси с применением существующей технологии с использованием разбрасывателей и бульдозера.

Определение значения крутящего момента производилось с помощью крутильного динамометра, преобразующего блока подстройки, ЭВМ и специального программного обеспечения (рисунок 3.7). Далее по формуле производилось вычисление угловой скорости.



Рисунок 3.7 – Комплекс для измерения крутящего момента.

3.5 Выводы по главе

1. На основании теоретических исследований разработан и изготовлен опытный образец комбинированного укладчика почвенных компонентов, состоящий из расположенных на раме с колесной ходовой, переднего бункера с цепочно-планчатым транспортером, среднего и заднего бункеров с дозирующими барабанами.

2. Разработана методика экспериментальных исследований комбинированного укладчика, включающая в себя два двухфакторных эксперимента по оптимизации конструктивных и режимных параметров, а также методику обработки результатов исследований. В качестве факторов выбраны: угловая скорость, количество лопаток, скорость цепи, количество планок.

Критерии оптимизации: крутящий момент, мощность, производительность, энергоемкость.

3. Методикой исследования технологических и физико-механических свойств компонентов почвенных смесей предусматривалось определение сопротивления сжатию и сопротивления сдвигу.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные исследования проводились для подтверждения эффективности комбинированного укладчика, определения показателей равномерности укладки, образуемых в процессе его использования и получения экспериментальных зависимостей между критериями оптимизации и исследуемыми факторами; нахождения оптимальных конструктивных и режимных параметров путем проведения экспериментов.

Основные задачи экспериментальных исследований:

- исследование физико-механических и технологических показателей компонентов почвенных смесей для теплиц;
- исследование критериев оптимизации и получение экспериментальных зависимостей на различных частотах вращения рабочего органа и его конструктивных параметров;
- оценка соответствия полученных результатов экспериментов аналитическим выражениям процесса укладки компонента;
- подтверждение оптимальных значений конструктивных параметров рабочего органа;
- проверка эффективности работы рассматриваемого агрегата в условиях производства.

Почвенная смесь является очень важной составляющей технологического процесса во всем тепличном хозяйстве. От нее по многим параметрам определяется будущая урожайность культур. Данные смеси для теплиц состоят из таких компонентов, как: торф, чернозем, навоз, опилки, различные удобрения и др. Все эти компоненты должны быть равномерно распределены по всей площади и, при этом не содержать пустых участков или переизбытка отдельного компонента. Для осуществления данной технологической операции был разработан и изготовлен комбинированный укладчик, подробное устройство которого изложено в главе 3.

Основными рабочими органами комбинированного укладчика являются дозирующие барабаны и цепочно-планчатый транспортер. Дозирующие барабаны оснащены продольно расположенными лопатками. Количество лопаток имеет большое значение, поскольку при работе они производят отделение частиц компонентов от основного массива. Помимо количества лопаток, существенное влияние на процесс укладки оказывает угловая скорость рабочего органа. Количество и скорость движения планок так же в значительной степени влияют на показатели эффективности комбинированного укладчика – производительность, крутящий момент на приводном валу, мощность привода и энергоемкость, а также равномерность распределения почвенного компонента на площадке.

4.1 Результаты исследований физико-механических свойств компонентов, используемых для приготовления почвенной смеси

Почвенная смесь в своем составе имеет различные компоненты, количество и соотношение которых изменяется в зависимости от возделываемых культур. Как указано в разделе 1, самыми распространенными являются следующие компоненты: торф, перепревший навоз, опилки, чернозем, песок, гранулированные и порошкообразные органические удобрения. По результатам исследований физико-механических свойств данных компонентов составлена таблица 4.1. В результате технологического процесса полученные почвенные смеси обладают физико-механическими свойствами, которые заметно отличаются от исходных компонентов. Значения для некоторых наиболее часто используемых составов приведены в таблице 4.1.

В течение некоторого промежутка времени свойства смесей могут существенно изменяться в сторону повышения плотности, коэффициента трения и прочностных свойств, поэтому почвенную смесь заготавливают непосредственно перед использованием в теплицах. Основным компонентом почвенных смесей является чернозем, в некоторых случаях используется обычная земля.

В ходе анализа полученных почвенных смесей было выяснено, что они различаются по физико-механическим свойствам. Но при этом различия не столь существенные, поскольку в дальнейшем процессе перемешивания происходит выравнивание их значений.

Таблица 4.1 – Физико-механические свойства компонентов почвенной смеси.

Компонент	плотность кг/м ³	коэффициент трения (сталь)	сопротивление сжатию, кПа	сопротивление сдвигу, кПа
торф	0,6	0,65	0,1	0,09
навоз перепревший	0,9	0,8	0,06	0,08
навоз полуперепревший	0,8	0,9	0,15	0,12
чернозем	1,7	1,0	0,05	0,08
песок	1,5	0,8	-	0,02
опилки	0,4	0,8	-	0,04

Первый состав почвенной смеси (таблица 1.1) был определен, как наименее трудозатратный и дорогой, поскольку включает три компонента, и поэтому получил наибольшее распространение. Дальнейшие исследования проводились на данном типе почвенной смеси. Объемное соотношение компонентов должно приближаться к 1:0,25:0,25; массовое соотношение – в соответствии со значениями плотностей $\rho_1 : \rho_2 : \rho_3$, где соответственно ρ_1 – плотность чернозема, ρ_2 – плотность опилок, ρ_3 – плотность перепревшего навоза.

4.2 Результаты экспериментальных исследований

В программу проведенных исследований входили двухфакторные эксперименты. В первом двухфакторном эксперименте изучалось влияние частоты вращения барабанов, а также количества продольных лопаток на критерии оптимизации, а во втором скорость цепи и количество планок транспортера. На основании теоретических исследований и предварительных экспериментов эти

параметры были использованы, как наиболее влияющие на критерии оптимизации.

4.2.1 Влияние угловой скорости и количества лопаток барабанов на производительность укладки почвенных компонентов

На производительность укладки почвенных компонентов влияет угловая скорость и количество лопаток дозирующих барабанов. В результате проведённых экспериментальных исследований получены уравнения регрессии (4.1) и соответствующая графическая зависимость в виде поверхности (рисунок 4.1.)

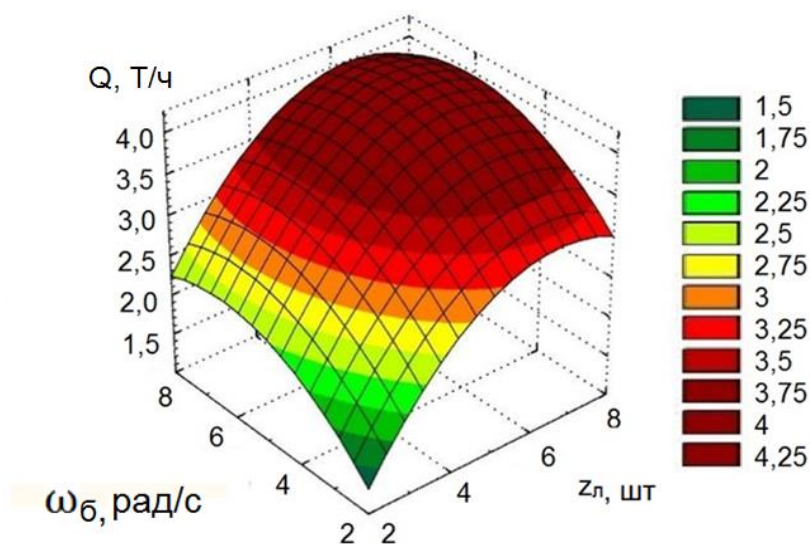


Рисунок 4.1 – Зависимость производительности дозирующего барабана от угловой скорости и числа лопаток

Адекватность описания уравнением регрессии экспериментальных данных проверялась по критерию Фишера.

$$Q = -1,863 + 1,163 \cdot \omega + 0,715 \cdot z_l - 0,087 \cdot \omega^2 - 0,004 \cdot z_l \cdot \omega - 0,055 \cdot z_l^2. \quad (4.1)$$

Анализ полученной зависимости показывает, что с увеличением угловой скорости производительность укладки вначале возрастает, достигает максимума, затем начинает снижаться, т.е. зависимость носит нелинейный характер. Максимального значения производительность достигает при угловой скорости 6...6,5 рад/с при любом количестве лопаток. Анализ полученной поверхности

двухмерными сечениями показывает, что с увеличением количества лопаток производительность вначале также возрастает, достигает максимума при 6 лопатках, затем медленно снижается. Таким образом, поверхность имеет область оптимума, при которой производительность максимальна. Границы этой области находятся между 5,8 – 6,5 рад/с по угловой скорости и при количестве лопаток $z_n = 6 \dots 7$. Минимальная производительность была показана при 2 лопатках и минимальной угловой скорости, которая в эксперименте составляла 2 рад/с. Увеличение или уменьшение указанных параметров от оптимальной области приводит к снижению производительности.

Такая зависимость связана с тем, что при минимальной угловой скорости барабаны имеют низкую пропускную способность и физически не позволяют иметь большую производительность. С увеличением угловой скорости барабанов увеличивается масса компонента почвенных смесей, захватываемых и укладываемых на поверхность. Производительность растет до 6 рад/с. Однако при увеличении угловой скорости свыше 6,5 рад/с, производительность начинает медленно снижаться, что связано с появлением «отбрасывающего» воздействия быстро вращающихся лопаток на компоненты. При этом компоненты частично отбрасываются лопатками обратно в бункер, что приводит к некоторому снижению производительности. При 2 лопатках производительность также низка, поскольку малое количество лопаток не обеспечивает захват всей поступающей массы компонента, и он остается в бункере. С увеличением количества лопаток увеличивается масса захваченного компонента, и достигает максимума при 6 лопатках для данного барабана. Дальнейшее увеличение количества лопаток не приводит к увеличению производительности, так как вся масса захватывается и укладывается при 6...7 лопатках. Производительность стабилизируется, однако при большем количестве лопаток они начинают занимать полезный объем межлопаточного пространства, что приводит к некоторому снижению производительностью. Таким образом, оптимальными параметрами по производительности можно считать угловую скорость 6...6,5 рад/с и количество лопаток $z_n = 6$.

4.2.2 Зависимость крутящего момента на валу дозирующего барабана от угловой скорости и количества лопаток

В результате проведенных экспериментальных исследований получены данные, в результате обработки которых получена графическая зависимость крутящего момента от угловой скорости и количества лопаток (рисунок 4.2). На поверхности рабочего органа комбинированного укладчика установлены лопатки, обеспечивающие значительное повышение равномерности процесса укладки. Лопатки установлены вдоль поверхности рабочего органа, в диаметральном сечении установлены через 60 градусов в количестве 6.

Крутящий момент достигает минимума при скорости 6 рад/с. От числа лопаток величина крутящего момента практически не изменяется, поскольку линии поверхности остаются горизонтальными. Крутящий момент при оптимальных значениях угловой скорости минимален, так как происходит своевременная и быстрая отгрузка поступающего на барабаны материала.

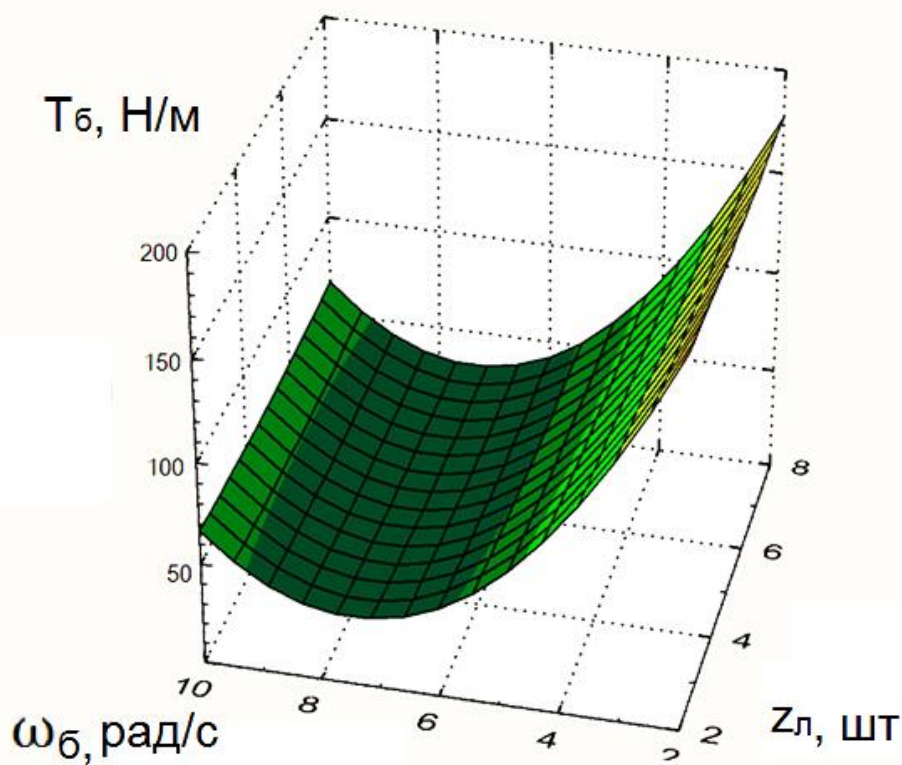


Рисунок 4.2 – Зависимость крутящего момента от угловой скорости и количества лопаток.

Увеличение или уменьшение угловой скорости приводит к возрастанию крутящего момента. При низкой угловой скорости материал скапливается между лопатками, забивает барабан, из-за чего крутящий момент увеличивается. При большой угловой скорости возрастают силы инерции, барабаны начинают отбрасывать поступающий материал обратно в бункер, что приводит к росту крутящего момента.

С увеличением количества лопаток дозирующего барабана крутящий момент незначительно возрастает. Незначительное влияние на крутящий момент количества лопаток объясняется тем, что сопротивление перемещению компонентов не зависит от того, сколько лопаток его перемещают.

4.2.3 Зависимость мощности на валу барабана от угловой скорости и числа лопаток барабанов

Важным показателем эффективности работы укладчика является мощность на валу барабана. Проведенные экспериментальные исследования позволили установить влияние угловой скорости и количества лопаток на мощность, необходимую для привода.

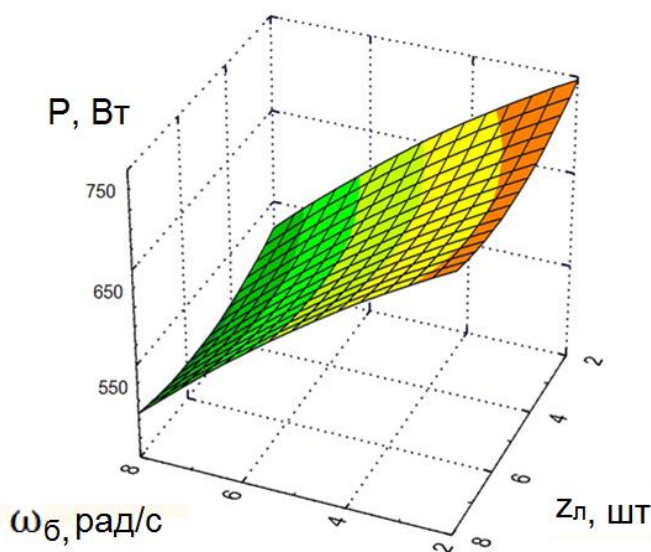


Рисунок 4.3 – Зависимость мощности на валу барабана от угловой скорости и количества лопаток.

По результатам обработки полученных экспериментальных данных построена графическая зависимость (рисунок 4.3)

С увеличением угловой скорости необходимая для привода мощность возрастает во всём исследуемом диапазоне. Минимальная мощность соответствует большим значениям угловой скорости. При малой угловой скорости необходимая мощность привода возрастает, и большое значение имеет крутящий момент, что связано с забиванием барабана, поступающим из бункера материалом.

С повышением значения угловой скорости уменьшается масса поступающего компонента, и крутящий момент снижается, что в свою очередь приводит к снижению необходимой мощности. Мощность от количества лопаток зависит в меньшей степени. Максимальная мощность соответствует 2 лопаткам, затем незначительно снижается и стабилизируется при 6...8 лопатках. Это связано с тем, что количество лопаток в малой степени влияет на поступающую их бункера массу. Заполнение межлопаточного пространства остается постоянным, поэтому мощность практически не меняется при одном и том же числе лопаток.

4.2.4 Влияние угловой скорости и количества лопаток на энергоёмкость барабанов

Объективным параметром, являющимся показателем правильно подобранных режимов рабочих органов, является энергоёмкость. Ряд проведенных экспериментов и последующие вычисления позволили обработать полученные данные и вывести уравнение регрессии (4.2). Данному уравнению соответствует графическая зависимость, представленная на рисунке 4.4.

На показатель энергоёмкости оказывают непосредственное влияние необходимая на валу мощность и производительность при выбранных режимах. Соответственно, высокое значение необходимой мощности увеличивает затраты энергии, тем самым оказывая непосредственное влияние на рассматриваемый параметр. При изменении количества продольных лопаток значение

энергоёмкости практически линейно уменьшается, достигая наименьшего значения при шести лопатках, и далее снова возрастает.

$$E = 2,3 + 0,3 \cdot \omega - 0,652 \cdot z_{л} - 0,0001562 \cdot \omega^2 - 0,006 \cdot z_{л} \cdot \omega + 0,035 \cdot z_{л}^2. \quad (4.2)$$

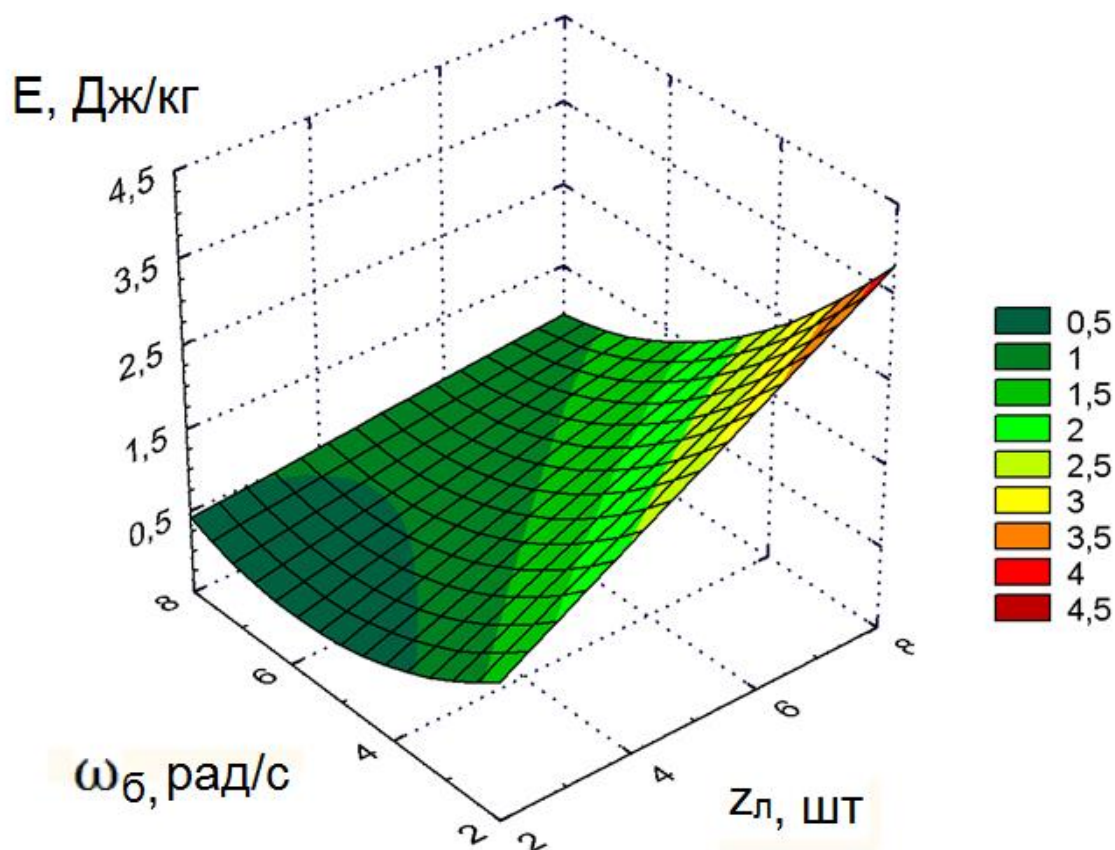


Рисунок 4.4 - Графическая зависимость показателя энергоёмкости от значений угловой скорости и количества лопаток.

4.3 Исследование влияния количества планок и скорости цепи на критерии эффективности комбинированного укладчика

Для исследования влияния количества планок и скорости цепи на критерии эффективности цепочно-планчатого рабочего органа комбинированного укладчика также проведен двухфакторный эксперимент.

После проведения экспериментальных исследований по двухфакторному плану (глава 3) проведена обработка полученных опытных данных и построены уравнения регрессии и соответствующие им графические зависимости.

4.3.1 Исследование влияния количества планок и скорости цепи на производительность цепочно-планчатого транспортера

Установлено влияние количества планок и их линейной скорости на производительность укладки компонентов. Получено уравнение регрессии (4.3) и графическая зависимость в виде трехмерной поверхности (рисунок 4.5)

$$Q = -29,53 + 101,815 \cdot V_{ц} + 8,521 \cdot N_{с} - 146,25 \cdot V_{ц}^2 - 0,37 \cdot V_{ц} \cdot N_{с} - 0,534 \cdot N_{с}^2 \quad (4.3)$$

Анализ полученной зависимости показывает, что зависимость носит нелинейный характер, как по количеству планок, так и по скорости цепи (скорости движения планок). С увеличением скорости цепи производительность вначале исследуемого диапазона интенсивно возрастает. Так, увеличение скорости цепи с 0,15 до 0,25 м/с приводит к росту Q с 12,4 до 16,2 кг/с. Производительность достигает максимума при $V_{ц} = 0,33 \dots 0,37$ м/с. При дальнейшем росте скорости наблюдается стабилизация, а затем некоторое снижение исследуемого критерия.

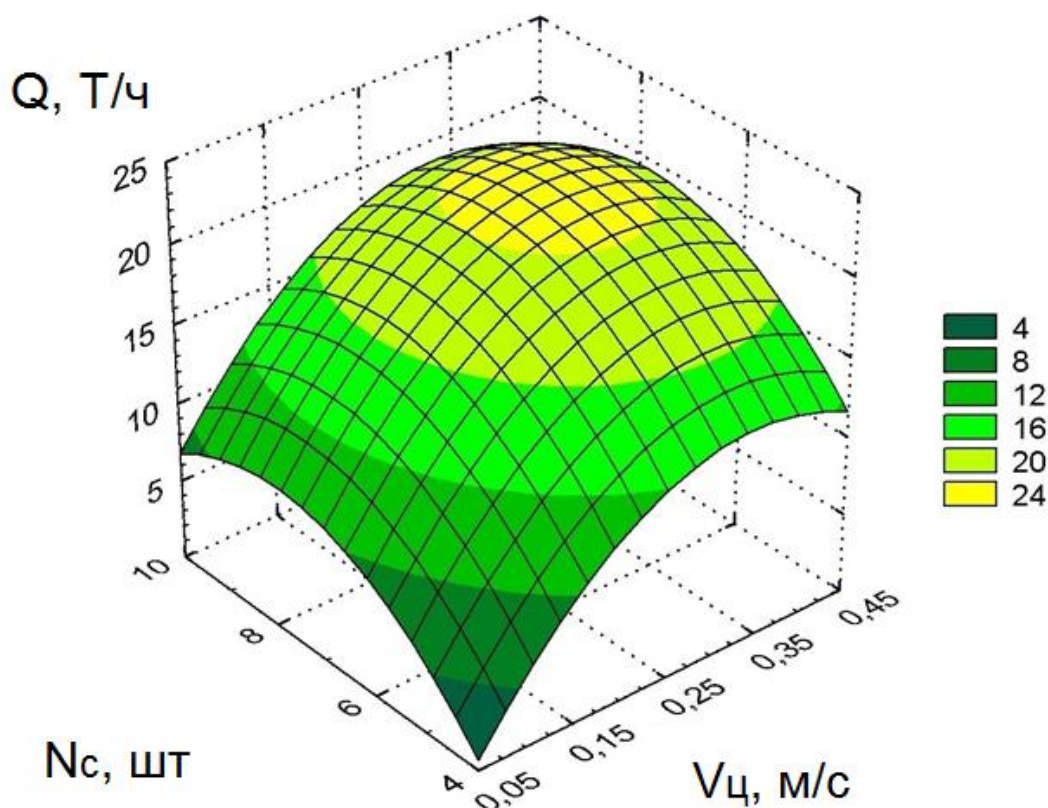


Рисунок 4.5 – Зависимость производительности укладки компонента почвенной смеси от скорости цепи и количества планок.

Аналогичный характер имеет зависимость производительности от количества скребков. Сначала наблюдается значительный рост. Например, увеличение N_c с 4 до 6, при одной и той же скорости цепи $V_{ц} = 0,12$ м/с, приводит к росту производительности с 5,2 до 12,4 кг/с.

Максимальное значение достигается при 8 планках. При 10 планках производительность получена несколько ниже, чем при 8 планках, т. е. при увеличении количества планок более 8 производительность начинает снижаться.

Проведенный анализ полученных результатов позволил установить область оптимальных значений (рис. 4.6). Область максимальной производительности находится при значениях скорости цепи с 0,33 до 0,37 м/с и количестве планок $N_c = 7...8$ для транспортера длиной 2,5 м, что соответствует шагу планок на рабочей ветви 0,3...0,34 м. Анализ полученного уравнения регрессии (4.3) и соответствующей поверхности отклика показывает, что изменение исследуемых параметров от оптимального значения приводит к снижению производительности. Снижение производительности при уменьшении скорости цепи связано с уменьшением транспортирующей способности планок. С другой стороны, некоторое снижение Q наблюдается и при увеличении скорости больше оптимальных значений.

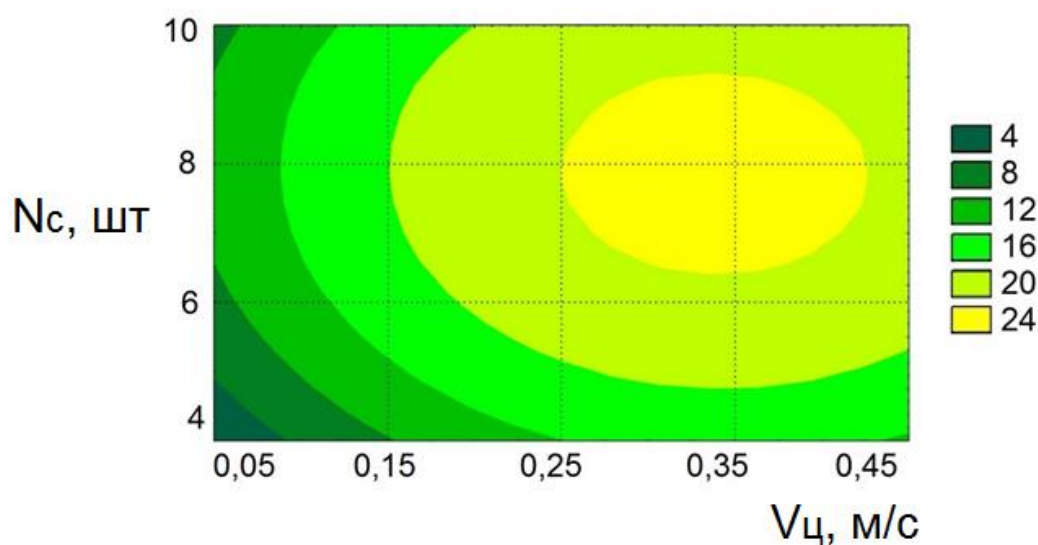


Рисунок 4.6 – Область оптимальных значений количества планок N_c и скорости цепи $V_{ц}$ по максимальной производительности укладки Q (т/ч)

Увеличение $V_{ц}$ с 0,35 до 0,45 м/с способствует снижению производительности с 22,5 до 19,7 т/ч. Последнее обстоятельство связано с некоторым уменьшением заполнения межпланочного пространства, поскольку почвенный компонент не успевает его заполнить.

4.3.2 Исследование влияния количества планок и скорости цепи на крутящий момент на приводном валу комбинированного укладчика

Проведением двухфакторного эксперимента получена экспериментальная зависимость крутящего момента на валу T (Н/м), от количества планок N_c и скорости цепи $V_{ц}$. Зависимость описывается уравнением регрессии (4.4) и соответствующей поверхностью (рисунок 4.7).

$$T = -896,743 + 2300,75 \cdot V_{ц} + 308,21 \cdot N_c - 2101,75 \cdot V_{ц}^2 - 5,692 \cdot V_{ц} \cdot N_c - 17,215 \cdot N_c^2. \quad (4.4)$$

Результаты экспериментальных исследований показывают, что крутящий момент постоянно возрастает по квадратичной зависимости с ростом скорости цепи $V_{ц}$, и возрастает до определенного значения, а затем несколько снижается от количества планок N_c .

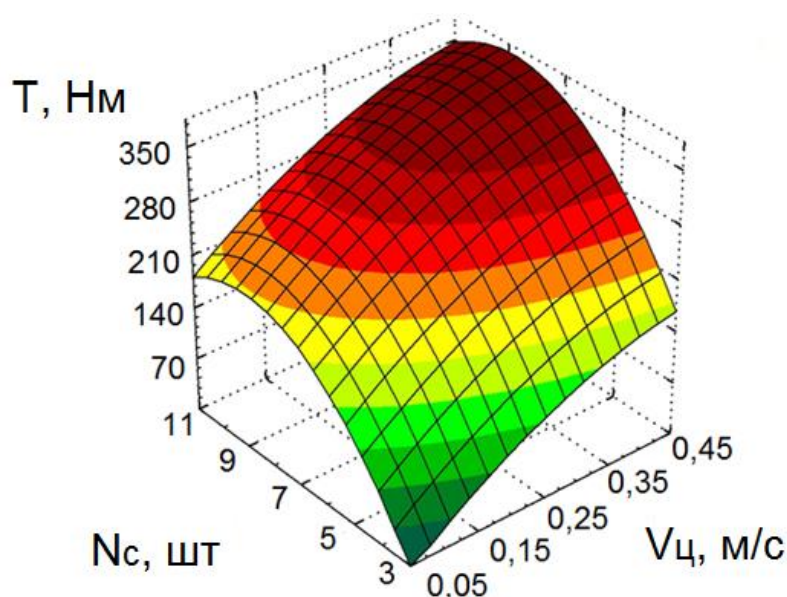


Рисунок 4.7 – Зависимость крутящего момента на приводном валу цепей цепочно-планчатого транспортера от скорости цепи и количества планок.

С увеличением скорости цепи с 0,13 до 0,22 м/с происходит рост крутящего момента на приводном валу с 239,7 до 294,2 (Нм). Однако, интенсивность роста с увеличением скорости снижается. При скорости до 0,3 м/с крутящий момент возрастает с большей интенсивностью. С увеличением количества планок крутящий момент первоначально сильно возрастает. При $N_c = 4$ $T = 244,1$ Нм; а при $N_c = 6$ $T = 356$ Нм. Однако, при количестве планок, равном 8, что соответствует шагу планок на рабочей стороне транспортера 0,31 м. Рост крутящего момента прекращается, а при дальнейшем увеличении N_c происходит его некоторое снижение.

Проведенный анализ полученных результатов позволил установить количество планок $N_c = 7...8$ для транспортера длиной 2,5 м, при которых крутящий момент T имеет максимальное значение (рисунке 4.8). Рост крутящего момента с увеличением скорости обусловлен возрастанием суммарной массы компонентов, перемещаемой планками. Однако, при дальнейшем увеличении скорости планок рост крутящего момента замедляется, поскольку масса компонентов, которая может поступить в межпланочное пространство, имеет конечное значение. Возрастание крутящего момента с увеличением количества планок также объясняется увеличением перемещаемой массы компонентов.

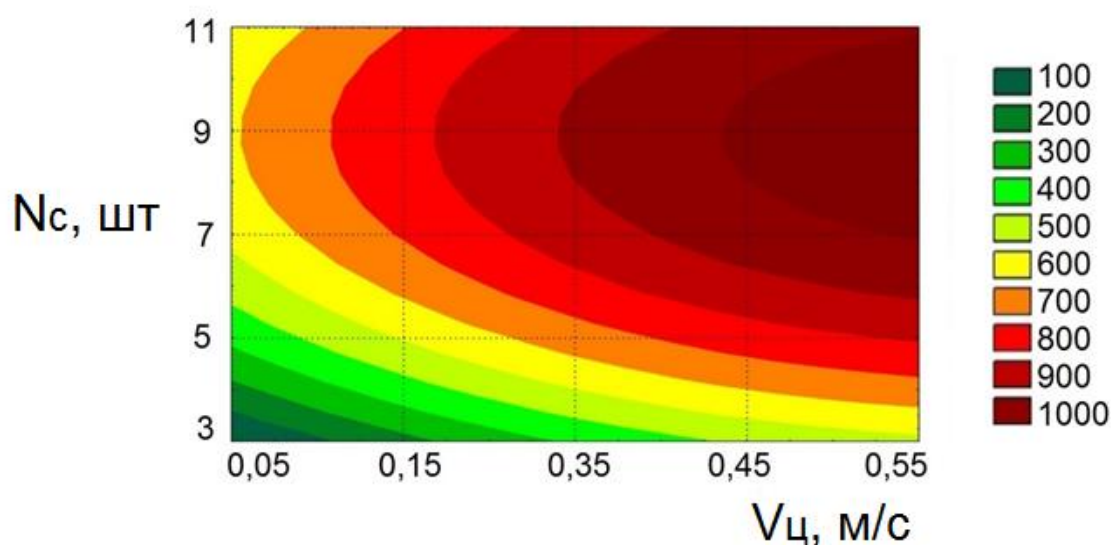


Рисунок 4.8 – Область значений скорости цепи $V_{ц}$ и количества планок N_c , соответствующих максимальному крутящему моменту.

Чем больше планок, тем больше перемещаемая масса компонентов и, следовательно, выше сопротивление перемещению планок. Что, в свою очередь, приводит к росту крутящего момента.

При большом количестве планок они занимают полезный объем транспортера, и уменьшают межпланочное пространство и перемещаемую массу компонентов. Данным обстоятельством объясняется стабилизация и некоторое снижение крутящего момента при количестве планок более 7-9 (шаг менее 0,3 м) согласно представленных зависимостей на рисунке 4.7 и 4.8.

4.3.3 Исследование влияния количества планок и скорости цепи на мощность на приводном валу комбинированного укладчика

По результатам исследований крутящего момента на приводном валу и замерам угловой скорости получены экспериментальные данные для приводной мощности, необходимой для привода цепочно-планчатого транспортера

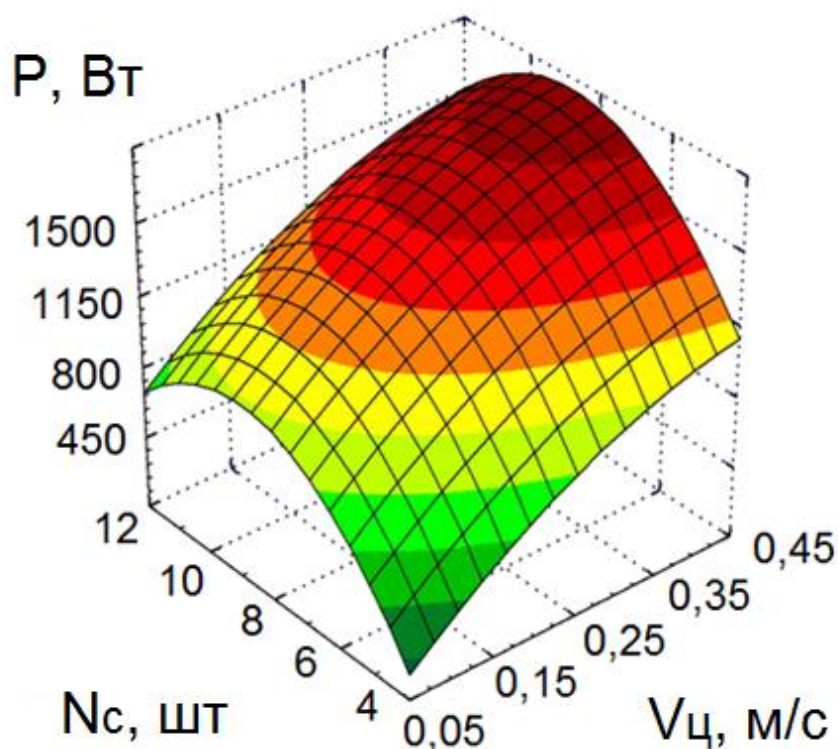


Рисунок 4.9 – Влияние скорости цепи и количества планок на мощность, необходимую для привода цепей скребкового транспортера.

Полученная зависимость представлена графически на рисунке 4.9 в виде двухмерной поверхности.

Представленные зависимости показывают, что характер изменения мощности от указанных конструктивно-режимных параметров близок к характеру изменения крутящего момента, но с большей относительной интенсивностью. С увеличением скорости цепи со планками необходимая приводная мощность растет во всем исследуемом диапазоне. При количестве планок $N_c = 4$ увеличение скорости $V_{ц}$ с 0,1 до 0,3 м/с приводит к росту P с 585,5 до 1293,3 Вт. Однако, при увеличении скорости цепи со планками свыше 0,35 м/с интенсивность возрастания мощности снижается. Влияние на приводную мощность количества планок носит квадратичный характер с точкой экстремума. При увеличении количества планок мощность возрастает, достигает максимума при $N_c = 6$ (шаг планок 0,41...0,42 м), а затем снижается. Увеличение количества планок при скорости цепи $V = 0,21$ м/с с 4 до 6 приводит к росту необходимой приводной мощности с 837,6 до 1535,4 Вт.

Характер полученной зависимости объясняется так же, как и характер изменения крутящего момента. При увеличении скорости движения цепи со планками увеличивается суммарная масса перемещаемых компонентов. Однако, при большой скорости планок компоненты не успевают заполнить межпланочное пространство, и поэтому интенсивность роста мощности снижется. Увеличение количества планок с 2 до 8 так же увеличивает суммарную перемещаемую массу компонентов, на что требуются дополнительные затраты мощности. Если же количество планок увеличивается более 8 (шаг менее 0,3 м), то снижается полезный объем межпланочного пространства, уменьшается масса компонентов и, следовательно, снижаются необходимые затраты мощности.

Проведенный анализ полученных результатов позволил установить количество планок $N_c = 6...7$ на рабочей ветви цепочно-планчатого транспортера, при которых необходимая приводная мощность имеет максимальное значение (рисунок 4.10). Такое количество планок соответствует шагу 0,36...0,42

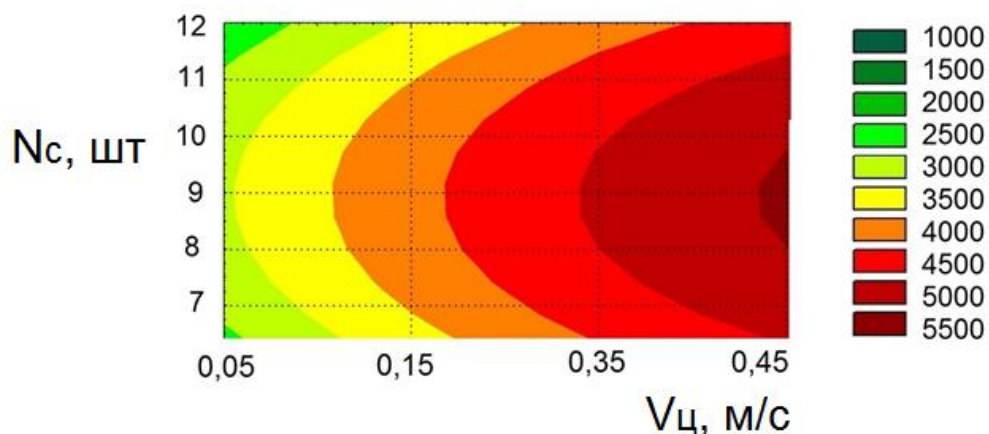


Рисунок 4.10 – Область значений количества планок N_c , соответствующих максимальному значению необходимой приводной мощности.

4.3.4. Исследование влияния количества планок и скорости цепи на энергоемкость комбинированного укладчика

По экспериментальным данным, полученным для производительности и приводной мощности, получены значения энергоемкости в различных точках плана исследований. В результате обработки построено уравнение регрессии (4.5) и соответствующая ему графическая зависимость (рисунок 4.11).

$$E = 369,898 - 659,24 \cdot V_{ц} - 23,045 \cdot N_c + 1328,423 \times V_{ц}^2 - 4,873 \cdot V_{ц} \cdot N_c + 2,134 \cdot N_c^2 \quad (4.5)$$

Адекватность описания опытных данных уравнением регрессии (4.5) проверялась по критерию Фишера.

Анализ графической зависимости показывает, что наименьшие показатели энергоемкости укладки компонентов соответствуют оптимальным параметрам рабочего органа. Наибольшее влияние на энергоемкость оказывает скорость цепи с планками $V_{ц}$, так как определенным ее значениям соответствует максимальная производительность погрузки при относительно небольших значениях мощности, необходимой для привода цепочно-планчатого транспортера.

Так, при $V_{ц} = 0,13$ м/с и количестве планок $N_c = 6$, $E = 232$ Дж/кг, а при том же количестве планок, но $V_{ц} = 0,2$ м/с - $E = 218$ Дж/кг, а при $V_{ц} = 0,32$ м/с, $E = 190$ Дж/кг.

Анализ уравнения (4.5) и соответствующей ему двумерной поверхности показывает, что минимальное значение энергоёмкости достигается при $V_{ц} = 0,31 \dots 0,34$ м/с. При отклонении скорости цепи от указанной величины приводит к росту энергоёмкости укладки почвенных компонентов.

Влияние количества планок на энергоёмкость так же имеет область оптимума (рисунки 4.12).

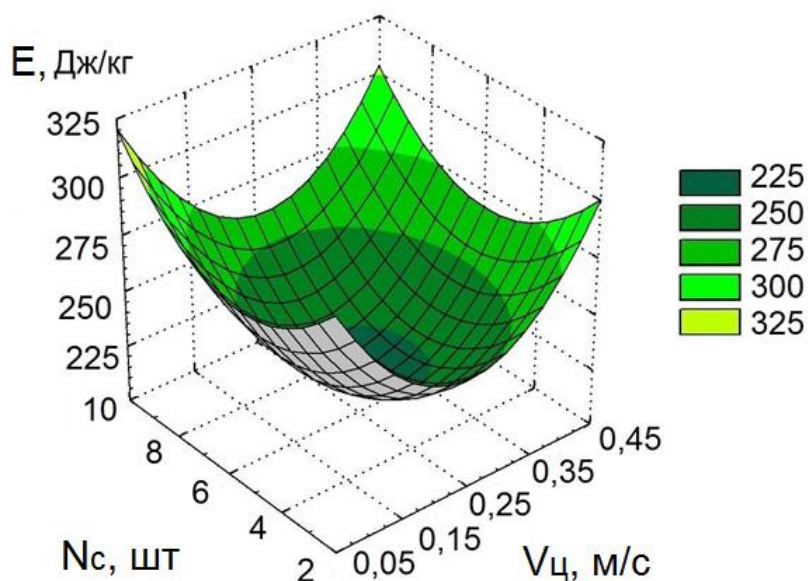


Рисунок 4.11 – Влияние скорости цепи и количества планок на энергоёмкость, необходимую комбинированного укладчика.

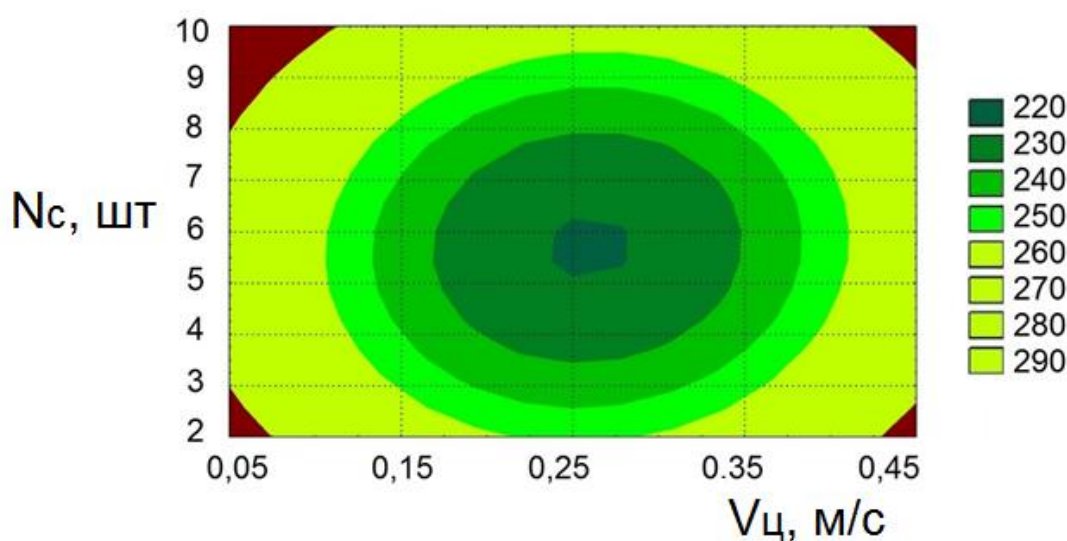


Рисунок 4.12 - Область значений количества планок N_c , соответствующих максимальному значению необходимой скорости цепи $v_{ц}$.

4.4 Исследование неравномерности укладки методом среднеквадратичного отклонения

В соответствии с теоретическими разработками и поставленными задачами необходимо провести ряд исследований, по оценке неравномерности укладки почвенных компонентов. Сравнительная оценка неравномерности позволяет определить оптимальные режимные и конструкционные параметры рабочих органов комбинированного укладчика путем серии экспериментов и последующих расчетов с применением существующих выражений.

Данное исследование проводилось следующим образом. После каждого прохода комбинированным укладчиком через равные промежутки было произведено 10 срезов уложенных послойно компонентов. Далее в местах срезов производилось измерение толщины слоя каждого компонента – чернозем, который является основным в выбранной в п. 4.1 смеси, перепревший навоз и опилки. Исходя из оптимального объемного соотношения компонентов почвенной смеси 1:0,25:0,25 и необходимой толщины основного слоя, равной 16 сантиметрам, для навоза и опилок толщина слоев будет составлять по 4 сантиметра.

Далее с помощью формулы определялось среднее значение толщины каждого слоя:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (4.6)$$

где x_i – значения толщины в разных участках,

n – количество срезов

Затем определялось среднеквадратичное отклонение:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad (4.7)$$

где \bar{X} – среднее значение толщины каждого слоя.

Методика была проведена с различными параметрами рабочих органов. Для цепочно-планчатого транспортера изменялось количество планок от 2 до 8 (рисунок 4.13). Полученные данные были сведены в таблицу 4.2

С помощью приведенных выражений для расчета среднеквадратичного отклонения можно получить график неравномерности укладки для серии опытов.

Для дозирующих барабанов варьировалось количество планок, от 2 до 8. Результаты экспериментальных данных сведены в таблицу 4.3

Аналогичным образом строятся графические зависимости для дозирующих барабанов (рисунок 4.14).

Таблица 4.2 – Оценка неравномерности укладки почвенного компонента для цепочно-планчатого транспортера

2 планки		4 планки		6 планок		8 планок	
Номер среза	Значение	Номер среза	Значение	Номер среза	Значение	Номер среза	Значение
1	18	1	24,3	1	26,1	1	25
2	24	2	28,1	2	25,2	2	27,1
Номер среза	Значение	Номер среза	Значение	Номер среза	Значение	Номер среза	Значение
3	16,7	3	25,1	3	26,9	3	25
4	28,5	4	27,6	4	25,5	4	26,4
5	13,9	5	23,8	5	26,4	5	25,8
6	24,3	6	27,9	6	25,3	6	26,2
7	13,1	7	25,2	7	26,7	7	25,3
8	28,5	8	29,3	8	25,3	8	26,8
9	14,8	9	24,4	9	27	9	25,4
10	18,5	10	28	10	25,4	10	26,2

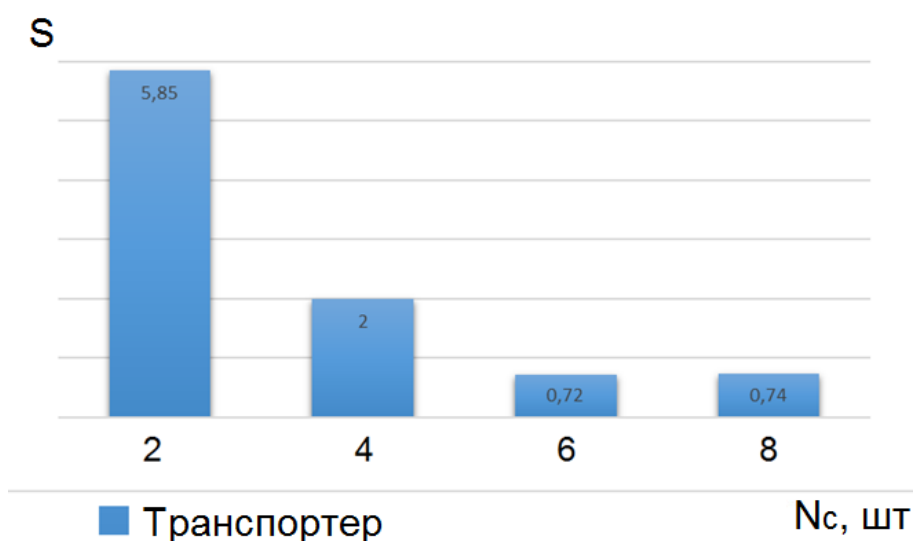


Рисунок 4.13 – График среднеквадратичного отклонения толщины укладываемого слоя компонента транспортером.

Таблица 4.3 – Оценка неравномерности укладки почвенного компонента для дозирующих барабанов

Барабан 1 (перепревший навоз)							
2 лопатки		4 лопатки		6 лопаток		8 лопаток	
Номер среза	Значение	Номер среза	Значение	Номер среза	Значение	Номер среза	Значение
1	2,2	1	8,7	1	6,8	1	7
2	9,6	2	4,2	2	5,7	2	5,5
3	3,5	3	7,8	3	7,3	3	6,7
4	8,7	4	3,9	4	5,4	4	4,4
5	1,8	5	6,9	5	6,9	5	7,5
Номер среза	Значение	Номер среза	Значение	Номер среза	Значение	Номер среза	Значение
6	7,8	6	3,5	6	5	6	5,2
7	1,5	7	9	7	7,6	7	6,9
8	5,6	8	4,7	8	5,6	8	5,4
9	3,2	9	7,9	9	7	9	7,1
10	7,7	10	5,6	10	5,5	10	5,2
Барабан 2 (опилки)							
2 лопатки		4 лопатки		6 лопаток		8 лопаток	
Номер среза	Значение	Номер среза	Значение	Номер среза	Значение	Номер среза	Значение
1	2,7	1	7,8	1	7,3	1	7
2	8,4	2	4,3	2	5	2	5,2
3	3,2	3	8,2	3	6,7	3	7,3
4	9,5	4	5	4	5,5	4	5,5
5	2,3	5	9,1	5	7,5	5	6,7
6	6,9	6	4,7	6	5,2	6	5,2
7	2	7	8,8	7	6,7	7	7,4
8	7,7	8	3,5	8	5,8	8	5,1
9	2,8	9	7,3	9	7,1	9	7,4
10	8,4	10	5	10	6,2	10	6,3

Анализ результатов исследований показывает, что среднеквадратичное отклонение толщин укладываемых слоев компонентов уменьшается с увеличением количества скребков у цепочно-планчатого транспортера и планок у дозирующих барабанов. Наибольшее значение наблюдается при двух планках и при двух лопатках. Наилучшая равномерность достигается при $N_c = 7-8$, что соответствует шагу 0,35...0,4 м и 6 лопаткам на дозирующих барабанах.

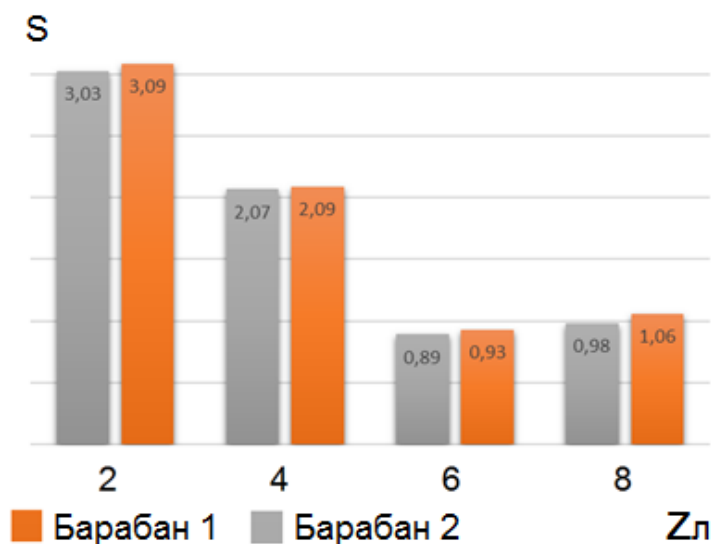


Рисунок 4.14 – График среднеквадратичного отклонения толщины укладываемого слоя компонента дозирующими барабанами.

Измерения проводились для всех применяемых в укладчике рабочих органов, и далее с помощью приведенных выражений были получены графики неравномерности укладки для серии опытов (рис.9).

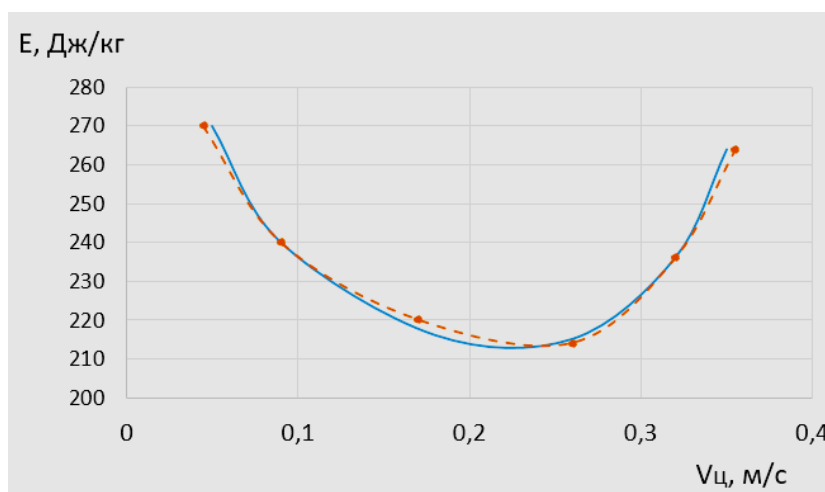


Рисунок 4.15 – Сходимость теоретической (2) и экспериментальной зависимостей (1) энергоемкости E транспортера от скорости движения цепи $V_{ц}$.

Проверена сходимость результатов эксперимента с теоретическими расчетами. На рис. 10 изображены теоретическая и экспериментальная зависимости энергоемкости цепного транспортера укладчика от скорости движения цепи $V_{ц}$.

4.5 Выводы по главе

1. Исследованы физико-механические свойства почвенных компонентов, а также составлена таблица значений, которые характеризуют основные виды почвенных смесей: плотность, коэффициент трения и прочностных свойств. Выбранная почвенная смесь состоит из чернозёма, перепревшего навоза и опилок, имеет объемное соотношение компонентов 1:0,25:0,25 соответственно, и имеет плотность 0,6-0,7 кг/м³, коэффициент трения 0,65-0,8, сопротивление сжатию 0,05 кПа, сопротивление сдвигу 0,03 кПа.

2. В результате проведения исследований экспериментальных данных, полученных для цепочно-планчатого транспортера, были установлены зависимости мощности, производительности и энергоёмкости. Они имеют нелинейный характер и описываются соответствующими уравнениями регрессии второго порядка. По результатам статистической обработки построены трехмерные графики, имеющие область оптимальных значений. Максимальная производительность составила 22,5 т/ч при скорости цепи 0,35 м/с и количестве планок 7, необходимая приводная мощность $P = 1293,3$ Вт, энергоёмкость $E = 190$ Дж/кг.

3. Зависимость аналогичных параметров для дозирующего барабана от угловой скорости рабочего органа и числа продольных лопаток также носит нелинейный характер. Максимальное значение производительности 4,23 т/ч располагается в диапазоне угловой скорости 6 рад/с при числе лопаток, равном 6. Изменение этих параметров в любую из сторон снижает производительность дозирующих барабанов, и, как следствие, теряется эффективность и качество укладки.

4. Оценка качества укладки по равномерности высоты слоев позволила установить, что при конструктивных и режимных параметрах укладчика, соответствующих рациональной производительности и энергоёмкости среднеквадратичное отклонение имеет минимальное значение $S = 0,18...0,25$ от среднего значения высоты.

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

5.1. Расчет технико-экономической эффективности.

Внедрение предлагаемого комбинированного укладчика компонентов почвенных смесей для теплиц проведено в ОАО «Совхоз-весна». В целях обеспечения необходимой производительности и качества укладки компонентов в ОАО «Совхоз-весна» на основе экспериментальных и проведенных теоретических и исследований разработан и изготовлен рабочий образец комбинированного укладчика (рис.3.3)

В настоящее время для работы с почвой в условиях теплиц специальные машины серийно не производятся. Для этих целей приспособляются машины иного назначения. В ОАО «Совхоз-весна» для производства смешивания и укладки компонентов применялся бульдозер. Однако, при использовании данного метода не достигается необходимое качество укладки. Кроме того, каждый слой укладывался по отдельности, и поэтому доводить равномерность всех слоев приходилось с применением ручного труда.

Расчет экономической эффективности комбинированного укладчика по сравнению с бульдозером производился с учетом необходимости ручной доводки почвенной смеси до агротехнических требований. Экономический эффект от внедрения нового комбинированного укладчика достигается за счет снижения затрат труда при укладке почвенной смеси, поскольку предлагаемый комбинированный укладчик исключает последующую ручную доводку смеси и позволяет одновременно укладывать до 3 компонентов. Стоимость предлагаемой машины также меньше стоимости используемого бульдозера в совокупности с затратами на ручной труд.

Ожидаемая экономическая эффективность определена по существующей методике [104,105].

Годовая нормативная загрузка определяется, исходя из годового объема работ (*B*) и производительности машины (*П*). При использовании укладчиков на одном и том же предприятии, объем работ одинаков:

$$T_n = \frac{B}{\Pi}. \quad (5.1)$$

Затраты труда (H) изменяются в зависимости от производительности агрегата, и рассчитываются по выражению:

$$H = \frac{L}{\Pi}, \quad (5.2)$$

где L – обслуживающий персонал, чел.

Издержки по заработной плате ($З_в$) варьируются в зависимости от тарифной ставки оператора ($З_ч$), количества операторов (L) и производительности агрегата (Π), и определяется по формуле:

$$З_в = \frac{L \cdot З_ч}{\Pi}. \quad (5.3)$$

Удельный расход топлива (P_r) рассчитывается:

$$P_r = \frac{q_ч}{\Pi}, \quad (5.4)$$

где $q_ч$ – расход ГСМ при работе агрегата в базовом варианте $g_6=24$ [кг/ч] и предлагаемого комбинированного укладчика $g_6 = 17$ [кг/ч].

отсюда стоимость ГСМ

$$\Gamma = P_r \cdot Ц; \quad [\text{руб/т}], \quad (5.5)$$

где $Ц = 30$ руб/кг – цена 1 кг топлива.

Амортизационные отчисления на комбинированный укладчик и отчисление на техническое обслуживание высчитываются по выражению:

$$A_{то} = \frac{C \cdot a}{100 \cdot B}, \quad (5.6)$$

где a – норма амортизационных отчислений, а также отчислений за ТО.

Накладные затраты на процесс:

$$H_n = 0,5 \times (Z_B + P_\Gamma + A_{TO}) \text{ [руб/т]}. \quad (5.7)$$

Прямые затраты (Π_3) находятся из суммы затрат на заработную плату, стоимость топлива и амортизационные отчисления:

$$\Pi_3 = Z_\epsilon + \Gamma + A_{mo} + H_n \quad (5.8)$$

Снижение прямых затрат определяется как

$$\frac{\Pi_{3_1} - \Pi_{3_2}}{\Pi_{3_1}} \cdot 100\%. \quad (5.9)$$

Приведенные капиталовложения:

$$\Pi_{KB} = \frac{C \cdot E_H}{B \cdot \Pi}, \quad (5.10)$$

где E_H – коэффициент эффективности капиталовложений, $E_H = 0,15$.

Приведенные затраты (Π_{PP}) вычисляются из суммы капиталовложений (Π_{KB}) и прямых затрат (Π_3):

$$\Pi_{PP} = \Pi_3 + \Pi_{KB}. \quad (5.11)$$

Снижение приведенных затрат:

$$\frac{\Pi_{PP1} - \Pi_{PP2}}{\Pi_{PP1}} \cdot 100\%. \quad (5.12)$$

Ожидаемый годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_\Gamma = (\Pi_{PP1} - \Pi_{PP2}) \cdot B. \quad (5.13)$$

Срок окупаемости дополнительных капиталовложений вычисляется по формуле:

$$T_{ок} = \frac{C}{\mathcal{E}_\Gamma}. \quad (5.14)$$

Расчеты по предлагаемому комбинированному укладчику, а также по базовым вариантам на основе существующей технологии сведены в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Расчет экономической эффективности комбинированного укладчика компонентов почвенной смеси для теплиц

Экономические параметры	Обозна- чение	Укладчик	Бульдозер
1	2	3	4
1. Балансовая стоимость, руб.	С	240000	76000
2. Производительность в час чистого времени, т/ч	П	22	16
3. Годовая нормативная загрузка, ч	Т _П	1500	2000
4. Годовой объем работ, т	В	12000	12000
5. Обслуживающий персонал, чел	Л	1	1
6. Затраты труда чел.	Н	0,125	0,167
7. Снижение трудоемкости, %		–	
8. Часовая тарифная ставка, руб.	З _ч	105	105
9. Издержки по зарплате, руб./т	З _В	13,13	17,5
10. Расход топлива, кг/ч	q _ч	12	12
11. Комплексная цена ГСМ, руб.	Ц _Г	43	43
12. Удельный расход топлива, кг/т	Р _Г	1,5	2
13. Стоимость топлива, руб./т	Г	64,5	86
14. Амортизационные отчисления, руб./т	А _{то}	0,03	0,01
15. Накладные расходы, руб./т	Н _п	7,33	9,76
16. Прямые затраты, руб./т	П _з	85	113,3
17. Снижение прямых затрат, %		45	-
18. Приведенные затраты, руб./т	П _{пр}	85,37	113,4
19. Снижение приведенных затрат, %		33	-
20. Годовой экономический эффект, руб.	Э _г	336691	-
21. Срок окупаемости дополнительных капиталовложений, лет	Т _{ок}	0,71	-

5.2. Выводы по главе

При использовании комбинированного укладчика в сравнении с применением бульдозерной навески в процессе укладки компонентов был получен экономический эффект 336691 рубль за год в ценах на 01.04.2018, а срок окупаемости для дополнительных капитальных вложений составит 0,71 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований в диссертационной работе предложена новая технология укладки компонентов почвенных смесей для закрытого грунта и новая конструкционно-технологическая схема комбинированного укладчика. Получены аналитические выражения для определения производительности, мощности привода и энергоемкости комбинированного укладчика, экспериментальные зависимости и уравнения регрессии позволили обосновать рациональные параметры его рабочих органов, а также экспериментально подтверждено высокое качество укладки компонентов. Технико-экономические показатели подтверждают эффективность полученных результатов исследований.

1. Анализ существующих исследований, литературных источников и производственного опыта показал недостаточную производительность существующих машин и высокую энергоемкость процесса подготовки почвы для теплиц. В существующем технологическом процессе используется несколько машин, последовательно выполняющих укладку компонентов перед смешиванием. Процесс укладки компонентов почвенных смесей практически не исследовался, вследствие этого имеет место недостаточная эффективность используемых для закрытого грунта технических средств.

2. Разработана классификация технических средств, применяемых для укладки компонентов почвенных смесей, используемых в закрытом грунте. Основным направлением совершенствования технологического процесса является осуществление одновременной укладки трех и более компонентов. В соответствии с этим разработана новая конструкционно-технологическая схема комбинированного укладчика (патент на изобретение № 2643845) для послойной укладки почвенных компонентов.

3. В результате теоретических исследований получены аналитические выражения для определения крутящего момента, мощности привода рабочих органов (2.29), производительности (2.8) и энергоемкости

(2.30). Производительность имеет нелинейную зависимость от конструктивных и режимных параметров определяемую заполнением рабочего пространства цепочно-планчатого транспортера и дозирующих барабанов, компонентами смеси. Квадратичная зависимость энергоемкости обусловлена взаимодействием производительности и приводной мощности рабочих органов комбинированного укладчика.

4. Исследованием физико-механических свойств компонентов и почвенных смесей установлено, что плотность почвенной смеси, состоящей из чернозёма, перепревшего навоза и опилок, составляет $0,6-0,7 \text{ кг/м}^3$, коэффициент трения $0,65-0,8$, сопротивление сжатию $0,05 \text{ кПа}$, сопротивление сдвигу $0,03 \text{ кПа}$.

5. Получены экспериментальные зависимости и уравнения регрессии, описывающие влияние конструктивных и режимных параметров на производительность, крутящий момент, мощность привода рабочих органов, энергоемкость и качество укладки почвенных компонентов. Наибольшая производительность дозирующих барабанов достигается при угловой скорости $6...6,5 \text{ рад/с}$ и числе продольных лопаток $6...7$; наибольшая производительность цепочно-планчатого транспортера достигается при скорости движения цепи с планками $0,33...0,37 \text{ м/с}$ и числе планок 8 при длине транспортера $2,5 \text{ м}$, что соответствует шагу планок $0,31 \text{ м}$. Минимальная энергоемкость работы дозирующих барабанов наблюдается при наибольшей производительности – при угловой скорости $6...6,5 \text{ рад/с}$ и числе продольных лопаток 6. Оптимальный показатель энергоемкости цепочно-планчатого транспортера соответствует скорости движения цепи с планками $0,33...0,35 \text{ м/с}$ и шаге планок $0,42 \text{ м}$. При указанных режимных и конструктивных параметрах равномерность высоты слоев имеет среднеквадратичное отклонение $S = 0,18...0,25$, что обеспечивает качество укладки компонентов почвы.

6. При использовании комбинированного укладчика закрытого грунта в сравнении с существующей технологией в процессе укладки компонентов был получен экономический эффект 336691 рубль за год в ценах на $01.04.2018$, а срок окупаемости для дополнительных капитальных вложений составит $0,71 \text{ года}$.

Рекомендации производству

1. При практическом использовании комбинированного укладчика необходимо определить требуемую производительность укладки. Далее назначаются режимы работы цепочно-планчатого транспортера и дозирующих барабанов.
2. Расчет экономических показателей проводится с учетом снижения необходимых технических средств для выполнения процесса.

Перспективы дальнейшей разработки темы

1. Обосновать параметры предлагаемого комбинированного укладчика для процесса одновременной послойной укладки компонентов различных типов почвенных смесей.
2. Провести исследования по дальнейшему повышению комбинированного укладчика при работе с 4 и 5 компонентами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агропромышленный портал Оренбургской области [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://agro-portal.su/vyraschivanie-v-teplice.html>
2. Российская библиотека научных журналов и статей академии (РАН) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://naukarus.com/osobennosti-i-tendentsii-razvitiya-ovoshevodstva-zaschisennogo-grunta>
3. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1286360627828
4. Переволоцкий Механический завод [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.pmzavod.ru/buldozer-otval-traktor-mtz1221.shtml#close>
5. Компания «ЮНиК Плюс» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.unic-plus.ru/catalog/pogruzochnoe-navesnoe-oborudovanie/frontalnyy-pogruzchik-pku-08-gp-800-kg>

6. ООО «Агросистема» [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.agrosistema.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=100&Itemid=88
7. Агробаза [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_54f1d9c4-9010-4bed-8985-da76ba460855
8. Компания «PRONAR» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://pronar.pl/en/produkt/pronar-manure-spreader-n161/>
9. Хозтехника [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://hoztehnikka.ru/2011-07-17-11-57-32/2011-07-17-12-46-28/393-agregat-air-20.html>
10. Компания «Промагроснаб» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://promagrosnab.by/razbrasyvatel-mineralnyh-udobreniy>
11. Каталог AllSpectech [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://allspectech.com/selhoztehnika/dlya-zemledeliya/dlya-vneseniya-udobrenij/razbrasyvatel-rum-5.html>
12. Лекции.org [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://lektsii.org/14-6912.html>
13. Агросервис [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.agse.ru/catalog/zapchasti_dlya_selhoztehniki/razbrasyvateli_udobrenij/razbrasyvatel_organicheskix_udobrenij_prt_7__prt_10
14. Агробаза [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_43fa5d4d-61c7-4f6d-9c76-d94625b8332d
15. Ерохин М.Н., Подъемно-транспортные машины [Электронный ресурс] / М. Н. Ерохин, С. П. Казанцев, А. В. Карп и др.; Под ред. М. Н. Ерохина и С. П. Казанцева. - М. : КолосС, 2010. - 335 с. (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений) - ISBN 978-5-9532-0625-9 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953206259>.

16. Павлов, Н.В. Исследование энергоёмкости процесса погрузки органических удобрений погрузчиками периодического и непрерывного действия: дисс. канд. техн. наук / Павлов Н.В. – Рига, 1969. – 215 с.

17. Красников В.В. Подъёмно-транспортные машины: учебник для ВУЗов. / Красников В.В., Дубинин В.Ф. и др.– М: Агропромиздат, 1987. – 272 с.

18. Лозановская И.Н. Теория и практика использования органических удобрений. / Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Попов П.Д. – М.: ВО Агро-промиздат, 1988, 96 с.

19. Хитрова Н.В. Повышение эффективности погрузки органических удобрений погрузчиком непрерывного действия и обоснование параметров шнекофрезерного питателя. Дисс.канд. техн. наук. / Хитрова Н.В. - Саратов. – 1997, 156 с.

20. Электронный фонд правовой и технической документации [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200000488>

21. Разработать технологии и обосновать параметры высокопроизводительных средств механизации для удаления навоза, приготовления и внесения органических удобрений. Отчет о НИР (Заключительный) / Укр. научно- исследовательский институт механизации и электрификации с/х (УНИИМЭСХ). Руководитель Линник Н.К.- 1995.

22. Гайнанов Х.С. Исследования рабочих органов машин непрерывного действия для погрузки органических удобрений. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Саратов.- 1964.- 25 с.

23. А.С. 1702902А1. МКИ: А 01С3/04. Погрузчик навоза. / И.А. Вороницкий, Д.Ф. Кольга, П.Е. Сыман, А.Я Бугаев.- Оpubл. 7.06.92.

24. Карпов А.Т. Смеситель-погрузчик удобрений СПУ-40М // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1962. - № 1. – с.35...36.

25. А.С. 1727609А1. МКИ: А01С3/04. Заборный орган погрузчика. / А.И. Клименко, А.П. Куримов, В.М. Федотов.- Оpubл. 30.04.92.

26. Хакимзянов Р.Р. Повышение эффективности погрузчика органических удобрений путем оптимизации параметров фрезерно-шнекового питателя. Дисс. канд. техн. наук. Саратов.- 2001.- 165 с.
27. Погрузчик непрерывного действия ГШД- 45: Проспект.- М- 1966.- С. 1-3.
28. А.С. 1454288 СССР, МКИ: А01С3/04. Питатель к погрузчику навоза. / В.М. Курочкин, Л.Э. Эбель, С.П. Ваганов. (СССР)- Оpubл. 30.07.89.
29. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины [Текст] / Г.Е. Листопад [и др.]; под общ. ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
30. Совершенствование технологии приготовления органических удобрений [Текст] / Н.К. Линник [и др.] // Техника в сельском хозяйстве. – 1995. – № 6. – С. 22–23.
31. Логутенко, Э.П. Исследование ротационных рабочих органов типа фрезбарабана для добычи торфа на удобрение: автореф. дис. ... канд. техн. Наук / Логутенко Э.П. – М., 1964. – 21 с.
32. Дёмин Е.Е. Рабочие органы к высокопроизводительным погрузчикам навоза. / Е.Е. Дёмин // Машинно-технологическое обеспечение повышения производительности труда в растениеводстве и животноводстве: сб. науч. докл. 8 Междунар. науч.-практ. конф. – Т. 2. – М.: ВИМ, 2006. – С. 120–122 (0,19 печ. л.).
33. Морозов, Н.М. Перспективные технологии и технические средства для животноводства [Текст] / Н.М. Морозов, Л.М. Цой // Техника в сельском хозяйстве. – 2001. – № 6. – С. 35.
34. Орстик, Л.С. Техническая политика в агропромышленном комплексе [Текст] / Л.С. Орстик // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – № 1. – С. 2–6.
35. Левченко, Г.В. Повышение эффективности погрузки органических удобрений погрузчиком непрерывного действия и оптимизация параметров лопастного питателя: дис. канд. техн. наук / Левченко Г.В. – Саратов, 1998. – 171 с.

36. Везиров, А.О. Повышение эффективности технологического процесса приготовления почвенных смесей путем обоснования конструктивно-режимных параметров погрузчика-смесителя: дисс. канд. техн. наук / Везиров А.О. – Саратов, 2013 – 126 с.

37. Павлов П.И. Научно-технические решения проблемы ресурсосбережения при использовании навозопогрузчиков непрерывного действия: дисс. д-ра техн. наук: 05.20.01 / Павлов П.И. – Саратов, 2002. – 441 с.

38. Научная электронная библиотека [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22843018>

39. Павлов П.И. Стенд для исследования питателей погрузчиков непрерывного действия // Тракторы и сельскохозяйственные машины – 1999. - №3. - с. 39...40.

40., Цытович Н.А. Механика грузов / Изд. 4-е перераб. и доп. – М.: 1983, - 287 с.

41. Борисов А.М. Сельскохозяйственные погрузочно-разгрузочные машины. М.: Машиностроение. - 1973.- 160 с.

43. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рошин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

44. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул / Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1988. – 239 с.

45. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. - М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304 с.

46. Адлер Ю.П. др. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1976. – 279 с.

47. Верховский В.М. Механизация внесения удобрений. / Верховский В.М., Полеченко В.П. // Обзор зарубежной литературы. – М.: Колос, 1985. - 245 с.

48. Сильве А.О. Исследование энергоёмкости и динамики погрузчиков непрерывного действия для удобрений // дисс. канд. техн. наук. – Минск-Рига, 1964. – 171 с.
49. Гайнанов Х.С. Исследование рабочих органов машин непрерывного действия для погрузки органических удобрений // Дисс. ... канд. техн. наук. – Саратов, 1964. – 157 с.
50. Павлов Н.В. Исследование энергоёмкости процесса погрузки органических удобрений погрузчиками периодического и непрерывного действия // Дисс. канд. техн. наук. – Рига, 1969. – 215 с.
51. Погрузчик непрерывного действия ПНД-45 // Проспект, – М., 1966. – с. 1...3.
52. Линник Н.К. Совершенствование технологий и технических средств использования органических удобрений // Техника в сельском хозяйстве. – 1990. – № 5. – с.51...53.
53. Кушнарёв А.С. Проблемы повышения плодородия почв // Техника в сельском хозяйстве. – 1989. - №11. – с. 4...7.
54. Васильев В.А. Органические удобрения и плодородие почвы // Земледелие. – 1982. - №7. – с. 41...45.
55. Хохлов В.И. Подготовка и применение органических удобрений в условиях интенсивного земледелия // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1988. - №12. – с.11...14.
56. Петухов Н.А. Организация погрузочно-разгрузочных работ при внесении твердых органических удобрений. / Петухов Н.А., Новоселова Н.Н. // Техника в сельском хозяйстве, - М.: Колос, 1982, № 2. – с.23...26.
57. Лосина Н.С. Выбор технологических схем и агрегатов для внесения органических удобрений. / Лосина Н.С., Пятаченко В.И. // Техника в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1979. № 2. – С. 14...15.
58. Горячкин В.П. Собрание сочинений в 3-ёх томах. / Горячкин В.П. – М.: Колос, 1968. – т.2. – 455 с.

59. Дубинин, В.Ф. Универсальные погрузчики [Текст] / В.Ф. Дубинин, П.И. Павлов, Н.В. Хитрова // Сельский механизатор. – 2002. – № 2. – С. 27–28.
60. Артюшин А.А., Пуговкина Н.П., Малыхина Л.М. Предпосылки оценки системы «навоз – органическое удобрение - поле» // Техника в сельском хозяйстве. – 1990. - №2. – с. 59...65.
61. Васильев В.А. Справочник по органическим удобрениям. / Васильев В.А., Филиппова Н.В. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 255 с.
62. Никулин С.Н. Физико-механические и аэродинамические свойства органических удобрений и компостов. / Никулин С.Н., Варламов Г.П. // Труды ВИСХОМ. Вып. 54. – М., 1969. – с. 90...100
63. Вопросы Сельскохозяйственной механики / под ред. Мацепуро М.Е./, т.14, - Минск: Урожай, 1964. – с. 86...119
64. Гамзиков Г.П. Изменение содержания гумуса в почвах в результате сельскохозяйственного использования / Гамзиков Г.П., Кулагина М.Н. // Обзорная информация: ВНИИТЭИ Агропром. – М.,-1992. – 48с.
65. Павлов, П.И. Погрузчик органических удобрений [Текст] / П.И. Павлов, Р.Р. Хакимзянов // Сельский механизатор. – 2001. – №2. – С. 48.
66. Погрузчик-смеситель органических удобрений непрерывного действия [Текст] / Н.К. Линник [и др.] // Техника в сельском хозяйстве. – 1997. – № 4. – С. 80–81.
67. Лосина, Н.С. Выбор технологических схем и агрегатов для внесения органических удобрений [Текст] / Н.С. Лосина, В.И. Пятаченко // Техника в сельском хозяйстве. – 1979. – № 2. – С. 14–15.
68. Петухов, Н.А. Рационально использовать погрузчики органических удобрений [Текст] / Н.А. Петухов, Н.В. Пономарев // Техника в сельском хозяйстве. – 1982. – № 1. – С. 18–19.
69. Карабан Г.Л. Машины для городского хозяйства. / Г.Л. Карабан, В.И. Баловнев, И.А. Засов, Б.А. Лившиц. М. : Машиностроение.- 1988.- 272 с.
70. Патент ФРГ № 3530452. МКИ: А01К5/00 Устройство для смешивания и распределения кормов для скота. Опубл. 9.08.93.

71. А.С. 604922 СССР, МКИ: E02P 5/06. Режущая цепь траншейного экскаватора. / Г.Ф. Буянов, И.И. Ивашков, Э.Н. Шкнявский, и др.- (СССР)- Оpubл. 30.04.78.
72. А.С. 773208. СССР, МКИ: E02P 5/06. Рабочий орган землеройной машины. / Л.К. Соколов, А.Ф. Гринько, В.П. Степаненко, и др. (СССР)-Оpubл. 23.10.80.
73. А.С. 812883 СССР, МКИ: E02P 3/08 Режущий орган экскавационной машины. /Б. А. Басс. (СССР)- Оpubл. 15.03.81.
74. А.С. 829811. СССР, МКИ: E02P 5/06. Рабочий орган землеройной машины. / А.Ф. Кичигин, В.П. Степаненко, А.И. Эбин, и др. (СССР)- Оpubл. 15.05.81.
75. Домбровский Н.Г. Землеройно-транспортные машины./ Н.Г. Домбровский, М.И. Гальперин. М.: Машиностроение.- 1965.- 274 с. ил.
76. Домбровский Н.Г. Строительные машины. Часть-1. М.: Машиностроение.- 1976.-391 с. ил.
77. Далин А.Д. Ротационные грунтообразующие и землеройные машины. / А.Д. Далин, П.В. Павлов. М: Машгиз.- 1950.- 258 с.
78. Зуев В.А. Исследование рабочих органов погрузчика силоса. / В.А. Зуев, А.А. Кутлембетов. // Мех. и эл. с.х.- 1969.- №4.- С. 20-22.
79. Козмин П.С. Машины непрерывного транспорта. М.: ОНТИ.- 1935
80. А.С. СССР № 1523077. МКИ: A01C3/04. Погрузчик-смеситель органоминеральных удобрительных смесей / Кузнецов В.С., Копытин Г.В., Чиженков С.Н. – опубл. 4.08.89.
81. Ермохин, Г.Н. Универсальный погрузчик с ротационным питателем [Текст] / Г.Н. Ермохин // Техника в сельском хозяйстве. – 1996. – № 10. – С. 72–74.
82. Базанов, Л.Ф. Самоходные погрузчики. 2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / Л.Ф. Базанов, Г.В. Забегалов. – М.: Машиностроение, 1979. – 406 с.
83. Козмин П.С. Машины непрерывного транспорта. Элеваторы, транспортеры и конвейеры. Часть 2. Транспортирующие устройства с тяговым органом. М.- Л. : Машгиз.- 1948.- 358 с.

84. Спиваковский А.О. Транспортирующие машины. / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. М.: Машиностроение.- 1968.- 504 с.

85. Шнейкин В.Д. Исследование рабочего процесса и методика расчета зерновых погрузочно-отгрузочных скребковых транспортеров. Дисс...канд. техн. наук. Саратов.- 1974.- 34 с.

86. Готовцев А.А. Проектирование цепных передач. / А.А. Готовцев, И.П. Котенок. Справочник.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение.- 1973.- 160с.

87. Патент на полезную модель № 87153; МПК В65G 67/24; Погрузчик смеситель / Павлов П.И., Левченко Г.В., Алексеенко И.С., опубл. 27.09.2009, Бюл. № 27.

88. Патент на полезную модель № 117906; МПК В65G 67/24, 65/22; Рабочий орган погрузчика смесителя / Павлов П.И., Левченко Г.В., Везиров А.О., Дзюбан И.Л., опубл. 10.07.2012, Бюл. № 19.

89. Павлов, П.И. Исследование влияния режимных и конструктивных параметров на приводную мощность и производительность фрезерно-шнекового питателя [Текст] / П.И. Павлов, Е.Е. Демин, Р.Р. Хакимзянов; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2006. – 10 с.: ил. 3. – Библиогр. 2 назв. – Рус. – Деп. в ВИНТИ 15.06.06, № 800–В 2006 год.

90. Митков А.Я. Статистические методы в с.х. машиностроении. / А.Я. Митков, С.В. Кардашевский. М.: Машиностроение. – 1978 – 390 с.

91. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. – 1985. - 351 с.

92. Налимов В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Наука. – 1965. – 340 с.

93. Литтл Т. Сельскохозяйственное опытное дело. Планирование и анализ. / Т. Литтл, Ф. Хилз. М.: Колос.- 1981.- 318 с.

94. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно- исследовательских и опытно-

конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. Госагропром УССР. Киев. : Урожай- 1986.- 117с.

95. Методы определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно- исследовательских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. ВАСХНИЛ.-М.: - 1980.- 117с.

96. Блох Л.С. Основные графические методы обработки опытных данных. – М. – Л.: Машгиз. – 1951.- 164 с.

97. Савченко Ю.А. Совершенствование рабочего процесса и обоснование параметров веерного питателя погрузчика непрерывного действия. / Савченко Ю.А. // Дисс. канд. техн. наук. – Саратов, 1986.- 163 с.

98. Ильин В.А., Садовничий В.А. Математический анализ. - М.: Наука, 1980. – 720 с.

99. Мжельский Н.И. Справочник по механизации животноводческих ферм и комплексов /Мжельский Н.И., Смирнов А.И. - М: Колос, 1984. –336 с.

100. ГОСТ Р 53381-2009 Почвы и грунты. Грунты питательные. Технические условия.

101. ГОСТ 27753.0-88 – ГОСТ 27753.12-88 Грунты тепличные. Методы определения основных агрохимических показателей.

102. Павлов, П.И. Результаты исследования степени смешивания погрузчика-смесителя для приготовления органоминерального компоста [Текст] / П.И. Павлов, И.Л. Дзюбан // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2014. – № 8. – С. 50–51.

103. Авторское свидетельство СССР № 1740292; МПК В65G 67/24 / Волков Ю.И., Кононов Б.В., Павлов П.И. опубл.: 15.06.02, Бюл. № 22.

104. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений [Текст] / Госагропром УССР. – Киев: Урожай, 1986 – 117 с.

105. Методы определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ, новой техники и рационализаторских предложений [Текст] / ВАСХНИЛ. – М., 1980. – 117 с.

106. Марченко, Н.М. Механизация внесения органических удобрений [Текст] / Н.М. Марченко, Г.И. Личман, А.Е. Шебалкин. – М.: ВО Агропромиздат, 1990. – 207 с.

107. Хмыров, В. Д.. Разбрасыватель гранулированных органических удобрений в питомниках [Текст] / В.Д. Хмыров, Т.В. Гребенникова, П.Ю. Хатунцев, В.Б. Куденко // Вестник мичуринского государственного аграрного университета – 2016. – № 3. – С. 171-175.

108. Новиков, В.В.. Аналитическое описание показателей работы смесителя сыпучих материалов с винтовыми лопастями [Текст] / М.В. Борисова, В.В. Новиков, В.В. Коновалов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии – 2019. – № 1. – С. 69 – 78.

109. Щербаков, С.И.. Требования к машинам для дифференцированного внесения твердых органических удобрений [Текст] / С.И. Щербаков // Вестник Саратовского Госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова – 2008. – № 9. – С. 45-47.

110. Терюшков В.П., Коновалов В.В.. Влияние частоты вращения мешалки и длины ее лопаток на качество смеси [Текст] / М.В. Фомина, А.В. Чупшев, В.П. Терюшков, В.В. Коновалов // Известия самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1. – С. 63-69.

111. Терюшков В.П., Коновалов В.В.. Влияние конструктивных и режимных параметров мешалки смесителя на качество смеси [Текст] / М.В. Фомина, А.В. Чупшев, В.П. Терюшков, В.В. Коновалов // Нива Поволжья. – 2018. – № 4(49). – С. 175-180.

112. Новиков, В.В.. Обоснование параметров лопастной мешалки [Текст] / В.В. Новиков, С.П. Симченкова, В.И. Курдюмов // Вестник ульяновской государственной сельскохозяйственной академии – 2011. – № 2(14). – С. 104 – 108.

113. Новиков, В.В.. Обоснование производительности смесителя–дозатора [Текст] / В.В. Новиков, Ю.А. Савельев, С.П. Симченкова // Вестник

всероссийского научно-исследовательского института механизации
животноводства – 2012. – № 3(7). – С. 129-133.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор
АО «Весна»

Саратовского района
Саратовской области

_____ А.А. Решетов

25 декабря 2017 г.



АКТ

Комиссия в составе: председателя комиссии, главного агронома Критского И.Ю. и членов комиссии: главного инженера Медведева С.Л., профессора Павлова П.И., аспиранта Мухина Д.В. и тракториста Моргунова К.А. составила настоящий акт на хозяйственные испытания и производственную проверку разработанного на кафедре «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова» на основании результатов исследований д.т.н., профессора П.И. Павлова и аспиранта Д.В. Мухина опытного образца комбинированного укладчика компонентов грунта для теплиц.

Погрузчик обслуживает один оператор. Производительность укладчика 83 т/ч, энергоемкость составляет 252 Дж/кг. Расход топлива за один час работы составляет 9,1 кг/ч.

Подписи:

Председатель комиссии:

Главный агроном

Члены комиссии:

Главный инженер

Научный руководитель

Аспирант

Тракторист

 Критский И.Ю.

 Медведев С.Л.

 П.И. Павлов

 Д.В. Мухин

 Моргунов К.А.

АКТ

Мы, нижеподписавшиеся, генеральный директор АО «Весна» Саратовского района Саратовской области Решетов А.А. и представитель ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова» в лице руководителя работы д.т.н., профессора Павлова П.И. составили настоящий акт в том, что результаты научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы на тему: «Разработка и обоснование параметров комбинированного укладчика компонентов грунта для теплиц», выполненной на кафедре «Механика и инженерная графика», исполнители П.И. Павлов, Д.В. Мухин, ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, внедрены в АО «Весна» Саратовского района Саратовской области путем использования в течение трех месяцев 2017 года разработанного по результатам исследований комбинированного укладчика компонентов грунта для теплиц .

Результат внедрения исследования: использование комбинированного укладчика компонентов грунта для теплиц при приготовлении тепличного грунта дало возможность хозяйству получить годовой экономический эффект в размере 156086 рублей.

Замечания и предложения о дальнейшей работе по внедрению: рекомендовать к внедрению в хозяйствах, занимающихся выращиванием овощей и других культур в условиях теплиц.

Научный руководитель работы
Д.т.н., профессор

_____ П.И. Павлов

Генеральный директор
АО «Весна»



_____ А.А. Решетов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU (11)

2 643 845⁽¹³⁾ C2(51) МПК
A01C 3/06 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
A01C 3/06 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2016120102, 24.05.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.05.2016

Дата регистрации:
06.02.2018

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 24.05.2016

(43) Дата публикации заявки: 27.11.2017 Бюл. № 33

(45) Опубликовано: 06.02.2018 Бюл. № 4

Адрес для переписки:
410012, обл. Саратовская, г. Саратов, 1, ФГБОУ
ВО "Саратовский ГАУ", патентный отдел

(72) Автор(ы):
Павлов Павел Иванович (RU),
Мухин Дмитрий Вадимович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
образование учреждение высшего
образования "Саратовский государственный
аграрный университет имени Н.И. Вавилова"
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2395188 C1, 27.07.2010. SU
1554794 A1, 07.04.1990. US 4234130 A,
18.11.1980. US 3682333 A, 08.08.1972.

(54) Комбинированный укладчик почвенных компонентов

(57) Реферат:
Изобретение относится к области сельскохозяйственной техники, а именно к агрегатам для обработки почвы и внесения удобрений. Комбинированный укладчик почвенных компонентов содержит установленный на колесный ход кузов и прикрепленную к днищу кузова направляющую пластину. Кузов разделен на три изолированных друг от друга бункера, разделенных перегородками. Бункер в передней

части укладчика оснащен цепным транспортером. Средний и задний бункеры имеют конусные выгрузные устройства, снабженные дозирующими барабанами в виде цилиндров с продольно расположенными планками и отсекателями с приводом от цепного транспортера. При таком выполнении повышается производительность и снижаются трудозатраты на укладку нескольких почвенных компонентов. 1 ил.

RU 2 643 845 C 2

RU 2 643 845 C 2

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY(19) **RU** (11) **2 643 845**⁽¹³⁾ **C2**(51) Int. Cl.
A01C 3/06 (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(52) CPC
A01C 3/06 (2006.01)

(21)(22) Application: 2016120102, 24.05.2016

(24) Effective date for property rights:
24.05.2016Registration date:
06.02.2018

Priority:

(22) Date of filing: 24.05.2016

(43) Application published: 27.11.2017 Bull. № 33

(45) Date of publication: 06.02.2018 Bull. № 4

Mail address:

410012, obl. Saratovskaya, g. Saratov, 1, FGBOU
VO "Saratovskij GAU", patentnyj otdel

(72) Inventor(s):

Pavlov Pavel Ivanovich (RU),
Mukhin Dmitrij Vadimovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovanie uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Saratovskij gosudarstvennyj
agrarnyj universitet imeni N.I. Vavilova" (RU)(54) **COMBINED SOIL COMPONENT RACKER**

(57) Abstract:

FIELD: agriculture.

SUBSTANCE: combined soil component racker contains a body mounted on a wheeled mover and a guide plate attached to the bottom of the body. The body is divided into three isolated hoppers, separated by partitions. The hopper in the front part of the racker is equipped with a chain conveyor. The middle and the

rear hoppers have conical discharge devices equipped with dosing drums in the form of cylinders with longitudinally located slats and cutters with a drive from the chain conveyor.

EFFECT: increase in productivity and reduction of labour costs for laying several soil components.

1 dwg

RU 2 643 845 C 2

RU 2 643 845 C 2

RU 2 643 845 C2

Изобретение относится к области сельскохозяйственной техники, а именно к агрегатам для обработки почвы и внесения твердых удобрений.

Известна машина для внесения твердых органических удобрений (Патент №2395188, МПК А01С 3/06, опубл. 27.07.2010, бюл. №21), которая состоит из кузова с разбрасывающим рабочим органом, установленным на шасси, на дне которого установлен питатель в виде скребкового транспортера, на котором шарнирно закреплена подвижная стенка, снабженная наклонными опорными брусками, в которых размещены роликовые опоры, отличается тем, что боковые борта кузова выполнены наклонными и на них дополнительно установлены два ленточных транспортера, при этом разбрасывающий рабочий орган дополнительно имеет роторный рыхлитель-выравниватель. Недостатком данной конструкции являются неравномерность разбрасывания и одновременное использование только одного компонента.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является разбрасыватель органических удобрений (Патент №2421968, МПК А01С 3/06, опубл. 27.06.2011 г., бюл. №18), содержащий установленный на колесный ход кузов со съемным задним бортом и прикрепленной к днищу кузова направляющей пластиной, рыхлящее и разбрасывающее устройство. Недостатком данной конструкции является неравномерность разбрасывания и одновременное использование только одного компонента.

Технической задачей предлагаемого изобретения является повышение производительности и снижение трудозатрат на укладку нескольких компонентов путем одновременной послойной укладки до трех компонентов за счет установленных на агрегате бункеров, разделенных перегородками, и выгрузных устройств с регулируемой подачей.

Поставленная задача решается в комбинированном укладчике почвенных компонентов, содержащем установленный на колесный ход кузов и прикрепленную к днищу кузова направляющую пластину.

Отличием от прототипа является то, что кузов разделен на три изолированных друг от друга бункера, разделенных перегородками, бункер в передней части укладчика оснащен цепным транспортером, средний и задний бункеры имеют конусные выгрузные устройства, снабженные дозирующими барабанами в виде цилиндров с продольно расположенными планками и отсекающими с приводом от цепного транспортера, что позволяет производить послойную укладку почвенных компонентов.

На чертеже представлен комбинированный укладчик почвенных компонентов, который содержит установленный на колесный ход 8 кузов, разделенный на три изолированных бункера: бункер в передней части кузова 1, средний 2 и задний 3 бункеры, прикрепленную к днищу кузова направляющую пластину 10. Для крепления к движителю в передней части кузова расположена сцепка 4. Также в передней части кузова имеется гидромотор 5, который через цепную передачу 6 приводит в движение шестерню ведущего вала 14 цепного транспортера 7 в переднем бункере. Конструкция содержит также размещенную в бункере 1 регулирующую относительно днища ограничивающую заслонку 9, выгрузные устройства 11, содержащие установленные на подшипниках дозирующие барабаны 12, вращение к которым передается с ведомого вала 15, отсекающие 13 в среднем и заднем бункерах, которые могут изменять положение относительно днища кузова. Кроме того, дозирующие барабаны 12 снабжены продольными пластинами 16.

Комбинированный укладчик почвенных компонентов работает следующим образом. Укладчик соединяется с движителем через сцепку 4. При включении гидромотора 5 его

RU 2 643 845 C2

ротор через цепную передачу 6 приводит в движение шестерню ведущего вала 14 цепного транспортера 7 в переднем бункере. Далее вращение передается с ведомого вала 15 транспортера на дозирующие барабаны 12, установленные в выгрузных устройствах 11 среднего 2 и заднего 3 бункеров. Валы транспортера установлены на подшипниках, соосно размещенных в бортах бункера. Цепной транспортер 7 начинает подачу компонента через регулируемую ограничивающую заслонку 9, ограничивающую поступление смеси, далее почвенная смесь движется по направляющей пластине 10. Направляющая пластина 10 позволяет достичь большей равномерности и меньшего уплотнения слоя и, как следствие, повышения качества укладки. Подача компонентов в среднем 2 и заднем 3 бункерах осуществляется через регулируемые отсекатели 13, изменяющие свое положение относительно днища бункеров, тем самым регулируется интенсивность выгрузки компонентов. Далее компоненты проходят через дозирующие барабаны 12, расположенные в выгрузных устройствах 11 на соосно установленных подшипниках. Дозирующие барабаны 12 посредством расположенных на них продольных пластин 16 обеспечивают равномерную укладку почвенных компонентов.

Преимущества предлагаемого изобретения следующее: 1) одновременная укладка до 3 различных компонентов; 2) каждый компонент укладывается своим рабочим органом; 3) равномерность укладываемых слоев.

Указанные преимущества позволяют достичь следующих технологических результатов: 1) повышение производительности; 2) равномерность укладки; 3) расширение области применения.

(57) Формула изобретения

Комбинированный укладчик почвенных компонентов, содержащий установленный на колесный ход кузов и прикрепленную к днищу кузова направляющую пластину, отличающийся тем, что кузов разделен на три изолированных друг от друга бункера, разделенных перегородками, бункер в передней части укладчика оснащен цепным транспортером, средний и задний бункеры имеют конусные выгрузные устройства, снабженные дозирующими барабанами в виде цилиндров с продольно расположенными планками и отсекателями с приводом от цепного транспортера, что позволяет производить послойную укладку почвенных компонентов.

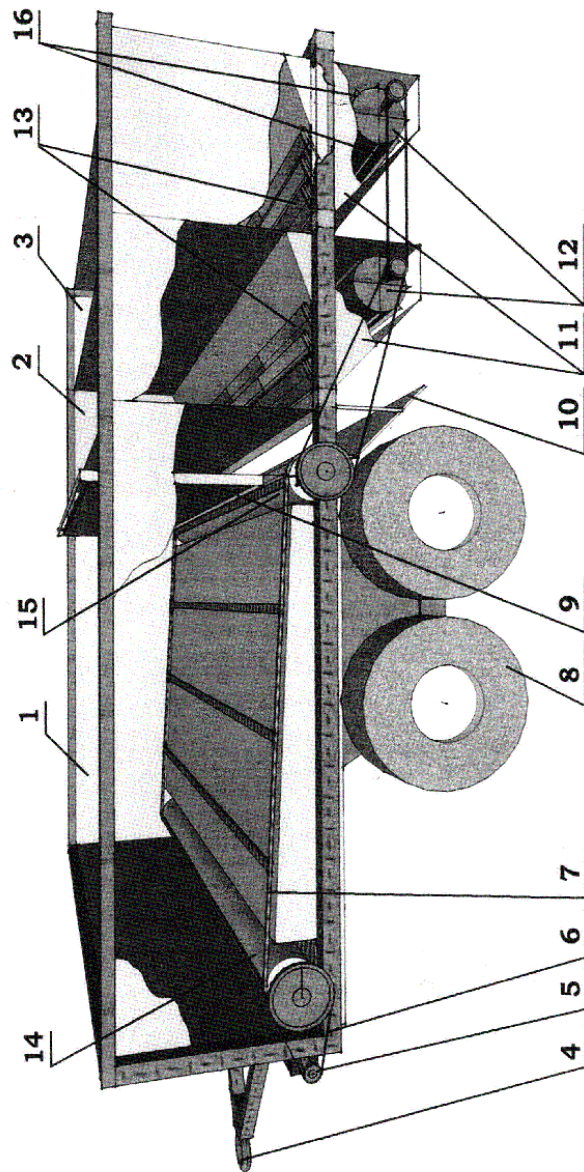
35

40

45

RU 2 643 845 C2

1



Приложение В

$$T = -896,743 + 2300,75 \cdot V_{\text{ц}} + 308,21 \cdot N_{\text{ц}} - 2101,75 \cdot V_{\text{ц}}^2 - 5,692 \cdot V_{\text{ц}} \cdot N_{\text{ц}} - 17,215 \cdot N_{\text{ц}}^2$$

Статистический анализ

Коэффициент корреляции между исходными данными и расчетными

$$R = 0,991468$$

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,983008$

	исходные	расчетные
Средние значения	738,7125	738,71225

Стандартное отклонение $s = 28,84337$

	фактический	теоретический
Критерий Фишера	1,017285	3,522

Проходит нулевая гипотеза: различий между опытными данными и расчетными по формуле нет.

Оптимум можно поискать. Если принять, согласно рисунку с контурами количество планок равное 9

Тогда:

$$T = -896,743 + 2300,75 \cdot V_{\text{ц}} + 308,21 \cdot 9 - 2101,75 \cdot V_{\text{ц}}^2 - 5,692 \cdot V_{\text{ц}} \cdot 9 - 17,215 \cdot 9^2$$

Или

$$T = -2101,75 \cdot V_{\text{ц}}^2 + (2300,75 - 5,692 \cdot 9) \cdot V_{\text{ц}} + 308,21 \cdot 9 - 17,215 \cdot 9^2 - 896,743$$

Производная

$$T' = -4203,5 \cdot V_{\text{ц}} + 2249,522$$

Тогда максимум крутящего момента достигается при $N_{\text{ц}} = 9$ и $V_{\text{ц}} = 0,535155$

$$Q = -29,53 + 101,815 \cdot V_{\text{ц}} + 8,521 \cdot N_{\text{ц}} - 146,25 \cdot V_{\text{ц}}^2 - 0,37 \cdot V_{\text{ц}} \cdot N_{\text{ц}} - 0,534 \cdot N_{\text{ц}}^2$$

Статистический анализ

Коэффициент корреляции между исходными данными и расчетными

$$R = 0,934996$$

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,874218$

	исходные	расчетные
Средние значения	15,1	15,1185

Стандартное отклонение $s = 1,739791$

	фактический	теоретический

Критерий Фишера 1,141495 3,522

Продолжение приложения В

Проходит нулевая гипотеза: различий между опытными данными и расчетными по формуле нет.

Оптimum можно поискать, если принять, согласно рисунку с контурами

Количество планок равное 8

Тогда:

$$Q = -29,53 + 101,815 \cdot V_u + 8,521 \cdot 8 - 0,37 \cdot V_u \cdot 8 - 0,534 \cdot 8^2$$

Или

$$Q = -146,25 \cdot V_u^2 + (101,815 - 0,37 \cdot 8) \cdot V_u + (8,521 \cdot 8 - 29,53 - 0,534 \cdot 8^2)$$

Производная

$$Q' = -292,5 \cdot V_u + 98,855$$

Тогда максимум производительности достигается при $N_{ц} = 8$ и $V_u = 0,33797$

$$E = 369,898 - 659,24 \cdot V_u - 23,045 \cdot N_c + 1328,423 \cdot V_u^2 - 4,873 \cdot V_u \cdot N_c + 2,134 \cdot N_c^2$$

Статистический анализ

Коэффициент корреляции между исходными данными и расчетными

$$R = 0,838501$$

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,703085$

	исходные	расчетные
Средние значения	248,125	250,112975

Стандартное отклонение $s = 15,96594$

	фактический	теоретический
Критерий Фишера	1,821207	3,522

Проходит нулевая гипотеза: различий между опытными данными и расчетными по формуле нет.

Оптimum можно поискать, если принять, согласно рисунку с контурами количество планок равное 6

Тогда:

$$E = 369,898 - 659,24 \cdot V_u - 23,045 \cdot 6 + 1328,423 \cdot V_u^2 - 4,873 \cdot V_u \cdot 6 + 2,134 \cdot 6^2$$

Или

$$E = 1328,423 \cdot V_u^2 - (659,24 + 4,873 \cdot 6) \cdot V_u + (369,898 - 23,045 \cdot 6 + 2,134 \cdot 6^2)$$

Производная

$$E' = 2656,846 \cdot V_u - 688,478$$

Тогда минимум энергоемкости достигается при $N_{ц} = 6$ и $V_{ц} = 0,259134$

Продолжение приложения В

$$P = -4483 + 11503 \cdot V_{ц} + 1541,05 \cdot N_{ц} - 10508,74 \cdot V_{ц}^2 - 28,46 \cdot V_{ц} \cdot N_{ц} - 86,075 \cdot N_{ц}^2$$

Статистический анализ

Коэффициент корреляции между исходными данными и расчетными

$$R = 0,991468$$

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,983008$

	исходные	расчетные
Средние значения	3693,563	3694,09

Стандартное отклонение $s = 144,2179$

	фактический	теоретический
Критерий Фишера	1,017387	3,522

Проходит нулевая гипотеза: различий между опытными данными и расчетными по формуле нет.

Оптимум можно поискать, если принять, согласно рисунку с контурами количество планок равное 9

Тогда:

$$P = -4483 + 11503 \cdot V_{ц} + 1541,05 \cdot 9 - 10508,74 \cdot V_{ц}^2 - 28,46 \cdot V_{ц} \cdot 9 - 86,075 \cdot 9^2$$

Или

$$P = -10508,74 \cdot V_{ц}^2 + (11503 - 28,46 \cdot 9) \cdot V_{ц} - (4483 + 1541,05 \cdot 9 - 86,075 \cdot 9^2)$$

Производная

$$P' = -21017,74 \cdot V_{ц} + 11246,9$$

Тогда максимум мощности достигается при $N_{ц} = 9$ и $V_{ц} = 0,53512$