

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

На правах рукописи



Андреев Константин Петрович

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
САМОЗАГРУЖАЮЩЕЙСЯ МАШИНЫ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО
ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
доцент, Шемякин А.В.

Рязань 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

1. Состояние вопроса и задачи исследований.

1.1 Анализ технологии внесения минеральных удобрений

1.2 Анализ работ отечественных и зарубежных машин для внесения минеральных удобрений

1.3 Назначение, особенности и классификация мягких контейнеров типа «Биг- Бэг»

1.4 Анализ работ по внесению твердых минеральных удобрений

1.5 Задачи исследований

Выводы по 1 главе

2. Теоретические исследования рабочих органов самозагружающейся машины для внесения удобрений

2.1. Обоснование конструктивно-технологической схемы самозагружающейся машины для внесения удобрений

2.2. Исследование питателя центробежных машин

2.3. Теоретическое обоснование параметров питателя

2.4. Исследования процесса резания материала мягкого контейнера типа «Биг-Бэг»

Выводы по 2 главе

3. Программа и методики экспериментальных исследований

3.1. Методика исследования влияния гранулометрических характеристик удобрений на их прочностные свойства

3.2. Методика экспериментальных исследований эффективности работы дозирующих устройств

3.3. Методика исследования процесса растаривания удобрений из мягких контейнеров типа Биг-Бэг

3.4. Методика полевых исследований машины для внесения удобрений минеральных удобрений

3.5. Методика исследования схемы загрузки, транспортировки и внесения минеральных удобрений

Выводы по 3 главе

4. Результаты экспериментальных исследований

4.1. Результаты исследования влияния гранулометрических характеристик удобрений на их прочностные свойства

4.2. Результаты экспериментальных исследований эффективности работы подающих устройств

4.3. Результаты исследований процесса растаривания мягких контейнеров удобрений типа «Биг-Бэг»

4.4. Результаты полевых исследований разбрасывателя минеральных удобрений

4.5. Результаты исследования схемы доставки и внесения минеральных удобрений

Выводы по 4 главе

5. Расчет экономического эффекта от внедрения самозагружающейся машины для внесения минеральных удобрений

6. Перспективы развития самозагружающихся машин для внесения удобрений

Выводы и предложения производству

Список литературы

Приложения

ВВЕДЕНИЕ

Стремление сельхозпроизводителей к получению максимальных урожаев, явилось основой широкого применения удобрений. Разнообразие почв и возделываемых культур, различие их плодородия требует практически неограниченного сочетания видов и доз минерального питания. Решение этой проблемы осуществляется путем последовательного внесения каждого вида питательных элементов, внесением сложных удобрений или их смесей различных форм и состава (органно-минеральные смеси; смеси твердых и жидких удобрений и ряд других). Поэтому необходимо совершенствование технологий и средств механизации для увеличения урожайности и повышения качества урожая [11,12,13]. Это подтверждается решением Правительства по вопросу о приоритетных направлениях «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы в рамках импортозамещения».

Актуальность темы.

Значительная часть твердых минеральных удобрений вносится посредством рассева их по поверхности полей с использованием центробежных машин. Широкое применение центробежных машин обусловлено целым рядом их преимуществ: высокая производительность, широкий диапазон доз внесения, достаточно простая и компактная конструкция, возможность использования твердых минеральных удобрений с различными физическими свойствами. Одним из недостатков центробежных машин остается значительная неравномерность распределения удобрений по полю [8].

Характерной особенностью применения минеральных удобрений стала поставка их в упакованном виде в мягких одноразовых контейнерах с массой $0,5 \div 1,0$ т. В этих контейнерах они поступают в сельскохозяйственные предприятия и хранятся в них до использования, что обеспечивает их лучшую сохранность [6,9].

Для загрузки минеральных удобрений в бункеры машин используют имеющиеся в хозяйстве или привлеченные грузоподъемные устройства, в период весенне-полевых работ.

В связи с этим весьма перспективным и актуальным в этом направлении представляется разработка новых научно-обоснованных технических решений рабочих органов самозагружающейся машины для поверхностного внесения твердых минеральных удобрений, включающей навесное центробежное устройство, агрегатируемое с подъемником мягких одноразовых контейнеров массой до 1 т [2,57], что является важной народнохозяйственной задачей.

Степень разработанности темы исследования.

Проблемами увеличения производительности машин при внесении минеральных удобрений и снижения неравномерности распределения минеральных удобрений с использованием центробежных машин занимались ученые: Василенко П.М., Гловацкий Б.Г., Догоновский М.Г., Дьячков А.П., Забродин В.П., Кегелес Е.С., Макаров В.А., Марченко Н.М., Назаров С.И., Нефедов Б.А., Овчинникова Н.Г., Рядных В.В., Скурятин Н.Ф., Тыльный С.А., Хоменко М.С., Черноволов В.А., Patterson D.E., Recce A.R., Inns F.M., Hollmann W., Mathes A. и многие другие. Высоко оценивая полученные результаты, отражённые в работах вышеназванных авторов, необходимо отметить, что в них недостаточно полно рассматриваются процессы погрузки и разгрузки мягких контейнеров типа «Биг-Бэг», а так же влияние конструкции дозирующих устройств на равномерность распределения удобрений по поверхности почвы.

Диссертация выполнена в соответствии с планом НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2016-2020 г.г. по теме 3 «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве» и программой по основным научным направлениям Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева.

Цель исследования – повышение производительности и качества внесения минеральных удобрений самозагружающейся центробежной машиной.

Объект исследования – параметры рабочих органов самозагружающейся машины для поверхностного внесения твердых минеральных удобрений

Предмет исследования – закономерности влияния параметров рабочих органов самозагружающейся машины на производительность и качество внесения удобрений

Научная новизна заключается в разработке математической модели перемещения гранул удобрений по лопасти ворошителя и силового взаимодействия лопасти ворошителя с удобрениями, получении аналитических зависимостей процесса резания оболочки мягкого контейнера, с учетом её прогиба в зоне резания и углов лезвий ножа, математической модели влияния параметров питателя на качество внесения удобрений.

Практическая значимость работы. Обоснованы и экспериментально уточнены конструктивные параметры питателя самозагружающейся машины для поверхностного внесения твердых минеральных удобрений, а также параметры формы ножа и углов его лезвий самозагружающейся машины для поверхностного внесения твердых минеральных удобрений. Усовершенствованный процесс работы самозагружающейся машины для внесения минеральных удобрений, обеспечивающий повышение производительности.

Методы исследований - Теоретические исследования выполнены на основе положений, законов и методов теоретической и прикладной механики, математического анализа с использованием ЭВМ, в том числе с использованием программы Statistica, MatCad. Обоснование конструктивных параметров и расчет эксплуатационных показателей центробежной машины для внесения минеральных удобрений проводилось как по известным, так и по разработанным оригинальным методикам. При выполнении экспериментальных исследований использовались известные методики и разработанные на их основе частные. Экспериментальные исследования эксплуатационных показателей машины для внесения минеральных удобрений выполнены с использованием теории планирования полно факторного эксперимента. Обработка результатов исследований проведена с использованием методов математической статистики.

Положения, выносимые на защиту:

Параметры рабочих органов конструктивно-технологической схемы самозагружающейся машины для внесения минеральных удобрений.

Теоретически обоснованные параметры рабочих органов самозагружающейся машины для внесения удобрений.

Результаты исследований параметров рабочих органов самозагружающейся машины при растаривании мягких контейнеров типа «Биг-Бэг».

Технико-экономическая оценка результатов исследования.

Достоверность результатов исследований. Достоверность научных положений работы обусловлена обоснованностью принятых допущений при разработке математических моделей, сходимостью полученных экспериментальных результатов с теоретическими исследованиями (расхождение составило 5%) при точности 95%.

Апробация работы. Результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, согласуются с результатами, опубликованными в независимых источниках по тематике исследования, и прошли широкую апробацию в печати, на международных научно-практических конференциях. Основные материалы диссертационной работы были доложены, обсуждены и получили положительную оценку на следующих конференциях: международная научно-практическая конференция «Современное состояние и пути развития» г. Оренбург 2016; национальная научно-практическая конференция «Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России» г. Рязань 2016; международная научно-практическая конференция «Теоретический и практический взгляд» г. Ижевск 2016; международная научно-практическая конференция «Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве» г. Рязань 2017; международная молодежная научная конференция «Юность и Знания - Гарантия Успеха-2017» г. Курск.

Реализация результатов исследований. Разработанное устройство для внесения минеральных удобрений применяются в КФХ «Зорька» и колхозе «Шелковской» Рязанской области.

Вклад автора в решение поставленных задач состоит в разработке и формулировании цели работы, выборе методов исследований, совершенствовании рабочих органов, получении экспериментальных результатов, изложенных в диссертации и обобщении положений по повышению производительности самозагружающейся машины для поверхностного внесения твердых минеральных удобрений

Публикации. По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, в том числе 6 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ из которых 2 являются самостоятельно написанные, получено 3 патента на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести разделов, заключения, списка литературы, включающего 137 наименования, в том числе 10 источников на иностранных языках, и приложений. Работа изложена на 136 страницах машинописного текста и содержит 61 рисунок, 10 таблиц.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Анализ технологии внесения минеральных удобрений

Урожайность сельскохозяйственных культур зависит от эффективного использования минеральных удобрений. Эффективность самих минеральных удобрений зависит от качества их внесения (равномерности распределения и места подачи к корням растений) [15,23,26,27,104,105].

В зависимости от сроков внесения удобрений различают основное (сплошное) внесение, во время посева (припосевное) и после посева (подкормка).

Основной способ – применяют для внесения основной массы удобрений. Органические и минеральные удобрения при сплошном внесении распределяются по поверхности поля, а затем сразу же заделываются в почву почвообрабатывающими машинами.

Припосевное внесение – производят вместе с посевом. Удобрения вносят сеялками или сажалками в почву вместе с семенами или рядом с ними.

Подкормку – производят в период роста растений, рассев удобрений по всей ширине участка осуществляют при подкормке озимых культур и трав, подкормку пропашных культур обычно совмещают с уходом за растениями.

По характеру распределения удобрений по площади поля используют разбросной, рядковый и локальный способы.

Разбросной способ – применяют при основном внесении и при подкормке. Удобрения разбрасывают сплошным слоем по всей площади поля. При основном внесении удобрения заделывают почвообрабатывающими орудиями (плугами, культиваторами, боронами).

Рядковый способ – используют в припосевном внесении и подкормке. В первом случае удобрения вносят одновременно с семенами, заделывая их на 1-5 см ниже уровня семян, во втором – удобрения вносят, как правило, одновременно с культивацией, соблюдая защитные зоны.

Локальный способ – внесения применяют при местной подкормке растений, кустов, деревьев [48,75,116].

Различают прямоточную, перегрузочную и перевалочную технологии внесения удобрений [29,34,51].

Прямоточная – удобрения загружают на складе в разбрасыватель, который вывозит их в поле и разбрасывает или заделывает в почву. Такая схема целесообразна при расстоянии от склада до поля не более 5 км и грузоподъемности машин 4-6 т.

Перегрузочная – удобрения со склада до поля доставляют транспортными средствами, из которых затем их перегружают в машины для внесения и вносят в поле. Ее применяют при дальности перевозки свыше 5 км и грузоподъемности машин 4-6 т [37].

Перевалочная – удобрения, доставляемые со склада транспортными средствами, перегружаются в стационарное полевое хранилище или передвижную полевою емкость, из которых затем заправляют машины для внесения.

Основные способы внесения – внутрипочвенный и поверхностный (разбросной) [23,97]. Во втором случае удобрения распределяются по поверхности поля разбрасывателями центробежного типа, туковыми сеялками, самолетами сельскохозяйственного назначения и заделываются в почву плугами, культиваторами, боронами и другими почвообрабатывающими орудиями [58,87,111,112,114,121,124,126]. Основным недостатком этого способа – неравномерное (в 2-3 раза превышает допустимое значение) распределение частиц по поверхности [25,73]. Это отрицательно сказывается на урожайности, вызывая полегание растений в одних (вдоль прохода разбрасывателей) и изреженность в других зонах поля. В результате теряется более 10% урожая [18,24,77].

Несмотря на отмеченные недостатки, поверхностный способ внесения удобрений преобладает, хотя доля его уменьшается из-за внедрения внутрипочвенного способа [68]. Поверхностный способ является более производительным и менее энергоемким, чем внутрипочвенный. Поэтому на

ближайшую перспективу основным способом внесения остается поверхностный способ [59,69,70].

1.2 Обзор и анализ работы отечественных и зарубежных машин для внесения минеральных удобрений

В зависимости от способа внесения твердых минеральных удобрений различают машины для сплошного поверхностного и внутрипочвенного внесения, а в зависимости от сроков внесения – для допосевного (основного) внесения, припосевного и послепосевного внесения (подкормки) [49,52,78,117].

Для основного внесения удобрений выпускают машины, которые разбрасывают их по поверхности почвы с последующей заделкой почвообрабатывающими орудиями. Для припосевного (припосадочного) внесения используют комбинированные машины – сеялки или сажалки, которые вносят удобрения в почву одновременно с посевом или посадкой. Подкормку выполняют культиваторами-растениепитателями при обработке почвы в междурядьях, а также специальными подкормщиками. В первом случае удобрения вносят внутрь почвы (корневая подкормка), во втором – распределяют по поверхности поля (внекорневая). При внекорневой подкормке удобрения усваиваются растениями только после выпадения осадков [80,85,101,113,115].

При внесении минеральных удобрений соблюдают следующие агротехнические требования: равномерность распределения по ширине захвата центробежными машинами не менее 75%; отклонение дозы внесения для центробежных машин от заданной не более 25%; туковысевающие аппараты комбинированных сеялок должны надежно высевать удобрения при нормальной влажности и дозе высева 50...700 кг/га с отклонением от дозы не более $\pm 5\%$; слежавшиеся удобрения перед использованием измельчают и просеивают через сито; влажность высеваемых туков должна соответствовать стандарту; в удобрениях не должно быть посторонних включений [17, 30,39].

Для основного внесения гранулированных минеральных удобрений выпускают широкую номенклатуру отечественных и зарубежных машин. Новые отечественные машины РУМ-5, РУМ-8, РУМ16, КСА-3, МВУ-8Б, МВУ-0,5 превосходят ранее известные по производительности и экономичности, эксплуатационной надежности и равномерности внесения удобрений. Рассев удобрений осуществляется, в основном, дисковыми аппаратами центробежного типа с вертикальной осью вращения. В большинстве стран мира применяют также дисковые аппараты [72,120,122,123,125,127].

В США внесение минеральных удобрений и извести производят с помощью машин большой грузоподъемности, оснащенных аппаратами с двумя дисками. Рабочие органы машин для внесения удобрений чаще монтируются на шасси автомобилей средней грузоподъемности и имеют объем бункера 5,5-7,5 м³. Такие же двухдисковые центробежные аппараты получили распространение в Польше, в Англии, в Дании и других странах.

В Германии также применяются большегрузные машины для внесения удобрений и извести фирмы «Diadem - Streumaster и Amos», оборудованы 2-х дисковым разбрасывающим механизмом шириной захвата до 20 м.

Однако, большинство применяемых в Европе машин для внесения минеральных удобрений - это машины с однодисковым рабочим органом, таких фирм, как Amazone, Accord, Diadem, Sueby и др. Преимуществами однодисковых машин – низкая металлоемкость и стоимость, высокая надежность и маневренность.

В настоящее время стали выпускаться большегрузные самоходные машины для внесения минеральных удобрений и извести, в нашей стране это МХА-7 (автомобильная), АМП-5 (самоходная). Эти машины оборудуются системами GPS и ГЛОНАСС предназначены для сплошного координатного поверхностного внесения всех видов и форм минеральных удобрений и известковых материалов.

В тоже время использование тяжелых кузовных машин экономически оправдано только на больших объемах и площадях. Поэтому в настоящее время

для внесения минеральных удобрений преимущественным спросом у фермеров пользуются навесные центробежные машины с объемом бункера 0,5-1 м³.

Заводы Белоруссии выпускают навесные машины с однодисковым центробежным рабочим органом, например, Л-116 с объемом бункера 0,5 м³, предназначенные для внесения удобрений нормальной влажности и не засоренных крупными комками и примесями. Для устранения присущих им технических недостатков: неравномерности распределения удобрений, небольшого объема бункера, трудностей загрузки удобрений, сводообразования удобрений необходимо провести дополнительные исследования для обоснования рациональных параметров таких машин.

Рассмотрим конструкции навесных машин для внесения минеральных удобрений с центробежными дисками. Центробежная двухдисковая машина MDS с рабочей шириной до 24 м фирма KUNN (рисунок 1.1) [107].



Рисунок 1.1 – Центробежная двухдисковая машина MDS

На ней установлены быстромонтируемые диски, которые имеют простую, настройку. В бункере имеется мешалка с частотой вращения –180 об/мин. В конструкции машины имеют широкое применение компоненты из нержавеющей стали. Бункер выполнен цельносварным. Привод осуществляется через вал отбора мощности с усиленной коробкой передач. Регулировка дозы внесения осуществляется при помощи градуированного сектора с прямым контролем потока DFC. Недостатками такой компоновки является то, что при подаче удобрений из бункера наблюдается неравномерность распределения между

дисками. Также при внесении больших доз недостаточен объем бункера, и возникают трудности с загрузкой машины удобрениями.

Улучшенная машина фирмы KUNN представляет собой центробежную двухдисковую машину AXIS с рабочей шириной от 12 до 42 м (рисунок 1.2) [107].

Рабочая ширина зависит от качества удобрений, настраивается с помощью коаксиального изменения точки падения. Регулировка внесения осуществляется системой CDA из кабины трактора с прямым контролем дозы внесения DFC. Центробежный аппарат снабжен быстромонтируемыми дисками с лопатками, покрытыми карбидом VXR. Для подачи удобрений установлена сверхмедленная мешалка (17 об/мин). Емкость бункера данной машины может изменяться с помощью простой надстройки.



Рисунок 1.2 – Центробежная двухдисковая машина AXIS

При высокой производительности двухдисковых машин часто проявляется недостаточность вместимости бункера. Кроме того загрузка машины для внесения удобрений требует постоянного наличия машин загрузчиков.



Рисунок 1.3 – Навесной однодисковый рассеиватель Jar-Met JM500

Навесной однодисковый рассеиватель Jar-Met JM500 N020/4 (рисунок 1.3) польского производства удобрений навешивается на трактор сзади [92]. Регулировка дозы внесения удобрений осуществляется механизмом, состоящим из двух рычагов, кронштейнов и заслонок, открывающих щели. Внесение удобрений происходит центробежным диском с четырьмя рассеивающими лопатками, который приводится от ВОМ трактора через редуктор. Привод также передается на мешалку, находящуюся внутри бункера для удобрений. Емкость бункера объемом 380 л составляет до 500 кг удобрений.

Загрузка данной машины удобрениями может производиться специализированной машиной, либо вручную, в тоже время загрузка из крупногабаритных мягких контейнеров, применяемых для транспортировки удобрений, типа «Биг-Бэг» затруднена.

Отечественные навесные машин для внесения минеральных удобрений

Навесные машины для внесения минеральных удобрений МВУ-100, МВУ-900 (рисунок 1.4) – предназначены для поверхностного внесения твердых минеральных удобрений в гранулированном и кристаллическом виде.



Рисунок 1.4 – Машина для внесения минеральных удобрений МВУ-900

Семейство машин для внесения минеральных удобрений МВУ-100, МВУ-150, МВУ-250, МВУ-350, МВУ-900, МВУ-1200, МВУ-1500(рисунок 1.5) имеют типовые рабочие органы и различаются в зависимости от объема бункера и количества дисков в центробежном аппарате [60,61] .



Рисунок 1.5 - Машина для внесения минеральных удобрений МВУ-1200

Рассеиватель минеральных удобрений РУ-1600 (рисунок 1.6) предназначен для поверхностного внесения твердых минеральных удобрений в гранулированном и кристаллическом виде и посева сидератов, а также подкормки озимых зерновых культур (в ранней стадии развития), лугов и пастбищ [93].



Рисунок 1.6 – Машина для внесения минеральных удобрений PY-1600.

Рассеиватель PY-1600 навесного типа агрегатируется с тракторами класса 2,0, имеющими ВОМ, гидросистему, выходы электрооборудования, а также навесное устройство НУ-2, исполнение 1 по ГОСТ 10677-82.

Дозирующий и высевающий аппараты рассеивателя изготовлены из нержавеющей стали, что обеспечивает коррозионную стойкость узлов и деталей, непосредственно контактирующих с вносимыми минеральными удобрениями.

Конструкция направляющих и лопастей высевающего аппарата позволяет произвести согласование различных видов удобрений, рабочей ширины и способов внесения удобрений, обеспечив при этом:

- внесение удобрений;
- внесение удобрений на границах поля (по выбору справа или слева);
- подкормка удобрениями;
- рассеивание на границах при подкормке удобрениями (по выбору справа или слева).

Для предотвращения образования свода над отверстиями дозирующей заслонки в днище бункера, в каждой из двух камер бункера, предусмотрен ворошитель.

Навесная машина для внесения удобрений НРУ-0,5 (рисунок 1.7) предназначен для рассева по почве минеральных удобрений и удобрений сидератов [63].



Рисунок 1.7 – Машина для внесения удобрений НРУ-0,5

Машины для внесения удобрений НРУ-0,5 навешивают на тракторы класса тяги 9...14 кН. Вместимость бункера 400 дм³, рабочая скорость до 12 км/ч, ширина рассева до 11 м. Машину обслуживает тракторист. В ветреную погоду бункер накрывают тентом и устанавливают ветрозащитное устройство.

Машина для внесения минеральных удобрений МВУ-0,5А (рисунок 1.8) предназначена для поверхностного внесения минеральных удобрений и удобрений сидератов. Навесная, центробежная. Грузоподъемность - 600 кг. Производительность до 15 га в час основного времени. Доза внесения минеральных удобрений - 400 ...1000 кг/га при высеве удобрений - 10...200 кг/га. Масса - 220 кг. Агрегатируется с тракторами классов тяги 0,6... 1,4. [62]

Общими недостатками подобных машин являются недостаточная вместимость бункера, неравномерность подачи удобрений к рассеивающим дискам, а также необходимость постоянного наличия машин загрузчиков. Данные машины не приспособлены для использования мягких контейнеров типа «Биг-Бэг» с удобрениями.



Рисунок 1.8 - Машина для внесения минеральных удобрений МВУ-0,5А

Анализ существующих конструкций загрузочно-подающих устройств показал, что подающие органы в машинах для первичной и вторичной очистки имеют свои особенности, учитывающие свойства подаваемого материала. Для подачи на первичную очистку (удобрения с плохими сыпучими свойствами) используются различного рода ворошители и принудительная подача шнеком или подвижным дном. Для вторичной (материал с более высокими сыпучими свойствами) – барабанные питатели.



Рисунок 1.9 – Навесной погрузчик мягких контейнеров типа «Биг-Бэг»

Погрузчик приспособлен к работе с трактором тягового класса 2, оснащенным трехточечной системой навески, а также валом отбора мощности. Удобрения, предназначенные для загрузки, должны доставляться на поле другими

транспортными средствами. Навесной погрузчик MetalFach (Польша) предназначается для разгрузки и подъема мешков типа «Биг-Бэг», а также для заполнения кузовов машин для внесения удобрений (рисунок 1.9) [67].

Учитывая, что малогабаритные машины для внесения удобрений, в основном, агрегируются с тракторами тягового класса 0,6... 1,4, применение данного загрузчика для создания комплекса устройств.

Некоторые навесные центробежные разбрасыватели фирмы "KUNH" (Франция) комплектуются подъемниками больших мешков "LEVSAK" грузоподъемностью до 1 т (рисунок 1.10). При этом габарит по высоте бункера разбрасывателя, установленного на тракторе, должен быть не более 2 м [41,107].



Рисунок 1.10– Загрузчик мягких контейнеров удобрений типа «Биг-Бэг»

Подъемник "LEVSAK" закрепляется на навесной системе трактора, и его гидросистема подключается к выходным штуцерам гидросистемы трактора. В результате комбинации колесного трактора, подъемника больших мешков и навесного центробежного разбрасывателя образуется самозагружающийся разбрасыватель минеральных удобрений. Это уменьшает простои машинотракторного агрегата и увеличивает его сменную производительность.

Однако требования к гидросистеме трактора (давление $170 \div 180$ бар) делают возможным агрегатирование погрузчика "LEVSAK" только с тракторами нового поколения, которые в большинстве хозяйств отсутствуют.

Кроме того, использование этих устройств имеет ограничения по высоте, так у подъемника "LEVSAK" максимальный возможный подъем крюка от уровня пола составляет 4,4 м. В этот размер должна уложиться сумма габаритов по высоте бункера навешенного на трактор разбрасывателя и заполненного мягкого контейнера вместе со строповочным узлом. При этом подъем мягкого контейнера происходит по дуге, что также вызывает ограничения. Поэтому подъемники "LEVSAK" применяют для перегрузки мягких контейнеров не с уровня грунта, а с уровня пола кузова транспортного средства и используют типоразмеры мягких контейнеров с увеличенной шириной с соответственно уменьшенной высотой. Данная конструкция предполагает ручное разрезание мягкого контейнера типа «Биг-Бэг» и его полное опорожнение, поэтому объем контейнера должен соответствовать размеру бункера.

1.3 Назначение, особенности и классификация мягкого контейнера типа «Биг- Бэг»

Мягкий контейнер (далее по тексту МК) «Биг-Бэг» (рисунок 1.11) представляет собой каркасную емкость, обшитую полипропиленовой или капроновой тканью, наложенной в несколько слоев. Многие изготовители предпочитают прокладывать внутри стенок МК «Биг-Бэг» дополнительную термостойкую прослойку, с помощью которой он сохраняет температуру помещаемого в него груза, при этом не повреждаются стенки самой упаковки [66].

В них можно хранить любые виды удобрений, так как экологичность полипропиленовой ткани позволяет рассчитывать на безопасное хранение содержимого упаковки. Кроме того, он очень легкий упаковочный материал, поэтому при складировании груза с помощью специальной техники подбор

грузоподъемности оборудования можно производить, исходя из чистого веса самого груза, что существенно снижает трудозатраты.

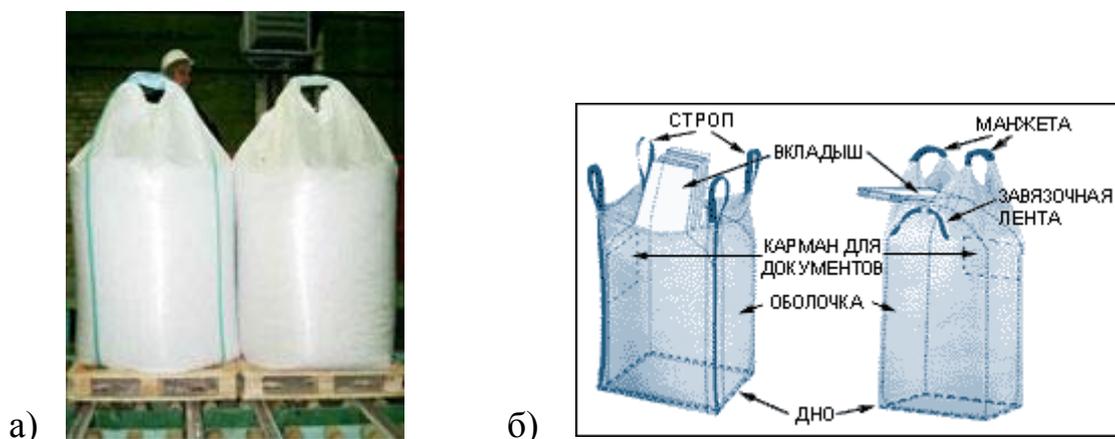


Рисунок 1.11 – мягкий контейнер «Биг-Бэг»:

а) – внешний вид, б) – конструкционные элементы.

МК «Биг-Бэг» настолько унифицированы, что их можно перевозить любым транспортом. Их можно укладывать поверх друг друга в несколько слоев. Прочность и долговечность ткани, из которой делают МК «Биг-Бэг», позволяет использовать если складирование и хранение груза происходит на открытой площади, подверженной воздействию атмосферных осадков. Несмотря на внешнюю легкость и хрупкость, они способны сохранять груз от дождя и солнечных излучений.

Стандартный размер мягкого контейнера в России — 90х90 см, высота — от 90 см до 200 см. Грузоподъемность в среднем составляет 1000 кг, но мешки большего размера могут выдерживать до 2000 кг. Мягкий контейнер может иметь от одного до четырех стропов, различные опции для облегчения погрузки и выгрузки (клапаны верхний и нижний, сборку, раскрывающееся дно).

МК «Биг-Бэг» имеет множество модификаций для того, чтобы предотвратить возможные потери и порчу груза и уменьшить стоимость перевозки.

Виды МК «Биг-Бэг» могут классифицироваться по следующим параметрам:

- вместимость или емкость, которая меняется от 300 до 1500 литров, в зависимости от производителя;
- грузоподъемность меняется в пределах 400-2000 кг;
- количество строп (их может от одной до четырех);
- конструктивные особенности (сюда входят дополнительные аксессуары типа верхнего откидного люка или крышки, сборки или нижней крышки);
- количество слоев несущей конструкции (до четырех);
- материал основного слоя (полипропилен или капрон);
- плотность ткани и степень безопасности «Биг-Бэг».

Безопасность меняется в зависимости от грузоподъемности и материала слоев грузонесущих оболочек (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Зависимость безопасности МК «Биг-Бэг» от грузоподъемности и материала слоев грузонесущих оболочек

Грузоподъемность «Биг-Бэг»	Безопасность
500 кг	5:1, 6:1
1000 кг	5:1, 6:1
2000 кг	5:1

За последние десять лет мягкие контейнеры практически полностью вытеснили другие виды тары для хранения и транспортировки насыпных грузов и в частности минеральных удобрений. В настоящее время во всем мире МК «Биг-Бэг» признаны универсальной упаковкой. Они могут быть конструктивно адаптированы под любое погрузочно-разгрузочное оборудование и различные станции затаривания и разгрузки. По данным Европейской Ассоциации Производителей Мягких Контейнеров (EFIBCA), их производство «Биг-Бэг» ежегодно увеличивается в среднем на 10%. На сегодня в мире производится более 100 млн. штук в год.

МК («Биг-Бэг») можно классифицировать по сроку их использования:

- мягкие контейнеры разового использования - МКР;

- мягкие контейнеры, используемые в нескольких транспортных циклах, - МКС;

- обратные мягкие контейнеры многократного использования - МКО.

Основные требования к определению запаса прочности мягких контейнеров оговорены в международных стандартах качества. По требованиям европейского стандарта EFIBSA он должен выдерживать пятикратную перегрузку без разрушения (фактор безопасности 5:1), при испытаниях для получения сертификата ООН разрывная нагрузка - шестикратная (фактор безопасности 6:1).

Традиционно используемое в каталогах условное обозначение модификации мягкого контейнера «Биг-Бэг» включает:

- тип контейнера: мягкий специализированный контейнер разового использования (МКР), мягкий стандартный контейнер несколько кратного использования (МКС), мягкий обратный контейнер многократного использования (МКО);

- условный объем загрузки, м³;

- наличие строп: С – встроенные (единые с оболочкой) стропы, Л – ленточные стропы, Т – тросовые стропы;

- количество строп: один, два (не указывается) или четыре;

- допустимую рабочую нагрузку, т;

- ткань оболочки: полипропиленовая рукавная (ППР) или полипропиленовая (ПП).

Например, МКР-1,2С-1,3ППР: мягкий специализированный контейнер разового использования с условным объемом 1,2 м³, двумя встроенными стропами, допустимой рабочей нагрузкой 1,3 т, из полипропиленовой рукавной ткани.

Как говорилось выше, в конструкции МК «Биг-Бэг» оснащен вшитыми стропами, проходящими через дно. Количество строп (один, два или четыре) определяет максимальный вес груза (рисунки 1.12, 1.13, 1.14).

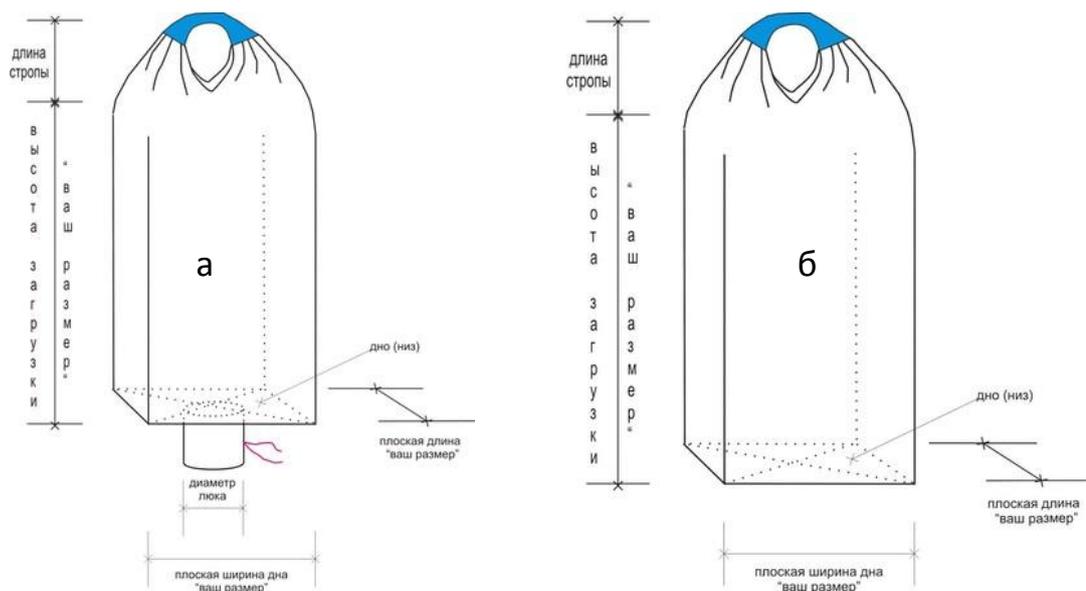
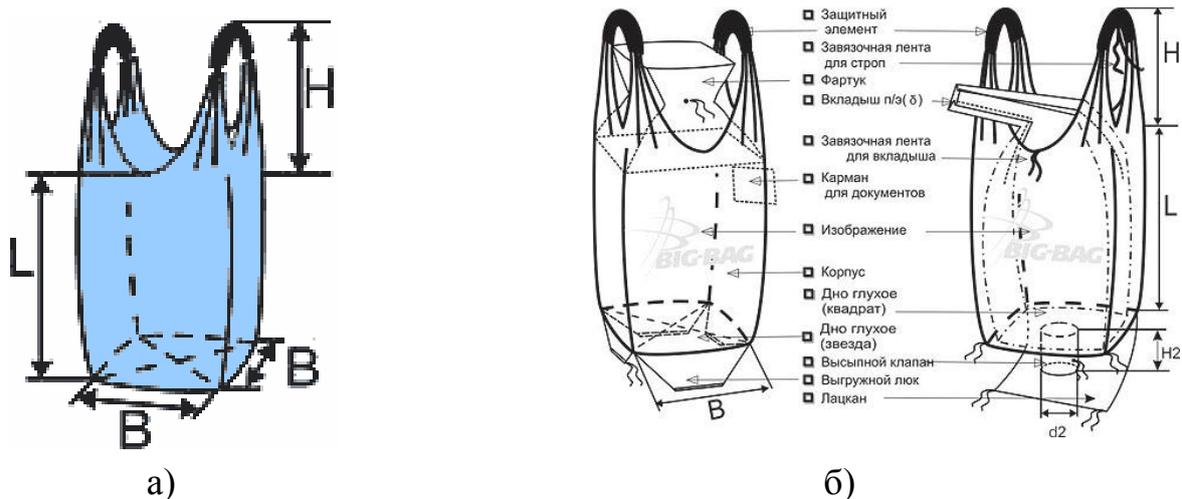


Рисунок 1. 12 – МК «Биг-Бэг» одностропные с ПВД вкладышем (влагостойкие):

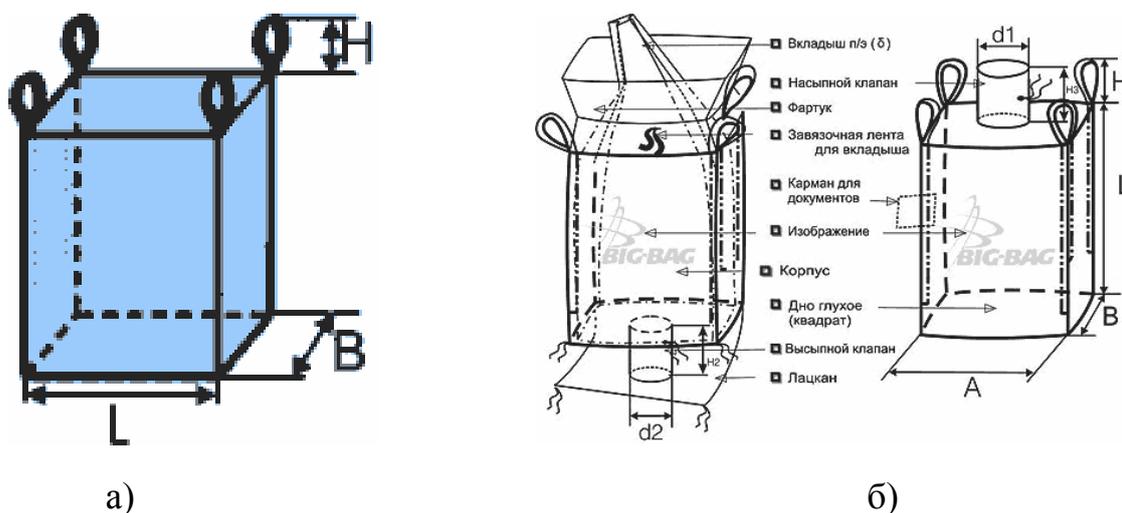
а- с разгрузочным люком; б- без разгрузочного люка



B — размер дна контейнера; H — высота стропы; L — высота заполненного контейнера; $d2$ — диаметр высыпного клапана; $H2$ — высота высыпного клапана; δ — толщина полиэтиленового вкладыша.

Рисунок 1.13 – МК «Биг-Бэг» двухстропный:

а) – базовая конструкция; б) – описание параметров спецификации



B — размер дна контейнера; H — высота стропы; L — высота заполненного контейнера; $d2$ — диаметр высыпающего клапана; $H2$ — высота высыпающего клапана; $d1$ — диаметр насыпного клапана; $H3$ — высота насыпного клапана; δ — толщина полиэтиленового вкладыша.

Рисунок 1.14 – МК «Биг-Бэг» четырехстропный:

а) – базовая конструкция; б) – описание параметров спецификации

Преимущества использования МК «Биг-Бэг»:

1. Погрузка:

- удобство загрузки вагонов, машин;
- загрузка обычным погрузчиком, так как для погрузки без МК «Биг-Бэг»

разных материалов приходится использовать специальные машины.

2. Транспортировка:

- минимальная стоимость и экологичность транспортировки;
- за счет использования обычных вагонов уменьшается стоимость

перевозки, так как он прочен.

3. Разгрузка, хранение груза:

- быстро разгружается и не требует особого места для хранения;
- не требует специальных кранов быстро и дешево выгружается и может

храниться в любом помещении.

4. Хранение и транспортировка тары:

- не занимает места при транспортировке обратно;
- после освобождения он складывается и практически не занимает место.

Из всех описанных конструкций МК «Биг-Бэг» для транспортировки и хранения удобрений в условиях сельскохозяйственного производства наибольшее предпочтение отдается двухсторонним. [40,41]

Для растаривания МК «Биг-Бэг» существуют специальные растариватели. Они обеспечивают удобную работу при разгрузке и исключают образование пыли и потери материала в процессе растаривания. Рассмотрев существующие стационарные, ручные, мобильные и с дозатором, можно сказать, что везде используется пирамидальный четырех лезвийный нож. Однако мало изучено влияние угла при вершине ножа, натяжения материала при растаривании, а также усилия действующее на разрыв [94].

1.4 Анализ работ по внесению твердых минеральных удобрений

Теоретическое обоснование и разработка центробежных органов наиболее полно отражено в работах академика П.М. Василенко [16]. Им рассмотрены общие случаи движения частиц по поверхности горизонтального диска, силовое взаимодействие частиц с диском. Автор установил, что траектории относительного движения частиц по диску могут изменяться в зависимости от условий. Так, траектория движения частицы по гладкому диску может быть представлена уравнением логарифмической спирали:

$$R = R_0 e^{\alpha q}, \quad (1.1)$$

где R_0 и q - текущие полярные координаты частицы удобрений;

α - угол между касательной к спирали и радиусом, град.

Профессор С.И. Назаров развил теорию центробежного дискового аппарата [68]. Он рассмотрел движение частиц удобрений по лопасти с учетом фрикционных и аэродинамических свойств удобрений. Данное дифференциальное уравнение выглядит следующим образом:

$$Y'' + aY' - bY + A = 0, \quad (1.2)$$

Значение A зависит от свойств удобрений и угловой скорости диска:

$$a = k_n + 2 f \omega, \quad (1.3)$$

где a и b – постоянные коэффициенты дифференциального уравнения;

Y - текущая координата, мм;

k_n - коэффициент парусности гранулы;

f - коэффициент трения гранулы по лопасти;

ω - угловая скорость диска, c^{-1} .

Анализ исследований позволил установить, что движение частицы после схода с диска зависит от их траектории, углов схода, приобретенных кинематических параметров.

Нефедовым Б.А. [74] было получено уравнение траектории движения частицы по центробежному диску исходя из динамической модели на основе уравнений Лагранжа. Он предположил, что в процессе движения частицы по диску сумма кинетической и потенциальной энергии постоянна. На основании предложенной гипотезы была получена формула для расчета траектории

$$r \cos(\psi - \psi_0) = r_0, \quad (1.4)$$

где r и ψ - текущие полярные координаты частицы удобрений;

r_0 и ψ_0 - начальные координаты частицы удобрений.

Следует заметить, что движение частиц удобрений также существенно зависит от физико-механических свойств, вида удобрений, гранулометрического состава и влажности. А.А. Кукибный отмечает что, на траекторию и дальность свободного полета частиц удобрений влияет скорость метания, угол схода и аэродинамических свойств частиц [53].

Автор предложил определять дальность полета частиц по формуле:

$$X_{\max} = \frac{0,75}{k_n} \sqrt{0,272 k_n V_a^2 \sin 2\alpha_0 + 1}, \quad (1.5)$$

где V_a - скорость метания, м/с;

k_n - коэффициент парусности;

α_0 - угол метания, град.

Однако автором не учитываются параметры центробежного диска, влияющие на дальность полета частиц удобрений.

Относительное движение удобрений по криволинейной лопасти центробежного диска Е.С. Кегелес [50] описывается уравнением:

$$V_{\kappa} V' + 2f_{\text{л}} \omega V^2 - \omega^2 r r' + f_{\text{л}} \omega^2 r^2 \varphi' + f_{\text{д}} g V = 0, \quad (1.6)$$

где V_{r} - относительная скорость движения частицы удобрений вдоль лопасти, м/с;

$f_{\text{л}}$ - коэффициент трения частицы удобрений по лопасти.

ω - угловая скорость диска, с^{-1} ;

r -текущий полярный радиус;

φ' - производная во времени полярного угла;

$f_{\text{д}}$ - коэффициент трения частицы удобрений по диску.

Однако автор отмечает, что для обоснования выбора формы лопастей и параметров диска необходимо, применение методов вычислительной математики.

Для определения движения частицы удобрений по лопасти рабочего органа, вращающегося вокруг горизонтальной оси с постоянной угловой скоростью, М.Г. Догоновский [25] предлагает следующее уравнение:

$$X' = \frac{\omega r \cos(\varphi \pm a_{\text{r}})}{2} (A - B), \quad (1.7)$$

где φ - угол трения частиц о лопасть, рад.;

a_{r} - угол наклона лопасти к радиусу вектору, рад.;

A и B – постоянные коэффициенты составных частей дифференциального уравнения.

Решение данного уравнения методами численного интегрирования позволяет получить траекторию частиц на лопасти и их относительную скорость. Так, для определения угла поворота лопасти в момент схода с нее частиц, применяется метод последовательных приближений – метод итераций.

Исследования влияние параметров центробежного аппарата на качество распределения удобрений, проведенные В.В. Рядных [25] показали, что качество распределения удобрений зависит от соотношения размеров частиц удобрений. Высокая однородность размеров удобрений, низкая измельчение будет способствовать повышению равномерности внесения удобрений.

Исследования процесса движения частиц при подаче на диск центробежного разбрасывателя D.E. Patterson и A.R. Recce [130,133,134] установлено, что равномерность внесения удобрений зависит от частоты вращения и радиуса диска. Авторы указывают, что место и равномерность загрузки диска влияет на возникновение эффекта удара и отскакивание частиц от диска возрастает, что приводит к уменьшению дальности полета частиц и снижению равномерности.

F.M. Inns и A.R. Recce [128,135] теоретически исследовали закономерности распределения по поверхности частиц правильной сферической формы, однако полученные закономерности затруднительно использовать в реальных условиях из-за различия формы и размеров частиц удобрений.

W. Hollmann и A. Mathes [129,136] установлено что, равномерность распределения удобрений и средняя дальность полета зависит от размера частиц удобрений.

Также повышением качества внесения минеральных удобрений

Анализ исследований показал, что теоретические зависимости для определения конструктивных и кинематических параметров центробежных рабочих органов получены авторами с допущениями, которые могут вносить не точности в расчеты параметров технологического процесса центробежного рабочего органа [54,71,96,103,109,118,119]. Также очень многие отечественные и зарубежные ученые занимались исследованиями движения частиц удобрений по рабочим органам машин для внесения удобрений и повышением качества внесения [1,14,28,32,64,98,100,102,131,132,137].

В приведенных исследованиях рассмотрены вопросы обоснования технологического процесса центробежных аппаратов для внесения удобрений [33,38,40,108,110]. Однако недостаточно исследованными остаются вопросы движения частиц удобрений по криволинейным лопастям, их траектории движения [42,44,55]. Также недостаточно изучены вопросы влияния различных факторов на качество распределения материала, которые трудно поддаются

теоретическому исследованию и требуют проведения специальных экспериментов [76].

1.5 Постановка задач исследований.

Анализ конструкций машин показал, что современные разбрасыватели имеют высокие технико-экономические показатели, высокое качество внесения удобрений. Применение мягких контейнеров типа «Биг-Бэг» для хранения и транспортировки удобрений позволяет улучшить сохранность удобрений, снизить затраты труда на погрузочно-разгрузочные операции, растаривание. Однако, использование мягких контейнеров типа «Биг-Бэг» не в полной мере сочетается с существующими разбрасывателями, что может приводить к снижению качественных показателей работы таких как: доза внесения удобрений и равномерность их распределения.

Рассмотрим схему работ МВУ-0,5 и экспериментальной машины с самозагрузкой (рисунок 1.15).

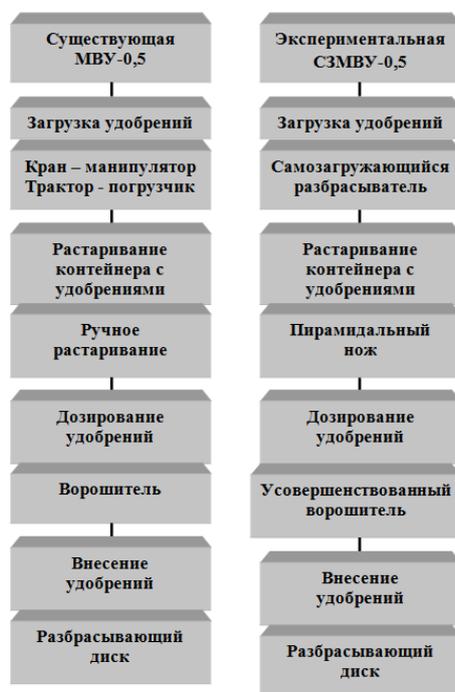


Рисунок 1.15 – Функциональная схема работы машин для поверхностного внесения твердых минеральных удобрений

Анализируя работу самозагружающейся машины видно, что появляется дополнительная операция растаривание (извлечение удобрений из мягкого контейнера типа «Биг-Бэг»). При некачественном разрезании мягкого контейнера возможно снижение дозы внесения удобрений из-за их не достаточного поступления. Кроме того в зоне расположения ножа для разрезки контейнера обычно устанавливается разрушитель сводов либо в виде вращающихся ножей. В связи с этим необходимо исследовать процесс растаривания удобрений и движение удобрений в зоне ворошителя и дозирующего устройства. Таким образом, с учетом вышеизложенного были сформулированы следующие задачи исследования:

1. Провести анализ технологий и машин для внесения удобрений и разработать конструктивно-технологическую схему самозагружающейся машины для внесения минеральных удобрений.

2. Теоретически обосновать параметры рабочих органов самозагружающейся машины при растаривании мягких контейнеров типа «Биг-Бэг».

3. Экспериментально исследовать параметры рабочих органов самозагружающейся машины при растаривании контейнеров.

4. Провести экспериментальные исследования самозагружающейся машины в производственных условиях.

5. Оценить экономический эффект применения экспериментальной самозагружающейся машины для внесения минеральных удобрений.

Выводы по 1 главе

1. Техническое перевооружение сельскохозяйственного производства, комплектование системы машин для конкретного предприятия требует учета местных условий, принятой системы ведения хозяйства, его специализации и кооперирования с другими отраслями в системе АПК. Система машин должна

обеспечивать максимальный уровень механизации работ, внедрение интенсивных технологий, рост объема производства продукции и производительности труда.

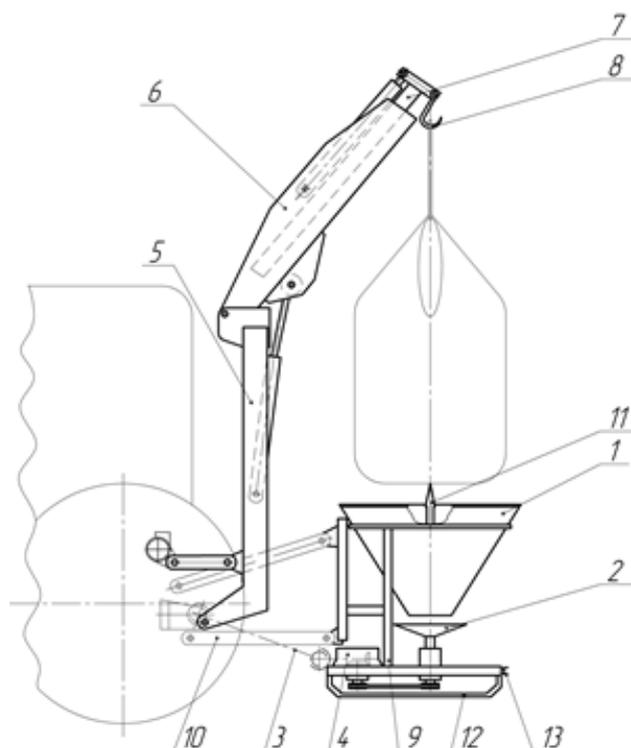
2. Для небольших хозяйств необходимы недорогие универсальные машины для внесения удобрений с высокой производительностью и возможностью самозагрузки. Дозирование удобрений оказывает большое влияние на качество внесения удобрений. Наиболее эффективным является щелевое дозирующее устройство центробежного тукорассеивающего аппарата пневмомеханического типа. Размер высевных щелей изменяют перестановкой клапанов с помощью рычага.

3. Характерной особенностью применения минеральных удобрений стала поставка их в упакованном виде в мягких одноразовых контейнерах с массой $0,5 \div 1,0$ т. В этих контейнерах минеральные удобрения поступают в сельскохозяйственные предприятия и хранятся в них до использования. Это обеспечивает лучшую сохранность минеральных удобрений. Из всех конструкций «Биг-Бегов» для транспортировки и хранения удобрений в условиях сельскохозяйственного производства наибольшее предпочтение отдается двухстропным «Биг-Бег». Дополнительная операция растаривание (извлечение удобрений из мягкого контейнера типа «Биг-Бэг») может снижать дозу внесения удобрений из-за их не достаточного поступления и образования сводов, что вызывает необходимость исследовать процесс растаривания удобрений и движение удобрений в зоне ворошителя и дозирующего устройства.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ САМОЗАГРУЖАЮЩЕЙСЯ МАШИНЫ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

2.1. Обоснование конструктивно-технологической схемы самозагружающейся машины для внесения удобрений

На основании проведенного анализа зарубежных и отечественных машин и погрузчиков минеральных удобрений, обосновано конструктивно-технологическое решение и параметры самозагружающейся машины для внесения удобрений (далее по тексту СЗМВУ-0,5).



1-бункер-питатель, 2-центробежный разбрасывающий диск с механизмом привода, 3-карданная передача, 4-конический редуктор, 5- вертикальная стойка грузоподъемного устройства, 6-рычажный элемент, 7-выдвижная секция, 8-крюковой захват, 9-несущая рама, 10-силовые тяги, 11-нож, 12-рама в виде опор-лыж, 13-цепное устройство.

Рисунок 2.1 – Самозагружающаяся машина для внесения удобрений

Конструктивно-технологическая схема самозагружающейся машины для внесения твердых минеральных удобрений (рисунок 2.1) состоит из бункера 1 и разбрасывающего диска 2 с механизмом привода, включающим карданную

передачу 3 и конический редуктор 4; грузоподъемного устройства, состоящего из вертикальной стойки 5, с шарнирно закрепленным рычажным элементом 6 и выдвижной секцией 7, на внешнем конце которой установлен крюковой захват 8. Перемещение грузоподъемного устройства должно обеспечиваться силовыми цилиндрами, связанными с гидросистемой трактора.

Бункер 1 посредством несущей рамы 9 шарнирно установлен на силовых тросах 10 навесной системы трактора. Внутри бункера в нижней его части установлен нож 11. Бункер имеет выпускное отверстие, выполненное с возможностью регулировки его пропускной способности, и под которым установлен разбрасывающий диск 2. Несущая рама 9 бункера удлинена и в нижней части выполнена в виде опор-лыж 12, на поперечной связи которых установлено сцепное устройство 13. Предложенная конструкция позволит улучшить эксплуатационно-технологические характеристики самозагружающейся машины для внесения удобрений [25].

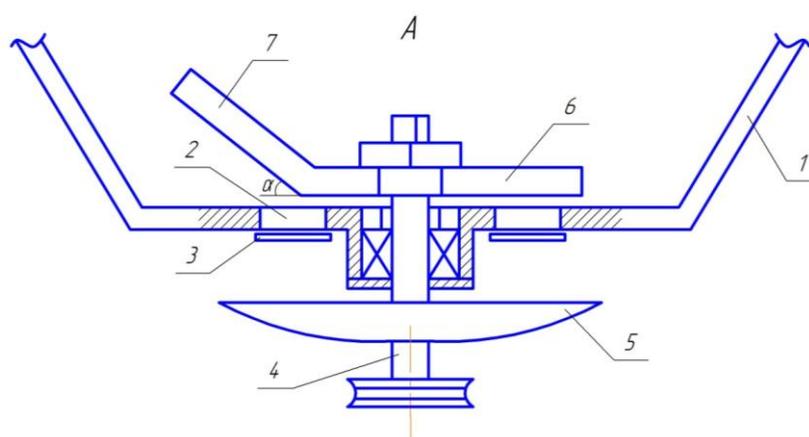
2.2. Исследования питателя центробежных машин

Эффективность внесения минеральных удобрений зависит от соответствия дозы внесения необходимым потребностям растения. Важную роль в этом процессе играет соблюдение высокой равномерности распределения удобрений. Качество дозирования и подачи имеет важную роль в обеспечении равномерности внесения минеральных удобрений.

Конструктивно-технологическая схема бункера-питателя представлена на рисунке (Рисунок 2.2). В нижней части бункера 1 расположены дозирующие щели 2 с дозирующими заслонками 3. На приводном валу 4 разбрасывающего диска 5 имеется ворошитель 6 с лопастью 7, расположенной под углом подъема α и углом поворота β .

В процессе перемещения трактора по полю минеральные удобрения из мягкого контейнера поступают к выпускным дозирующим отверстиям бункера-питателя и далее на разбрасывающий диск. Для стабилизации процесса истечения

минеральных удобрений из мягкого контейнера в бункере используется ворошитель, обеспечивающий посредством вращения разрушение комков и локально-слежавшихся масс сыпучего материала и снижение возможности сводообразования. При внесении удобрений ворошитель воздействует на истекающие массы до полного растаривания мягкого контейнера и способствует равномерной подаче их к разбрасывающему диску, что, в конечном итоге, ведет к повышению качественных показателей процесса внесения минеральных удобрений.



1-бункера, 2-дозировующие щели, 3-дозировующие заслонки, 4-приводной вал, 5-разбрасывающий диск, 6-ворошитель, 7-лопасть

Рисунок 2.2 – Схема бункера-питателя с разбрасывающим диском

Частица удобрения, находящаяся на лопасти ворошителя совершает сложное движение, которое состоит из переносного вращательного движения вместе с лопастью и относительного движения по лопасти. Учитывая, что для обеспечения заданной ширины захвата вал разбрасывающего устройства должен вращаться с постоянной угловой скоростью, принимаем, что скорость ворошителя, закрепленного на том же валу, постоянна. Лопасть ворошителя расположена на расстоянии от центра вращения с углом подъема α и углом поворота β . Рассмотрим движение в системе координат XYZ (рисунок 2.3).

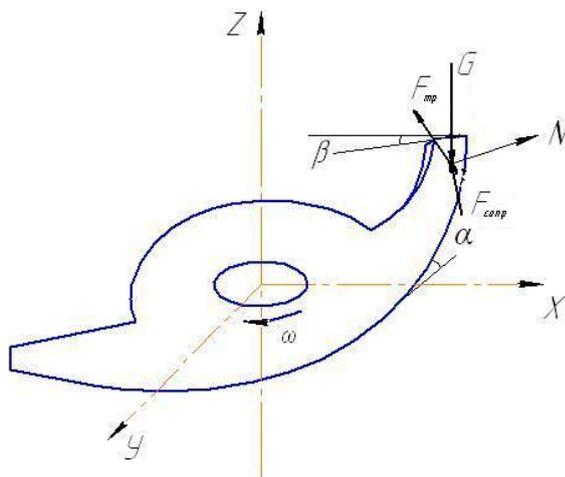


Рисунок 2.3 – Расчетная схема движение частиц удобрений относительно ворошителя.

Приложим к частице активные силы:

G Приложим к частице активные силы:

G – вес частицы ($G=mg$), Н;

где m – масса частицы, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с².

$F_{сопр}$ – силу сопротивления ($F_{сопр}=k\omega r$), Н;

где k – коэффициент вязкости среды, Н/(м/с);

ω – угловая скорость ворошителя, 1/с;

r – текущий радиус расположения частицы, м.

Направление силы сопротивления примем противоположным окружной скорости лопатки ворошителя.

Реакциями связей частицы являются:

N – сила нормального давления, Н;

$F_{тр}$ – сила трения ($F_{тр}=fN$), Н;

где f – коэффициент трения частицы о лопасть.

Спроектировав силы на ось координат, запишем основное уравнение динамики. Так как силы инерции находятся в плоскости перпендикулярной оси вращения, то для вертикальной оси можем записать:

$$\sum F_z = 0; N \sin \alpha - f N \cos \alpha - m g = 0, \quad (2.1)$$

Из уравнения (2.1) получим значение силы нормального давления

$$N = \frac{mg}{\sin \alpha - f \cos \alpha}, \quad (2.2)$$

где α – угол подъема лопасти ворошителя.

Тогда значение силы трения будет равно:

$$F_{mp} = fN = \frac{fmg}{\sin \alpha - f \cos \alpha} \quad (2.3)$$

Запишем дифференциальное уравнение движения частицы в выбранной системе координат.

$$\left\{ \begin{array}{l} m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_{comp} \sin(\omega t) + N \sin \alpha \cos \beta \sin(\omega t) + F_{mp} \cos \alpha \cos \beta \sin(\omega t) \\ m \frac{d^2 y}{dt^2} = F_{comp} \cos(\omega t) + N \sin \alpha \cos \beta \cos(\omega t) + F_{mp} \cos \alpha \cos \beta \cos(\omega t), \\ m \frac{d^2 z}{dt^2} = -F_{mp} \sin \alpha \cos \beta + N \cos \alpha \cos \beta - G \end{array} \right. \quad (2.4)$$

где β – угла поворота лопасти ворошителя.

Подставим значения величин и преобразуем:

$$\left\{ \begin{array}{l} m \frac{dV_x}{dt} = \frac{k}{m} V \sin(\omega t) + \frac{mg}{\sin \alpha - f \cos \alpha} \sin \alpha \cos \beta \sin(\omega t) + f \frac{mg}{\sin \alpha - f \cos \alpha} \cos \alpha \cos \beta \sin(\omega t) \\ m \frac{dV_y}{dt} = \frac{k}{m} V \cos(\omega t) + \frac{mg}{\sin \alpha - f \cos \alpha} \sin \alpha \cos \beta \cos(\omega t) - f \frac{mg}{\sin \alpha - f \cos \alpha} \cos \alpha \cos \beta \cos(\omega t) \\ m \frac{dV_z}{dt} = \frac{mg \cos \alpha \cos \beta}{\sin \alpha - f \cos \alpha} - \frac{fmg \sin \alpha \cos \beta}{\sin \alpha - f \cos \alpha - mg} \end{array} \right. \quad (2.5)$$

Сгруппируем переменные в системе уравнений (2.5), тогда выражение будет иметь вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dV_x}{dt} = \frac{k}{m} \omega p \sin(\omega t) + \frac{g \sin \alpha \cos \beta}{\sin \alpha - f \cos \alpha} \sin(\omega t) + \frac{fg \cos \alpha \cos \beta}{\sin \alpha - f \cos \alpha} \sin(\omega t) \\ \frac{dV_y}{dt} = \frac{k}{m} \omega p \cos(\omega t) + \frac{g \sin \alpha \cos \beta}{\sin \alpha - f \cos \alpha} \cos(\omega t) - \frac{fg \cos \alpha \cos \beta}{\sin \alpha - f \cos \alpha} \cos(\omega t), \\ \frac{dV_z}{dt} = \frac{g \cos \alpha \cos \beta}{\sin \alpha - f \cos \alpha} - \frac{fg \sin \alpha \cos \beta}{\sin \alpha - f \cos \alpha} - g \end{array} \right. \quad (2.6)$$

Разделим переменные:

$$\left\{ \begin{array}{l} dV_x = \left[\frac{k}{m} \omega \rho + \frac{g \sin \alpha \cos \beta}{\sin \alpha - f \cos \alpha} + \frac{fg \cos \alpha \cos \beta}{\sin \alpha - f \cos \alpha} \right] \sin(\omega t) dt \\ dV_y = \left[\frac{k}{m} \omega \rho + \frac{g \sin \alpha \cos \beta}{\sin \alpha - f \cos \alpha} - \frac{fg \cos \alpha \cos \beta}{\sin \alpha - f \cos \alpha} \right] \cos(\omega t) dt, \\ dV_z = g \left[\frac{\cos \alpha \cos \beta}{\sin \alpha - f \cos \alpha} - \frac{f \sin \alpha \cos \beta}{\sin \alpha - f \cos \alpha} - 1 \right] dt \end{array} \right. \quad (2.7)$$

Для простоты преобразований постоянные величины обозначим:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_x = \frac{k}{m} \omega \rho + \frac{g(\sin \alpha \cos \beta + fg \cos \alpha \cos \beta)}{\sin \alpha - f \cos \alpha} \\ \lambda_y = \frac{k}{m} \omega \rho + \frac{g \sin \alpha \cos \beta + fg \cos \alpha \cos \beta}{\sin \alpha - f \cos \alpha}, \\ \lambda_z = \left[\frac{\cos \alpha \cos \beta - f \sin \alpha \cos \beta}{\sin \alpha - f \cos \alpha} - 1 \right] \end{array} \right. \quad (2.8)$$

Преобразуем выражение 2.7 и проинтегрируем:

$$\left\{ \begin{array}{l} \int_{V_{ox}}^{V_x} dV_x = \int_0^t \lambda_x \sin \omega t dt \\ \int_{V_{oy}}^{V_y} dV_y = \int_0^t \lambda_y \cos \omega t dt, \\ \int_{V_{oz}}^{V_z} dV_z = \int_0^t \lambda_z g dt \end{array} \right. \quad (2.9)$$

Подставив переменные и преобразовав выражение, получим

$$\left\{ \begin{array}{l} V_x = V_{ox} + \frac{\lambda_x}{\omega} [1 - \cos(\omega t)] \\ V_y = V_{oy} + \frac{\lambda_y}{\omega} \sin \omega t, \\ V_z = V_{oz} + \lambda_z g t \end{array} \right. \quad (2.10)$$

Учитывая, что скорость является производной от перемещения, запишем

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx}{dt} = V_{ox} + \frac{\lambda_x}{\omega} - \frac{\lambda_x}{\omega} \cos(\omega t) \\ \frac{dy}{dt} = V_{oy} + \frac{\lambda_y}{\omega} \sin \omega t, \\ \frac{dz}{dt} = V_{oz} + \lambda_z g t \end{array} \right. \quad (2.11)$$

Разделим переменные:

$$\begin{cases} dx = \left[\left(V_{ox} + \frac{\lambda_x}{\omega} \right) - \frac{\lambda_x}{\omega} \cos(\omega t) \right] dt \\ dy = \left[V_{oy} + \frac{\lambda_y}{\omega} \sin \omega t \right] dt, \\ dz = [V_{oz} + \lambda_z g t] dt \end{cases} \quad (2.12)$$

Проинтегрируем полученное выражение

$$\begin{cases} \int_{ox}^x dx = \int_0^t \left[\left(V_{ox} + \frac{\lambda_x}{\omega} \right) - \frac{\lambda_x}{\omega} \cos(\omega t) \right] dt \\ \int_{oy}^y dy = \int_0^t \left[V_{oy} + \frac{\lambda_y}{\omega} \sin \omega t \right] dt, \\ \int_{oz}^z dz = \int_0^t [V_{oz} + \lambda_z g t] dt \end{cases} \quad (2.13)$$

В результате интегрирования, получим

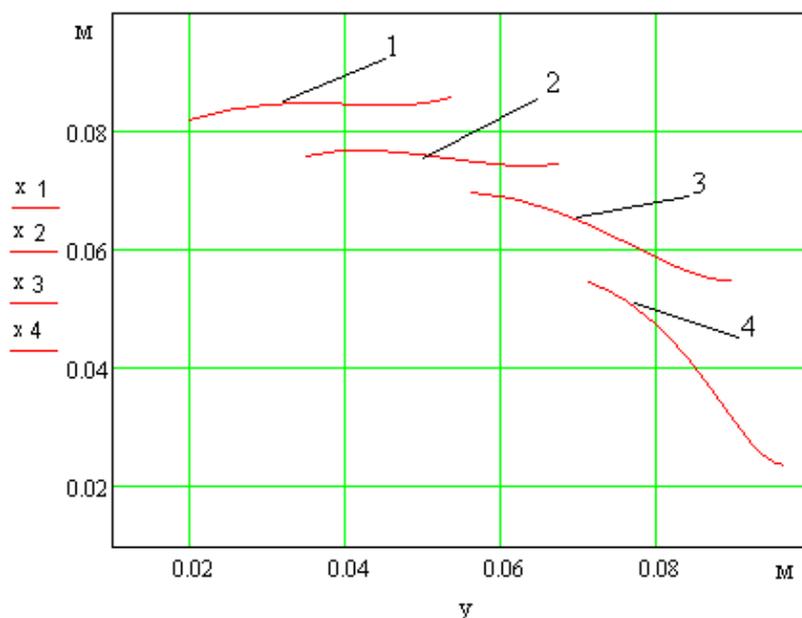
$$\begin{cases} x - x_0 = \left(V_{ox} + \frac{\lambda_x}{\omega} \right) t - \frac{\lambda_x}{\omega^2} \sin(\omega t) \\ y - y_0 = \left[V_{oy} t - \frac{\lambda_y}{\omega^2} \cos \omega t \right] \Big|_0^t, \\ z - z_0 = V_{oz} t + \frac{\lambda_z g t^2}{2} \end{cases} \quad (2.14)$$

Окончательно, выражение для закона движения имеет вид

$$\begin{cases} x = x_0 + \left(V_{ox} + \frac{\lambda_x}{\omega} \right) t - \frac{\lambda_x}{\omega^2} \sin(\omega t) \\ y = y_0 + V_{oy} t + \frac{\lambda_y}{\omega^2} (1 - \cos \omega t), \\ z = z_0 + V_{oz} t + \frac{\lambda_z g t^2}{2} \end{cases} \quad (2.15)$$

На основе полученных выражений (2.15) было проведено математическое моделирование в программе MathCAD для различных углов установки ворошителя α и β . Также варьировались масса гранул удобрений и коэффициент трения удобрений о материал ворошителя. Обоснованный выбор углов установки лопасти ворошителя обеспечивает движение частиц вдоль ее поверхности по рациональной траектории, что способствует повышению равномерности подачи

(рисунок 2.4). Полученные значения углов обеспечивают минимальные нагрузки – создают предпосылки для снижения измельчения гранул удобрений.



1...4 – траектории гранул в горизонтальной плоскости.

Рисунок 2.4 – Траектории движения гранул удобрений под действием ворошителя в зависимости от первоначального положения.

Анализ траекторий движения частиц удобрений показал, что при движении ворошителя происходит перемещение частиц к периферии. Так как выгрузка удобрений происходит из центральной части мягкого контейнера, в зоне над дозирующими щелями образуется зона повышенного давления. Обеспечение движения удобрений в зоне дозирования способствует снижению возможности сводообразования. В результате математического моделирования установлено, что для повышения равномерности дозирования угол подъема лопасти ворошителя α должен находиться в диапазоне 17...21 град, а угол наклона β в диапазоне 10...12 град [3,5].

2.3. Теоретическое обоснование параметров питателя

Для определения усилий, возникающих при действии ворошителя на слой удобрений, введем следующие допущения:

1) слой удобрений идеально эластичен, то есть не сжимаем, не сопротивляется изгибу;

2) клиновые части ворошителя не совершают работу по резанию и измельчению частиц удобрений;

3) движение ворошителя можно считать равномерным, так как он вращается с постоянной угловой скоростью ω .

Рассмотрим слой удобрений, который поднимается острым клином с углами α и β (рисунок 2.5).

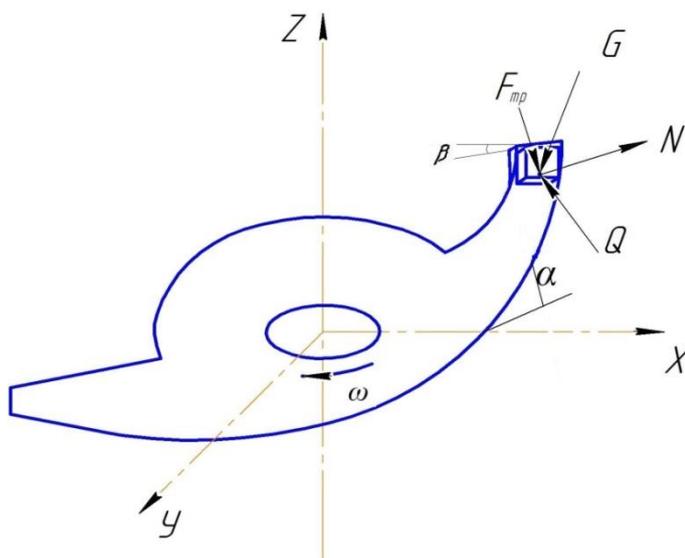


Рисунок 2.5 – К определению усилий, действующих на привод ворошителя

На ворошитель будут действовать следующие активные силы и реакции: вес слоя удобрения G , нормальная реакция поверхности ворошителя N , сила трения слоя удобрений о ворошитель $F_{тр}$ и реакция подпора со стороны неподвижной части удобрений Q [6, 7].

Зная приложенные силы и учитывая характер движения ворошителя, запишем уравнение равновесия:

$$\bar{G} + \bar{N} + \bar{F}_{тр} + Q = 0, \quad (2.16)$$

Вследствие того, что направление силы подпора неизвестно, составим дополнительное уравнение на основе принципа возможных перемещений (рисунок 2.6):

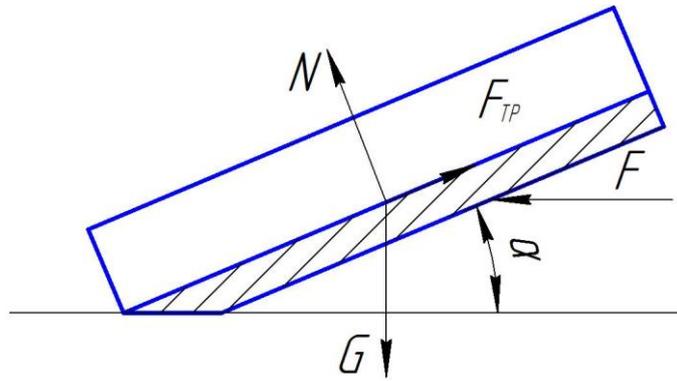


Рисунок 2.6 – К расчету окружного усилия на основе принципа возможных перемещений

Работа элементарных сил системы

$$F_{mp} \cdot \delta s - F \cdot \delta s \cdot \cos \alpha - G \cdot \delta s \cdot \sin \alpha = 0, \quad (2.17)$$

Где $F_{тр}$ – сила трения слоя удобрений о ворошитель

F – окружное усилие

δs – возможное перемещение

G – вес слоя удобрения

Сократив на величину δs , получим:

$$F_{mp} - F \cos \alpha - G \sin \alpha = 0, \quad (2.18)$$

Учитывая, что движение ворошителя происходит в слое мелких гранулированных частиц удобрений, изменение угла β влияет на энергозатраты привода ворошителя. Исходя из этого, при определении затрат энергии будем учитывать, что они максимальны при угле $\beta = 0$. Взаимодействие лопасти ворошителя со слоем удобрений будем рассматривать в плоскости, касательной к направлению движения лопасти (рисунок 2.7).

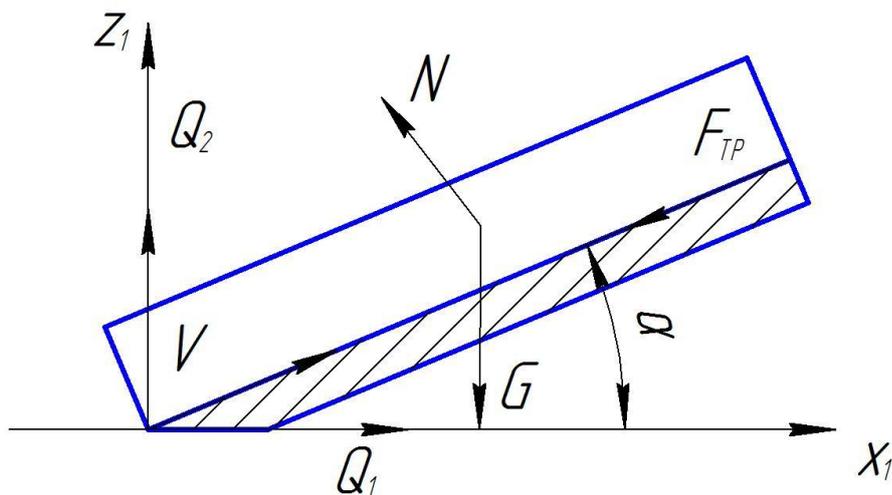


Рисунок 2.7 – Расчетная схема взаимодействия лопасти ворошителя со слоем удобрений

Спроецируем уравнение (2.16) на выбранные оси координат $x_1y_1z_1$:

$$0x_1 \begin{cases} Q_1 - N \sin \alpha - F_{mp} \cos \alpha = 0 \\ -Q_2 + N \cos \alpha + F_{mp} \sin \alpha - G = 0 \\ F_{mp} - F \cos \alpha - G \sin \alpha = 0 \\ F_{mp} = f \cdot N \\ F = Q_1 \end{cases}, \quad (2.19)$$

где Q_1 – проекция силы сопротивления слоя удобрений на горизонтальную ось, Н;

Q_2 – проекция силы сопротивления слоя удобрений на вертикальную ось, Н;

F – окружное усилие, Н.

Решив систему (2.19), определим значения действующих сил. Исходя из третьего закона Ньютона, $F = Q_1$. Подставив в (2.19) величину F_{mp} , сложим 1 и 3 уравнения системы. В результате получим величину нормальной реакции.

С учетом того, что

$$-G \tan \alpha - N \sin \alpha - fN \cos \alpha + \frac{fN}{\cos \alpha} = 0, \quad (2.20)$$

подставим полученное выражение в 1-е уравнение системы (2.19):

$$Q_1 - \frac{mg \cdot \tan \alpha \cdot \sin \alpha}{\left(\sin \alpha + f \cos \alpha - \frac{f}{\cos \alpha} \right)} - \frac{fmg \cdot \tan \alpha \cdot \cos \alpha}{\left(\sin \alpha + f \cos \alpha - \frac{f}{\cos \alpha} \right)} = 0, \quad (2.21)$$

Тогда горизонтальная сила подпора слоя удобрений

$$Q_1 = \frac{mg \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot (\sin \alpha + f \cos \alpha)}{\left(\sin \alpha + f \cos \alpha - \frac{f}{\cos \alpha} \right)}, \quad (2.22)$$

Подставим выражение для определения силы нормального давления в выражение 2 системы (2.19):

$$Q_2 = \frac{-mg \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \alpha}{\left(\sin \alpha + f \cos \alpha - \frac{f}{\cos \alpha} \right)} + \frac{fmg \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha}{\left(\sin \alpha + f \cos \alpha - \frac{f}{\cos \alpha} \right)} + mg, \quad (2.23)$$

Вынеся за скобки общий множитель, получим:

$$Q_2 = mg \left(1 + \frac{f \cdot \operatorname{tg} \alpha (\sin \alpha - \cos \alpha)}{\left(\sin \alpha + f \cos \alpha - \frac{f}{\cos \alpha} \right)} \right), \quad (2.24)$$

Направление силы подпора Q определим, используя отношение:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{Q_2}{Q_1}, \quad (2.25)$$

или

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{mg \left(1 + \frac{f \cdot \operatorname{tg} \alpha (\sin \alpha - \cos \alpha)}{\left(\sin \alpha + f \cos \alpha - \frac{f}{\cos \alpha} \right)} \right)}{mg \cdot \operatorname{tg} \alpha \frac{(\sin \alpha + f \cos \alpha)}{\left(\sin \alpha + f \cos \alpha - \frac{f}{\cos \alpha} \right)}}, \quad (2.26)$$

Сократив, получим:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\left(\sin \alpha + f \cos \alpha - \frac{f}{\cos \alpha} \right) + f \operatorname{tg} \alpha (\sin \alpha - \cos \alpha)}{\operatorname{tg} \alpha (\sin \alpha + f \cos \alpha)}, \quad (2.27)$$

Тогда окружное усилие

$$F = \frac{-G \sin \alpha + F_{mp}}{\cos \alpha}, \quad (2.28)$$

После соответствующих подстановок получим:

$$F = \frac{f \cdot mg \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\cos \alpha \left(\sin \alpha + f \cos \alpha - \frac{f}{\cos \alpha} \right)} - \frac{mg \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha}, \quad (2.29)$$

Преобразуем полученное выражение:

$$F = mg \left(\frac{f \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\left(\cos \alpha \left[\sin \alpha + f \cos \alpha - \frac{f}{\cos \alpha} \right] \right)} - \operatorname{tg} \alpha \right), \quad (2.30)$$

Тогда мощность, требуемая на привод ворошителя:

$$P = F \cdot \omega, \quad (2.31)$$

$$P = mg \left(\frac{f \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\left(\cos \alpha \left[\sin \alpha + f \cos \alpha - \frac{f}{\cos \alpha} \right] \right)} - \operatorname{tg} \alpha \right) \cdot \omega \cdot \rho_{cp},$$

где ρ_{cp} – средний радиус расположения лопасти ворошителя, м.

После исследования полученной модели (2.19) в программе MathCad был построен график зависимости мощности, требуемой на привод ворошителя, от угла α (рисунок 2.8).

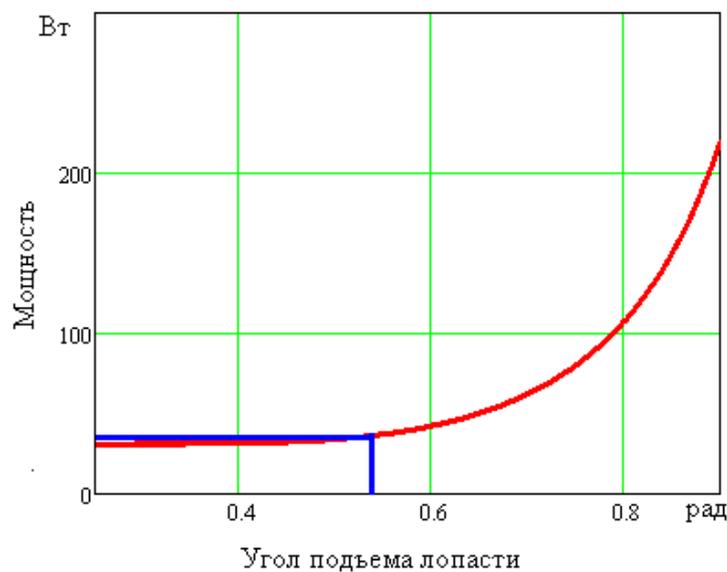


Рисунок 2.8 – Зависимость мощности, требуемой на привод ворошителя, от угла подъема лопасти.

Анализ графика показал, что с увеличением угла подъема лопасти α мощность, требуемая на привод ворошителя, существенно увеличивается. При построении модели было учтено взаимодействие гранул удобрений только с основной поверхностью лопасти. Мощность на перемещение частиц удобрений по лопасти может составлять до 100-150 Вт. При этом интенсивный рост мощности наблюдается при углах подъема лопасти ворошителя более 30 градусов. Полученные рациональные значения углов постановки лопасти не превышают допустимых значений. Следует отметить, что взаимодействие торцевых поверхностей ворошителя может существенно повысить мощность на привод, особенно при попадании частиц между ворошителем и корпусом разбрасывающего устройства. Расчеты показали, что общая мощность на привод ворошителя складывается из мощности на преодоление сил трения, взаимодействия торцевых поверхностей ворошителя, транспортировки частиц удобрений, и не превышает 1,5 кВт [10].

2.4. Исследования процесса резания материала мягкого контейнера типа «Биг-Бэг»

Расстаривание «Биг-Бэг» самозагружающейся машиной для внесения минеральных удобрений происходит с помощью ножа в виде пирамиды с квадратным основанием, ребра которой выполнены в виде лезвий. Эффективность работы резания оболочки мягкого контейнера будет характеризоваться коэффициентом полезного действия ножа [95].

$$\eta = \frac{A_{рез}}{A_{рез} + A_{растяж}}, \quad (2.31)$$

Работа резания $A_{рез}$ может быть определена из диаграммы резания (рисунок 2.9), при этом погрешность будет незначительной.

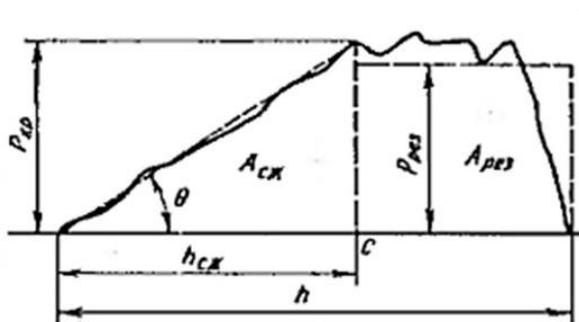


Рисунок 2.9 Диаграмма статического резания слоев

Рассмотрим работу резания оболочки по аналогии, при этом оболочка будет растягиваться.

$$A_{рез} = P_{рез} (h - h_{пр}), \quad (2.32)$$

где: $P_{рез}$ – усилие резания;

h – перемещение ножа при образовании необходимого разреза.

$h_{пр}$ – величина прогиба, связанная с растяжением полотна мягкого контейнера при воздействии ножа.

Прогиб полотна мягкого контейнера зависит от натяжения полотна и формы ножа (рисунок 2.10).

$$h_{пр} = b_{растяж} \cdot \sin \alpha_{пр}, \quad (2.33)$$

где $b_{растяж}$ – ширина растянутой зоны оболочки мягкого контейнера,

$\alpha_{пр}$ – угол прогиба, град.

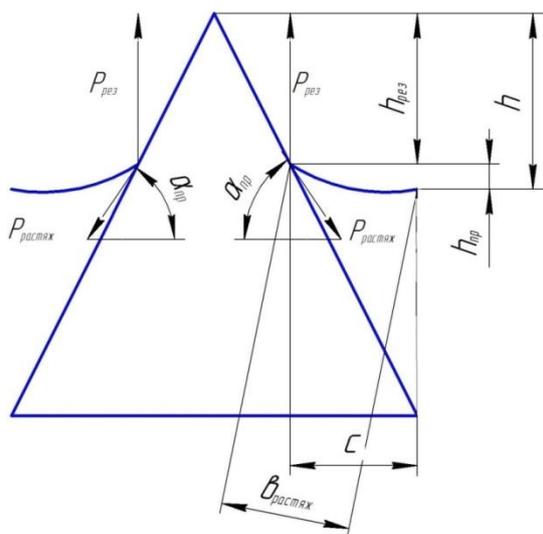


Рисунок 2.10 – Расчетная схема растяжения

Тогда работа растяжения тканей мягкого контейнера будет определяться следующим выражением:

$$A_{\text{растяж}} = P_{\text{растяж}} \cdot \epsilon_{\text{растяж}}, \quad (2.34)$$

где $P_{\text{растяж}}$ - усилие растяжения оболочки мягкого контейнера.

Подставив значения в выражение 5, получим:

$$A_{\text{растяж}} = P_{\text{растяж}} \cdot \frac{h_{\text{пр}}}{\sin \alpha_{\text{пр}}}, \quad (2.35)$$

Материал мягкого контейнера «Биг-Бэг» при нагрузке упруго деформируется, работу растяжения оболочки будет характеризоваться углом прогиба $\alpha_{\text{пр}}$, который в свою очередь зависит от предварительного натяжения оболочки контейнера (массы) и угла заострения ножа. Рассмотрим усилия, действующие на нож, учитывая, что общая работа резания оболочки контейнера будет приблизительно равна работе ножа (рисунок 2.11).

$$A_{\text{ножа}} = A_{\text{рез}} \cdot \eta$$

$$A_{\text{ножа}} = P_{\text{рез}} \cdot h_{\text{рез}}, \quad (2.36)$$

Тогда

$$P_{\text{рез}} = \frac{A_{\text{рез}} \cdot \eta}{h_{\text{рез}}}, \quad (2.37)$$

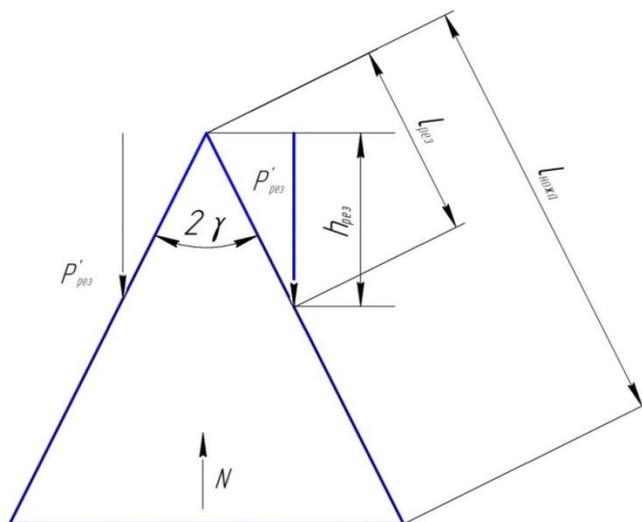


Рисунок 2.11 – Расчетная схема к определению работы резания ножа

Подставив значения, получим усилие ножа при резании оболочки:

$$P'_{рез} = \frac{P_{рез} (h - h_{np}) + P_{раст} \frac{h_{np}}{\sin \alpha_{np}}}{l_{ножа} \cos \gamma}, \quad (2.38)$$

Рассматривая формулу диаграммы статического резания, допустим, что усилие резания и максимальное усилие растяжения равны [60], тогда растяжение будет равно:

$$A_{раст} \approx \frac{P_{рез}}{2} h_{np}, \quad (2.39)$$

С учетом выражения (2.35) можно записать:

$$A_{раст} P_{раст} \approx \frac{P_{рез}}{2} \cdot h_{np} \approx P_{раст} \frac{h_{np}}{\sin \alpha_{np}}, \quad (2.40)$$

Преобразовав выражение (2.40), получим:

$$P_{раст} \approx \frac{P_{рез} \sin \alpha_{np}}{2}, \quad (2.41)$$

С учетом принятых допущений получим упрощенное выражение для расчета усилий резания оболочки ножом:

$$P'_{рез} = \frac{P_{рез} \left(h - \frac{h_{np}}{2} \right)}{l_{ножа} \cos \gamma}, \quad (42)$$

где $l_{ножа}$ – длина ножа,

γ – угол заострения ножа.

Таким образом, установлено, что процесс резания оболочки мягкого контейнера Биг-Бэг будет зависеть от первоначального прогиба мягкой оболочки в зоне резания, углов лезвий ножа. Рациональной величиной угла заострения ножа (угла установки лезвий при вершине) является 38 град, что соответствует работе резания около 12 Дж.

Выводы по 2 главе

1 Эффективность внесения минеральных удобрений зависит от равномерности распределения удобрений. Равномерная подача удобрений к разбрасывающему диску имеет важную роль в обеспечении равномерности внесения минеральных удобрений. Конструктивно-технологическая схема питателя расположенного в нижней части бункера имеет дозирующие щели с дозирующими заслонками. На приводном валу разбрасывающего диска установлен ворошитель с лопастью, расположенный с углами α и β .

2 Анализ траекторий движения частиц удобрений показал, что при движении ворошителя происходит перемещение частиц к периферии. Так как выгрузка удобрений происходит из центральной части мягкого контейнера, в зоне над дозирующими щелями образуется зона повышенного давления. Обеспечение движения удобрений в зоне дозирования способствует снижению вероятности сводообразования. В результате математического моделирования установлено, что для повышения равномерности дозирования и снижения измельчения гранул удобрений угол установки лопасти к окружной скорости α должен находиться в диапазоне 18...21 град и угол к горизонту в радиальном направлении β 10...12 град. Применение разработанного ворошителя позволит снизить разрушение гранул при подаче на разбрасывающий диск.

3 Анализ зависимости энергозатрат показал, что с увеличением угла α мощность, требуемая на привод ворошителя, существенно увеличивается, поэтому для экономии энергии он не должен превышать 20 градусов. Расчеты показали, что общая мощность на привод ворошителя складывается из мощности на преодоление сил трения, взаимодействия торцевых поверхностей ворошителя, транспортировки частиц удобрений, и не превышает 1,5 кВт.

4 Установлено, что процессы резания оболочки мягкого контейнера Биг-Бэг будет зависеть от первоначального прогиба мягкой оболочки в зоне резания, углов лезвий ножа.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Программа экспериментальных исследований имела своей целью уточнение теоретических значений, полученных в результате исследования, а также обоснование рациональных значений параметров рабочих органов машины для внесения минеральных удобрений

Программа включала экспериментальные исследования в лабораторных и производственных условиях:

1. Исследования влияния гранулометрических характеристик удобрений на их прочностные свойства
2. Экспериментальные исследования эффективности работы питателя
3. Исследования процесса растаривания мягких контейнеров удобрений типа «Биг-Бэг»
4. Полевые исследования экспериментальной машины для внесения минеральных удобрений
5. Исследование схемы загрузки, транспортировки и внесения минеральных удобрений.

3.1 Методика исследования влияния гранулометрических характеристик удобрений на их прочностные свойства

Анализ проводимых исследований, влияния гранулометрического состава при внесении удобрений, показал, что это является значимым показателем для определения равномерности внесения разных видов гранулированных удобрений [19,65]. Для исследования прочности гранул удобрений их помещали в лабораторный рассев (рисунок 3.1). Для разделения на фракции использовались сита с диаметром отверстий 2,3,4 и 4,5 мм. Время отсева составляло 25 секунд. На каждую партию удобрений составлялась специальная карточка, в которой

указывалось: название и состав удобрений, влажность составляла от 0,2 до 0,5%, масса и размер фракций.



Рисунок 3.1 – Лабораторный рассев

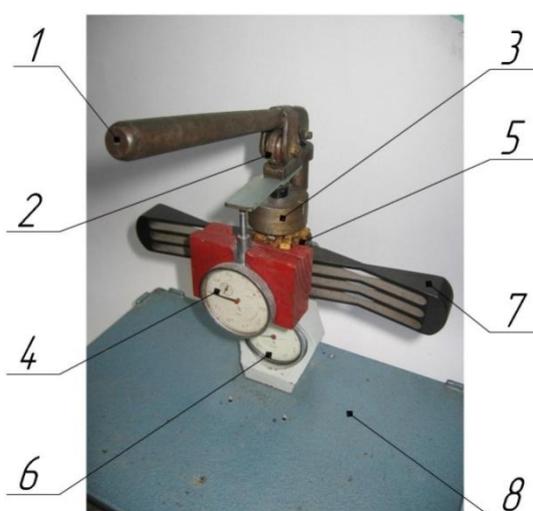
Форма карточки приведена в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Матрица экспериментов по определению прочности гранул удобрений

Наименование и состав удобрений	Размер фракции гранул, мм	Масса гранул, г	Усилие разрушения одной гранулы, Н
Нитрофоска (азот, фосфор и калий)	менее 2	M1	F1
	2-3	M2	F2
	3-4	M3	F3
	4-4,5	M4	F4
	более 4,5		F5
Аммиачная селитра (азот, сера, кальций, калий, магний)	менее 2	M1	F1
	2-3	M2	F2
	3-4	M3	F3
	4-4,5	M4	F4
	более 4,5		F5
Мочевина	менее 2	M1	F1
	2-3	M2	F2

(азот)	3-4	M3	F3
	4-4,5	M4	F4
	более 4,5		F5
Аммофоска (азот , фосфор, сера и калий)	менее 2	M1	F1
	2-3	M2	F2
	3-4	M3	F3
	4-4,5	M4	F4
	более 4,5		F5
Суперфосфат (азот, фосфор)	менее 2	M1	F1
	2-3	M2	F2
	3-4	M3	F3
	4-4,5	M4	F4
	более 4,5		F5

Фракции гранул удобрений подвергали прочностным испытаниям. Для этого в специальный лоток насыпали гранулы удобрений в один слой, накрывали специальным штампом и сжимали до разрушения гранул в лабораторной установке, изготовленной на базе образцового динамометра ДОСМ-3-0,1, оборудованной упругим элементом с индикаторной головкой, которая позволяет оценивать усилие сжатия гранул и деформацию материала (рисунок 3.2). Упругий элемент устройства представляет собой тарированную прижимную пластину.



1 – рукоятка; 2 – ползун; 3 – прижимная пластина; 4 – верхний индикатор;
5 – площадка; 6 – нижний индикатор; 7 – образцовый динамометр ДОСМ-3-0,1; 8
– станина.

Рисунок 3.2 – Установка для определения усилия деформации и сжатия гранул.

Результаты исследований обрабатывались в программе Statistica v8 с достоверностью 0,95.

3.2 Методика экспериментальных исследований эффективности работы питателя

Равномерность распределения и доза внесения удобрений при работе центробежных машин в значительной степени зависит от работы дозирующего устройства. Подача удобрений к разбрасывающему диску, исключение дробления гранул удобрений позволяет добиться повышения равномерности распределения и увеличения ширины внесения. Для исследования влияния параметров дозирующего устройства на подачу гранулированных удобрений к разбрасывающему устройству были проведены лабораторные исследования.

Лабораторные исследования проводились на экспериментальной машине СЗМБУ-0,5 агрегатированной с трактором МТЗ-82. Общий вид установки приведен на рисунке (рисунок 3.3). Для сбора удобрений с разбрасывающего устройства применялось ограждение из деревянных досок, на нижней части которого закреплена пленка (рисунок 3.4). Таким образом ограждение представляло собой лоток для сбора удобрений.



Рисунок 3.3 –Общий вид установкиСЗМВУ-0,5



Рисунок 3.4 –Лоток для сбора удобрений

Для исследования равномерности подачи удобрений дозирующим устройством варьировались углы установки ворошителя. Измельчение гранул оценивали с помощью методики, представленной в разделе 3.1, сравнивая исходные значения распределения частиц с полученными в результате эксперимента. Для простоты нами рассчитывалось средне взвешенное значение по формуле:

$$x = \frac{\sum x_i w_i}{\sum w_i}, \quad (3.1)$$

x_i — средний размер гранул фракции удобрений, мм;

w_i — масса фракции удобрений, г.

Матрица планирования эксперимента представлена в таблице (3.2).

Таблица 3.2 – Матрица планирования эксперимента

Углы ворошителя		Доза удобрений г/с	Измельчение гранул, %
Угол установки	Угол поворота		
15	5	Y_1	V_1
20	10	Y_2	V_2
25	15	Y_3	V_3

При проведении экспериментов использовались гранулированные удобрения следующих марок (аммофоска, селитра, нитрофоска, мочевины, суперфосфат).

Эксперимент осуществлялся следующим образом: в бункер машины для внесения удобрений марки СЗМВУ- 0,5 загружали удобрения, включали привод от вала отбора мощности и через определенные промежутки времени взвешивали удобрения, собранные в лотке с пленкой. Полученную массу удобрений взвешивали на весах марки «Витрина» до 30 кг с точностью 5г. Повторность эксперимента трехкратная. Результаты эксперимента обрабатывались в программе Statistica v8 и т.д.

3.3 Методика исследования процесса растаривания удобрений из мягких контейнеров типа Биг-Бэг

При использовании таких контейнеров необходимо применение специализированного оборудования – погрузчиков и растаривателей.

Эффективность внесения: соответствие дозы внесения, неравномерности внесения удобрений зависит от выполнения операции растаривания. Для этих целей нами разработан растариватель в виде пирамидального ножа с четырьмя

лезвиями, расположенными в виде ребер пирамиды. Такая конструкция ножа обеспечивает прорезание в днище мягкого контейнера отверстия, достаточное для обеспечения заданной дозы внесения удобрений. Для обоснования параметров ножа: углов постановки лезвий при вершине ножа, а также обоснования усилий, необходимых для разрезания материалов мягкого контейнера, были проведены экспериментальные исследования. Исследования проводились на разрывной машине марки Р5. Также была разработана оправка для крепления материала, из которого изготовлен мягкий контейнер, и многолезвийный нож в виде пирамиды с изменяемыми параметрами (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Многолезвийные ножи в виде пирамиды

В ходе исследования устанавливалось влияние угла при вершине ножа, натяжения материала на оправке на усилие разрыва материала. Для проведения эксперимента была разработана матрица планирования эксперимента (таблица 3.3).

Таблица 3.3 Матрица планирования эксперимента по исследованию влияния параметров ножа на усилие резания

Уровни варьирования	Факторы варьирования	Функция оптимизации
------------------------	----------------------	------------------------

	Угол при вершине ножа, град	Прогиб материала, мм	Усилие разрыва, Н
Верхний	30	30	F1
Нулевой	40	45	F2
Нижний	50	60	F3
	60		
Интервал варьирования	10	15	

Эксперимент проводили в трехкратной последовательности. Результаты эксперимента обрабатывались в программе Statistica v8.

3.4 Методика полевых исследований машины для внесения удобрений минеральных удобрений

Для проведения полевых исследований машины для внесения минеральных удобрений была рассмотрена методика испытаний машин для поверхностного и внутрипочвенного внесения твердых минеральных удобрений известковых материалов и мелиорантов (ГОСТ28714-2007) [21], а также частные методики предлагаемые учеными, занимающиеся неравномерностью внесения удобрений [19,31,35,36,99,106].

Целью полевых испытаний была проверка качества работы экспериментальной машины для внесения удобрений, разработанной на основе проведенных лабораторных исследований, а также выполнение процесса внесения твердых минеральных удобрений в заданных пределах, в соответствии с агротехническими требованиями.

Машина предназначена для поверхностного внесения твердых минеральных удобрений, известкового материала и посева семян зерновых культур и трав на полях, пастбищах сенокосах и в садах с последующей заделкой их почвообрабатывающими орудиями.

Машина может работать на всех типах почв в разных климатических зонах, а так же по стерне и вегетирующим культурам, обеспечивая внесение минеральных удобрений в дозе до 1000 кг\га.

Ширина захвата от 10 до 24 м при внесении гранулированных удобрений и от 8 до 15 м при внесении порошковидных или кристаллических удобрений, и выработки не менее 4,5 га/ч не зависимо от вида вносимого материала.

Скорость движения машины определяют на учетном проходе длиной не менее 10 м в трехкратной повторности. Погрешность измерения времени +/- 1 с, длины пути +/- 10 см.

Скорость движения машины V , м/с, вычисляют по формуле:

$$V = \frac{L}{t}, \quad (3.2)$$

где L – длина пути, м;

t – продолжительность замера, с.

Среднее значение вычисляют с округлением до целого числа.

Неравномерность высева удобрений для машины для внесения удобрений составляет не более +/- 25%. Отклонение средней фактической дозы внесения не более +/-10%. Перекрытия в стыковых проходах должны составлять не более 5% от ширины захват агрегата. Необработанные поворотные полосы не допускаются. Допускается внесение удобрений по стерне, не превышающей по высоте 6 см.

Доза внесения удобрения устанавливается согласно нормам внесения, принятым в данном районе или на основании расчетных методов, учитывающих плодородие почвы.

Для оценки равномерности поверхностного распределения минеральных удобрений по ширине захвата и по ходу движения, сбор удобрений осуществляли по схеме представленной на рисунке 3.6.

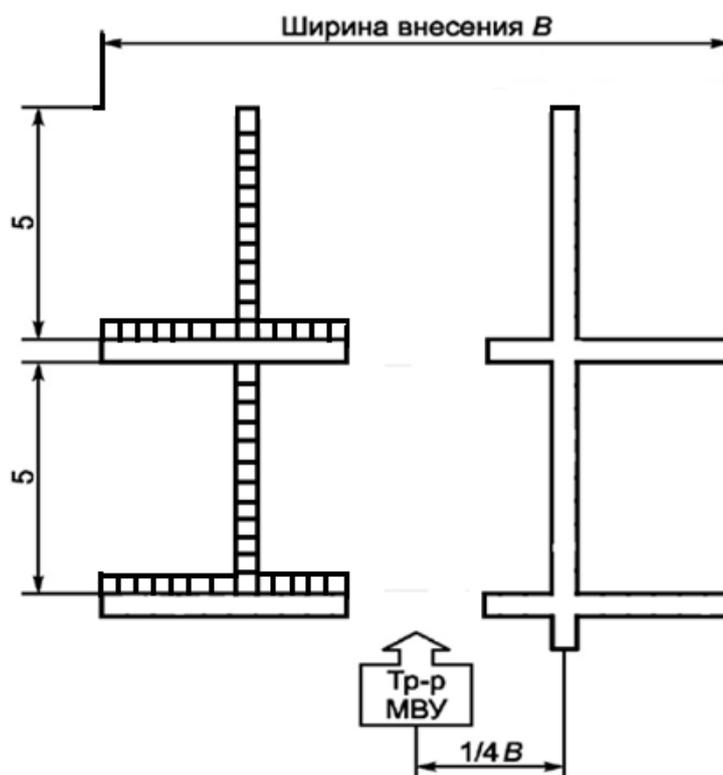


Рисунок 3.6 – Схема размещения обработанной бумаги и контейнеров

Для машин разбросного типа доза внесения удобрений d , в. кг/га вычисляется по формуле:

$$d = \frac{10q'}{L \cdot B}, \quad (3.3)$$

где q' – масса удобрений, собранных за повторность опыта, г;

L – длина противня, с которого собраны удобрения, м;

B – суммарная ширина противней, с которых собраны удобрения, м.

Отклонение фактической дозы внесения удобрений от заданной Δd в %, с округлением до первого десятичного знака вычисляют по формуле:

$$\Delta d = \frac{D_3 - D_{\phi}}{D_3} \cdot 100\%, \quad (3.4)$$

где D_3 – заданная доза внесения удобрений, приведенная к рабочей ширине внесения, кг/га;

D_{ϕ} – фактическая доза внесения удобрений на фактической ширине внесения, кг/га.

За равномерность распределения удобрений по ходу движения машины принимают коэффициент вариации массы удобрений, попавшие на бумагу и в

контейнеры, которые расположены по ходу движения агрегата на длине 10 м. При этом они располагались справа и слева от центральной линии на расстоянии $\frac{1}{4}$ общей ширины внесения удобрений. Повторность опытов была также трехкратная на каждом режиме. Неравномерность распределения удобрений по ходу движения машины определяли аналогично неравномерности внесения по ширине.

Нестабильность дозы внесения удобрений λ , % вычисляли по формуле:

$$\lambda = \frac{D_n - D_k}{D_n} \cdot 100\%, \quad (3.5)$$

где D_n – доза внесения удобрений в начале рабочего хода, кг/га;

D_k – доза внесения удобрений в конце рабочего хода, кг/га.

Нестабильность дозы внесения удобрений определяли по данным, полученным в процессе работы агрегата в начале и конце рабочего хода. Для этого до начала опыта машину устанавливали на заданную дозу внесения удобрений, затем загружали бункер удобрениями до номинальной грузоподъемности. Затем на оптимальной скорости производили внесение удобрений на контрольном проходе до опорожнения емкости. Определяли длину и отмечали колышками начало и конец учетного пути. После прохода агрегата удобрения, взвешивали с погрешностью не более ± 20 мг.

После прохода машины удобрения с каждого контейнера последовательно взвешивают с погрешностью ± 20 мг. Данные записывают и обрабатывают статистическим методом в следующей последовательности:

1. Вычисляют среднее значение массы удобрений в контейнере \bar{g}' по формуле:

$$\bar{g}' = \frac{\sum_{i=1}^{n'} \bar{g}_i}{n'}, \quad (3.6)$$

где \bar{g}_i – средняя масса удобрений в i -м контейнере, г;

n' – число контейнеров;

2. Стандартное отклонение массы удобрений в контейнере σ , г, вычисляют по формуле:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta \bar{g}_i)^2}{n' - 1}}, \quad (3.7)$$

где $\Delta \bar{g}_i$ - отклонение массы удобрений в i -м контейнере от среднего значения, г.

3. Неравномерность распределения удобрений H_y (коэффициент вариации v_y), %, вычисляют по формуле:

$$H_y(v_y) = \frac{\sigma}{g'} \cdot 10^2$$

Замеры проводили в трехкратной повторности. Данные результаты обрабатывали в специально разработанной программе СОНВУПИ (Приложение А).

3.5 Методика исследования схемы загрузки, транспортировки и внесения минеральных удобрений

Процесс доставки и внесения минеральных удобрений навесной самогружающейся машиной (приложение).

На рисунке 3.7 представлены основные элементы технологической схемы использования самогружающейся машины для внесения твердых минеральных удобрений.

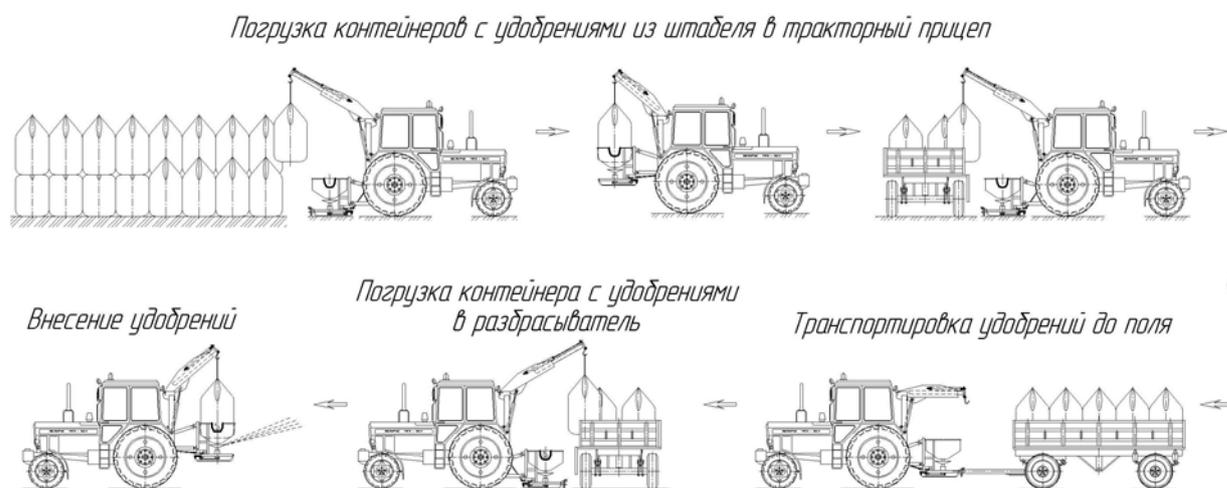


Рисунок 3.7 – Технологическая схема внесения минеральных удобрений

Операции процесса следующие:

1 Загрузка мягких контейнеров в транспортное средство.

1.1 В бункере машины для внесения удобрений снимается нож.

1.2 Трактор подъезжает к штабелю мягких контейнеров, бункер машины для внесения удобрений опускается до опоры на грунт.

1.3 Устанавливается необходимый вылет и высота стрелы подъемника для строповки мягкого контейнера за грузовые петли. Мягкий контейнер поднимается и перемещается в бункер машины для внесения удобрений. После опускания контейнера ослабляется натяжение строповочных элементов, и разбрасыватель переводится в транспортное положение.

2 Подвоз мягких контейнеров и установка их на платформу тракторного прицепа.

2.1 Трактор подъезжает к прицепу.

2.2 За счет перемещения элементов стрелы подъемника мягкий контейнер приподнимается и переносится на свободное место кузова тракторного прицепа.

Эти операции повторяются до полной загрузки кузова.

3 Агрегатирование трактора с загруженным прицепом и транспортировка его до поля.

4 Расцепка трактора и прицепа, перевод машины для внесения удобрений в рабочее положение.

4.1 Установка ножа бункера машины для внесения удобрений в рабочее положение и подъезд трактора к прицепу.

4.2 Строповка, установка мягкого контейнера с помощью подъемника в бункер машины для внесения удобрений на нож. При этом перемещением стрелы подъемника вниз ослабляется натяжение строповочных элементов.

4.3 Подъезд трактора к деланке, включение ВОМ трактора для привода центробежного диска машины для внесения удобрений и начало внесения минеральных удобрений.

4.4 После опорожнения мягкого контейнера от удобрений ВОМ трактора отключается, и трактор переезжает к прицепу за очередным мягким контейнером.

Операции п. 4.2 – 4.4 повторяются.

При наличии в хозяйстве в месте хранения мягких контейнеров специальных грузоподъемных устройств загрузка тракторного прицепа удобрениями выполняется с их помощью [11].

Целью исследований, является, определение затрат времени на погрузку мягких контейнеров «Биг-Бэг» с удобрениями из штабеля, и из тракторного прицепа; на транспортировку удобрений на поле; на внесение удобрений, а также изучения, обобщения и распространения рациональных методов и приемов работы передовых рабочих: проверки возможности совмещений и синхронизации работ и в цепях полной загрузки агрегатов, оборудования и рабочих-операторов.

Полное время затрачиваемое на выполнение процесса определялось на основе хронометража при котором проводились замеры времени для изучения содержания операций, последовательности их выполнения и измерения затрат рабочего времени на выполнение отдельных циклически повторяющихся основных и вспомогательных элементов операций в соответствии с ГОСТ Р 52778-2007 [22].

Хронометражное исследование проводилось специалистами, обладающими опытом работы с контрольно-измерительными приборами и знакомы с технологией внесения удобрений. После ознакомления с операциями, которые подлежали хронометрированию, изучалась их структура и методы выполнения. Затем операции расчленялись на элементы для определения технологической последовательности выполнения каждого элемента и возможности устранения лишних приемов или ненужных элементов.

Процесс хронометража состоял из нескольких этапов. При подготовке к хронометражному наблюдению обосновывали выбор рабочего места по структуре операций и их соответствию оборудованию, условиям работы и квалификации рабочего: делении операции на составляющие элементы – погрузка, перемещение, перевозка и внесение; установлении важнейших факторов, влияющих на продолжительность каждого элемента и необходимое число замеров. Этот этап заканчивался внесением в хронометражно-наблюдательный лист перечисленной информации и элементов изучаемой операции в их рациональной

технологической последовательности с установлением фиксированных точек. Хронометражное наблюдение, измерение и фиксацию продолжительности каждого нормируемого элемента операции. Далее производилась обработка и анализ результатов наблюдения при хронометраже.

Выводы по 3 главе

Предложенные программа и методики экспериментальных исследований основаны на современных методиках проведения экспериментов в области технологических процессов машин для внесения минеральных удобрений. В экспериментальных исследованиях применяется как стандартное, так и специально изготовленное оборудование, которое позволило провести следующие исследования: исследования прочности гранул различного размера, исследования равномерности и дозы внесения удобрений в зависимости от параметров ворошителя, исследования параметров ножа для растаривания и исследования эффективности технологий транспортировки, погрузки и внесения удобрений.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Результаты исследования влияния гранулометрических характеристик удобрений на их прочностные свойства

Исследование физико-механических свойств удобрений проводили в следующем порядке: в начале определяли гранулометрический состав, а затем полученные фракции подвергались испытаниям на прочность.

Достоверность исследования оценивали по результатам статистической обработки на уровне доверительной вероятности 0,95. Данные, приведенные в приложении, представляют собой окончательные результаты обработки.

По полученным данным были построены зависимости усилий разрушения от размеров гранул (рисунок 4.1).

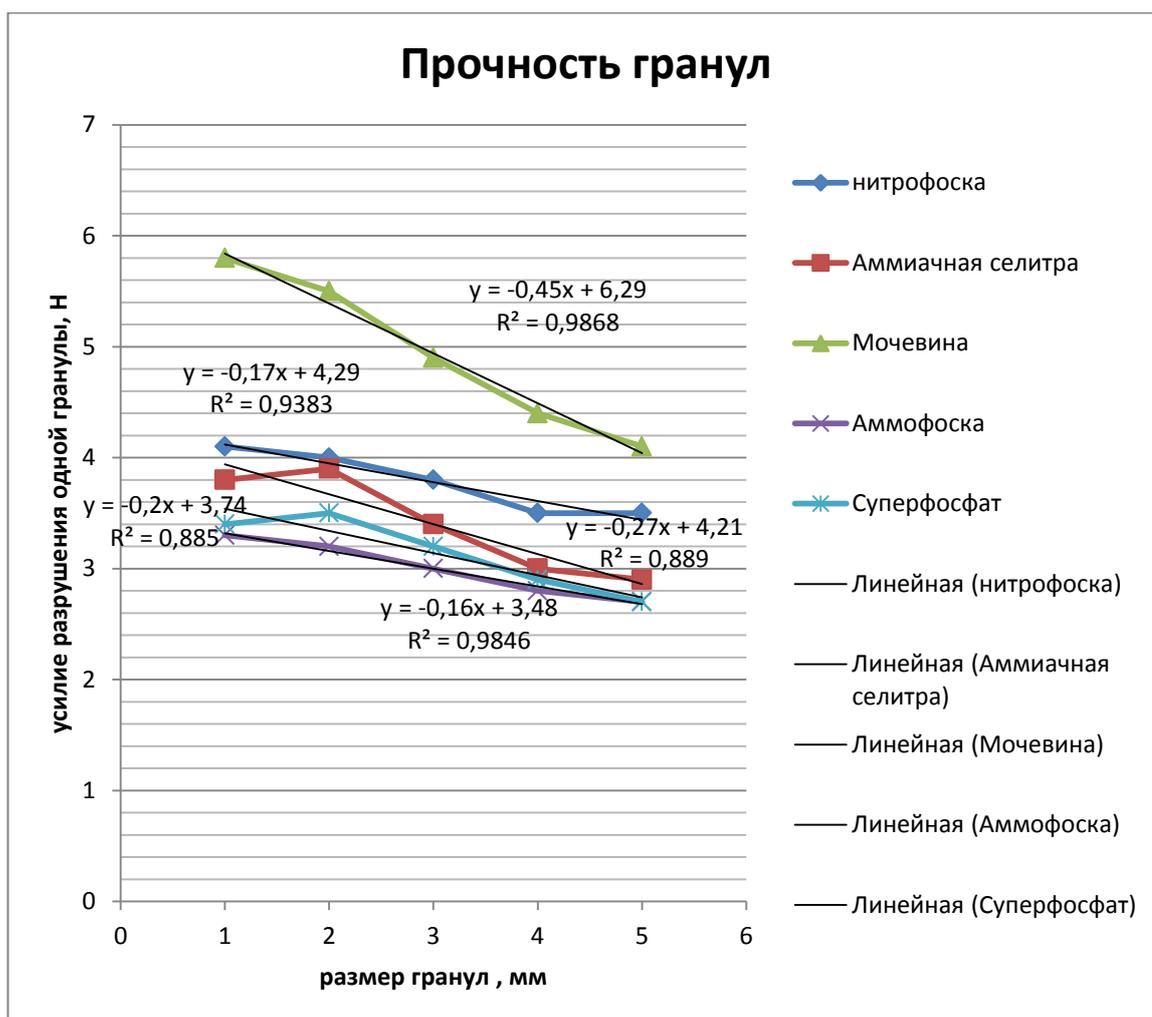


Рисунок 4.1– График зависимости усилий разрушения от размеров гранул

Для мочевины уравнение регрессии прочности от размера гранул выглядит следующим образом:

$$y = - 0,45x + 6,29, \quad (4.1)$$

где y – усилие разрушения одной гранулы, Н;

x – размер гранул, мм.

Адекватность полученной модели характеризуется коэффициентом детерминации $R^2=0,9868$.

Для нитрофоски уравнение регрессии прочности от размера гранул выглядит следующим образом:

$$y = - 0,17x + 4,29, \quad (4.2)$$

где y – усилие разрушения одной гранулы, Н;

x – размер гранул, мм.

Адекватность полученной модели характеризуется коэффициентом детерминации $R^2=0,9383$.

Для аммиачной селитры уравнение регрессии прочности от размера гранул выглядит следующим образом:

$$y = - 0,27x + 4,21, \quad (4.3)$$

где y – усилие разрушения одной гранулы, Н;

x – размер гранул, мм.

Адекватность полученной модели характеризуется коэффициентом детерминации $R^2=0,889$.

Для суперфосфата уравнение регрессии прочности от размера гранул выглядит следующим образом:

$$y = - 0,2x + 3,74, \quad (4.4)$$

где y – усилие разрушения одной гранулы, Н;

x – размер гранул, мм.

Адекватность полученной модели характеризуется коэффициентом детерминации $R^2=0,885$.

Для аммофоски уравнение регрессии прочности от размера гранул выглядит следующим образом:

$$y = -0,16x + 3,48, \quad (4.5)$$

где y – усилие разрушения одной гранулы, Н;

x – размер гранул, мм.

Адекватность полученной модели характеризуется коэффициентом детерминации $R^2=0,9846$.

Анализ полученных моделей показал, что прочность гранул зависит от их размера, чем меньше размер, тем выше усилие разрушения. Наиболее подвержены разрушению гранулы размером более 4 мм, при этом их удельный вес в общей массе не превышает 5 % для различных видов удобрений (рисунок 4.2).

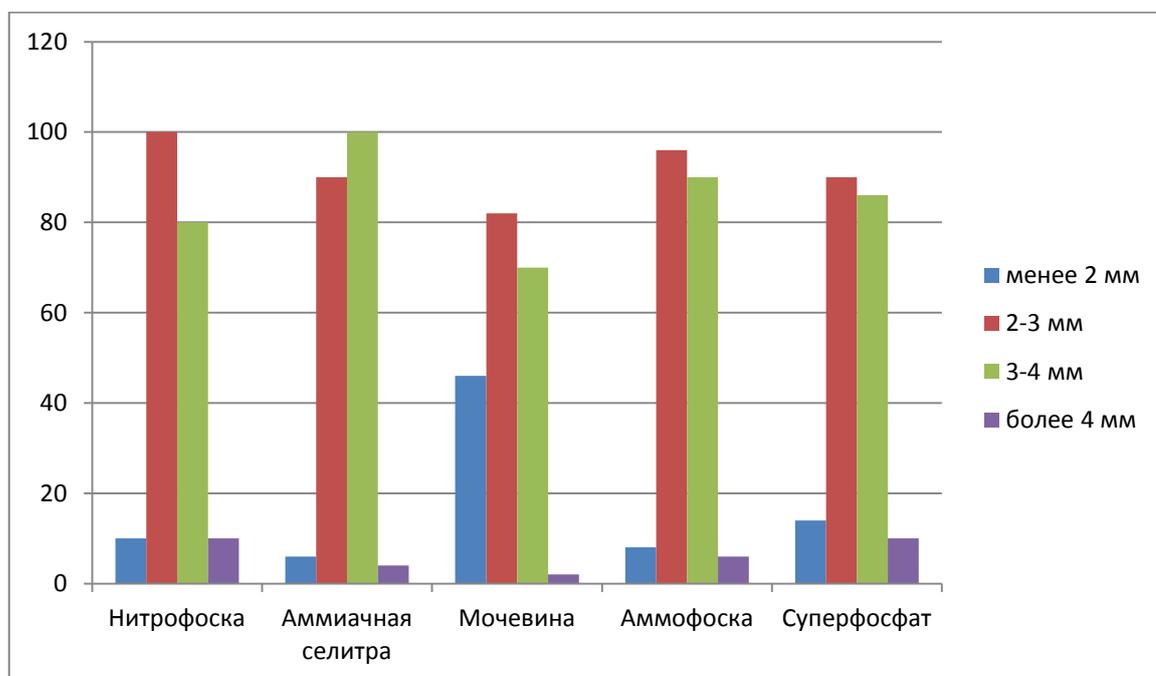


Рисунок 4.2– Диаграмма распределения размеров гранул

4.2 Результаты экспериментальных исследований эффективности работы подающих устройств

Исследование эффективности подающего устройства проводили в КФХ «Зорька». В ходе эксперимента исследовалось влияние углов установки

лопасти ворошителя на изменение производительности подающего устройства (рисунок 4.3).



Рисунок 4.3 –Ворошители с разными углами подъема и поворота лопасти

В качестве удобрений использовалась аммиачная селитра. Для обеспечения достоверных результатов, эксперимент проводили в трехкратной повторности для средней дозы внесения удобрений в течение промежутка времени 30с для включения и выключения подачи применялось специальное устройство, смонтированное на разбрасывателе. Полученные результаты переводили в дозу внесения, исходя из производительности машины для внесения удобрений 8,02 га/ч. Полученные данные обрабатывались методом математической статистики Statistica v8. В результате получено уравнение регрессии, которое характеризуется коэффициентом детерминации $R^2=0,881$ и коэффициентом корреляции $R =0,939$, что показывает высокую достоверность соответствия полученных данных уравнениям регрессии.

$$\text{Var1} = - 290+51,6667 \cdot x+14,6667 \cdot y-1,4 \cdot x^2+0,4 \cdot x \cdot y-1,2 \cdot y^2, \quad (4.6)$$

где Var1- доза внесения кг/га,

x –угол подъема лопасти ворошителя, град;

y –угол поворота лопасти ворошителя, град.

Наибольшую значимость на дозу внесения оказывает угол подъема лопасти ворошителя. На основании представленного уравнения регрессии был построен график зависимости дозы внесения от углов подъема и поворота лопасти ворошителя (рисунок 4.4).

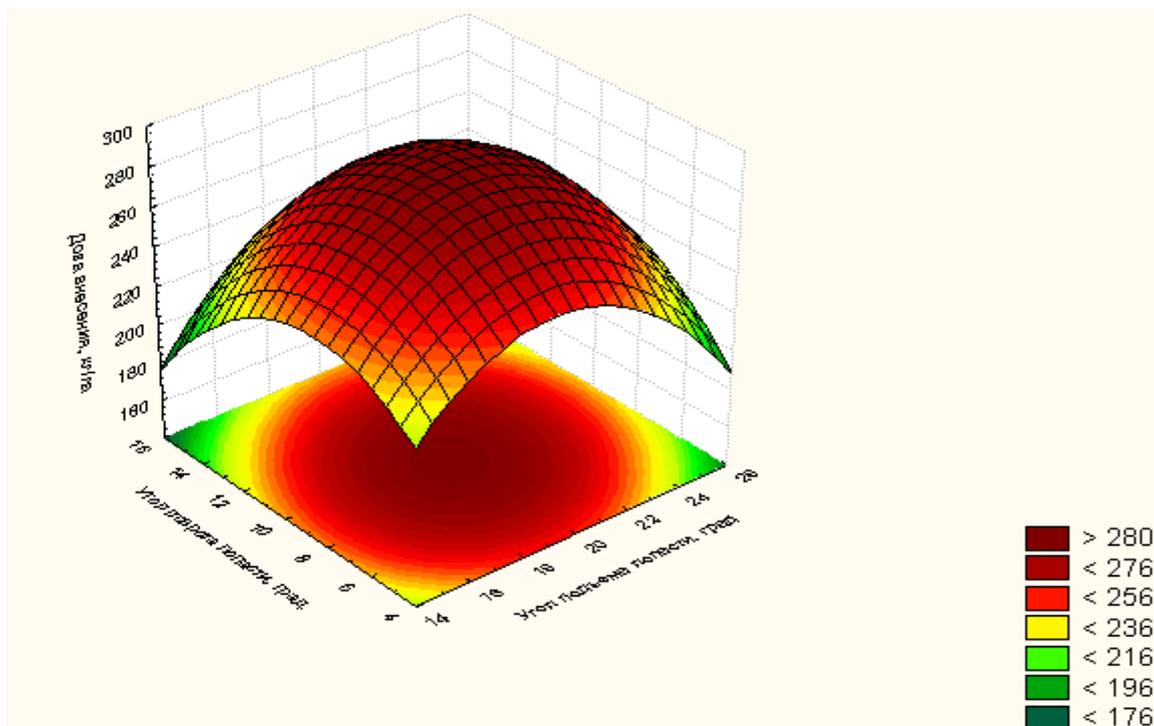


Рисунок 4.4 – График зависимости дозы внесения от углов подъема и поворота лопасти ворошителя

Анализ зависимости дозы внесения удобрений от конструктивных параметров лопасти ворошителя, показывает, что рациональным значением является угол поворота лопасти 10 град, а угол подъема лопасти 20 град, что соответствует дозе внесения около 290 кг/га.

Измельчение гранул удобрений при воздействии усовершенствованного ворошителя оценивалось параллельно с исследованием влияния углов ворошителя на дозу внесения. В процессе исследований из партии удобрений бралась навеска массой 200г, которая помещалась в рассев. Полученные фракции удобрений взвешивались на весах ВЛТК-500 с точностью 20мг. Также на основании размером применяемых решет определяли средний размер фракции. Полученные данные обрабатывались методом математической статистики

Statistica v8. В результате получено уравнение регрессии, которое характеризуется коэффициентом детерминации $R^2=0,961$ и коэффициентом корреляции $R=0,980$, что показывает высокую достоверность соответствия полученных данных уравнениям регрессии.

$$\text{Var2} = 0,0111 + 0,4333 \cdot x - 0,19 \cdot y - 0,0107 \cdot x^2 + 0,004 \cdot x \cdot y + 0,0073 \cdot y^2, \quad (4.7)$$

где Var2- измельчение гранул, %,

x –угол подъема лопасти ворошителя, град;

y –угол поворота лопасти ворошителя, град.

В результате статистического анализа было выявлено, что наиболее значимым фактором, влияющий на измельчение в эксперименте, является угол подъема лопасти, хотя на графике можно увидеть, что дальнейшее увеличение угла поворота лопасти может существенно увеличить измельчение гранул.

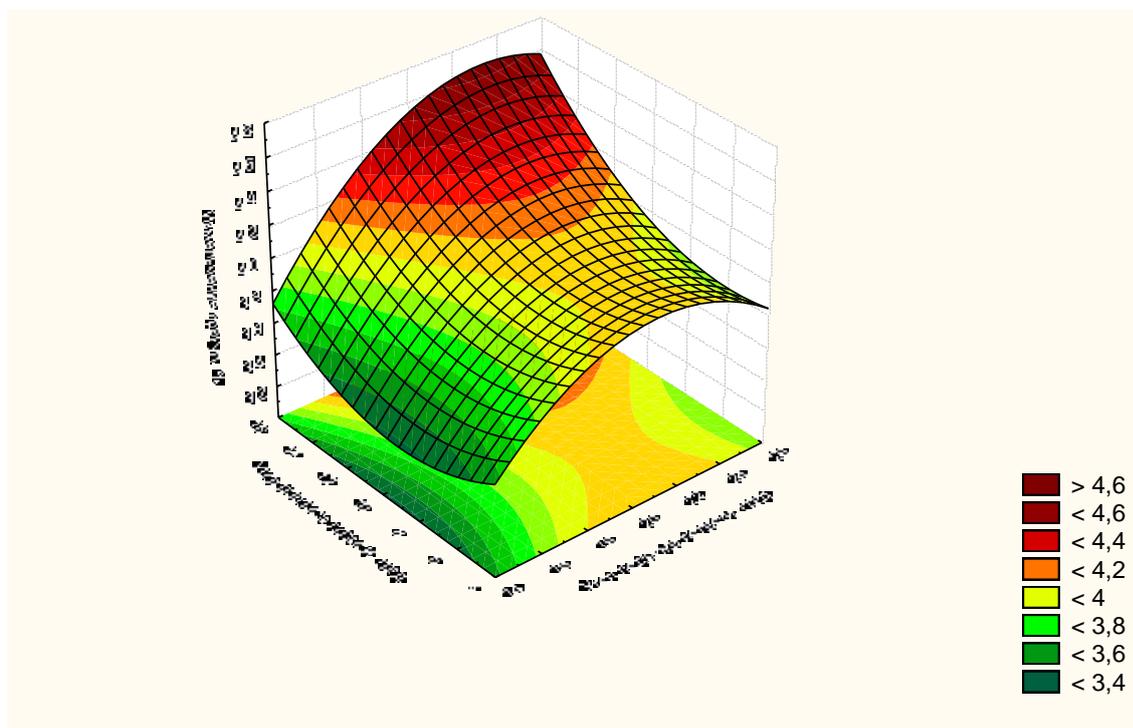


Рисунок 4.5 – График зависимости измельчения гранул удобрений от углов подъема и поворота лопасти ворошителя

Анализ графика показал, что зона рациональных параметров ворошителя совпадает с ранее установленными параметрами в предыдущем эксперименте. По итогам лабораторных исследований установлены рациональные параметры

ворошителя: угол поворота лопасти 10 град, а угол подъема лопасти 20 град, что соответствует дозе внесения около 290 кг/га и измельчения гранул удобрений 4,02 %.

4.3 Результаты исследований процесса растаривания мягких контейнеров удобрений типа «Биг-Бэг»

Лабораторное исследование по установлению зависимости работы резания от угла при вершине пирамидального ножа и натяжения мягкого контейнера типа «Биг-Бэг» на кафедре «ОТП и БЖД».

Общий вид лабораторной установки представлен на рисунке 4.6



1 – станина; 2 – пирамидальный нож; 3 – полотно мягкого контейнера типа «Биг-Бэг»; 4 – оправка; 5 – весы; 6 – ящик с песком.

Рисунок 4.6– Общий вид лабораторной установки

На оправку с помощью регулируемого металлического хомута крепилось полотно мягкого контейнера типа «Биг-Бэг» с необходимым прогибом материала. Затем на станину устанавливался нож, сверху устанавливалась оправка, поверх оправки устанавливался ящик, к которой постепенно насыпался песок. После полного прорезания полотна на оправке, массу песка завешивали на

лабораторных весах марки «Нева» с точностью до 5 гр. Вид разрезанного полотна мягкого контейнера типа «Биг-Бэг» представлен на рисунке 4.7.



Рисунок 4.7 – Вид разрезанного полотна мягкого контейнера типа «Биг-Бэг»

Обработка полученных опытных данных позволило получить уравнение регрессии, адекватность которого подтверждена коэффициентом детерминации $R^2=99,3$ и коэффициентом корреляции $R =0,996$.

$$\text{VarЗ}=6,2786-0,3264\cdot x+0,0977\cdot y+0,0107\cdot x^2-3,3333x-6\cdot x\cdot y-0,0003\cdot y^2, \quad (4.8)$$

где VarЗ - работа резания Дж,

x - угол при вершине ножа, град;

y - прогиб полотна мягкого контейнера, мм.

Анализ значимости коэффициентов уравнения регрессии показал, что наиболее значимы фактором будет угол при вершине ножа, а влияние прогиба полотна мягкого контейнера типа «Биг-Бэг» значительно меньше.

На основании уравнения регрессии был построен график зависимости работы резания от прогиба полотна мягкого контейнера типа «Биг-Бэг» и угла при вершине ножа (рисунок 4.8).

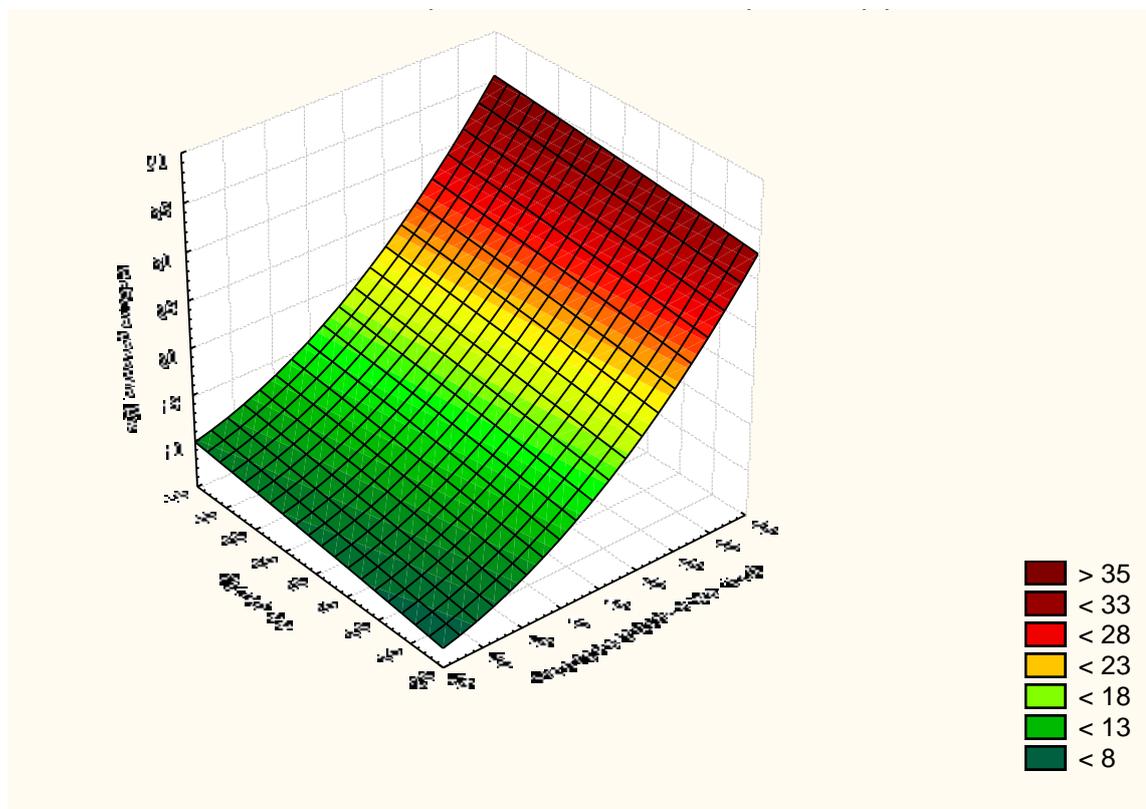


Рисунок 4.8 – График зависимости работы резания от прогиба полотна мягкого контейнера типа «Биг-Бэг» и угла при вершине ножа.

Анализ зависимости показал, что с увеличением угла при вершине более 40 град интенсивно возрастает работа резания. С другой стороны уменьшение угла при вершине увеличивает высоту ножа, что может создавать проблемы при работе подъемника. Исходя из вышесказанного рациональным значение угла при вершине ножа принимаем 40 град.

4.4 Результаты полевых исследований машины для внесения минеральных удобрений

Полевые исследования эффективности работы машины для внесения удобрений с различными ворошителями проводились в КФХ «Зорька».

Эффективность работы машины для внесения удобрений оценивали по неравномерности внесения удобрений. Испытания проводились в установившемся рабочем режиме на скорости 6,8 км/ч, что соответствует 3 передаче трактора Беларус 1025.2 (рисунок 4.9).



Рисунок 4.9 – Полевые испытания внесения удобрений.

После прохода агрегата для внесения удобрений бумагу с прилипшими удобрениями фотографировали с помощью камеры марки NIKON 3100, на всем участке проводимого эксперимента (рисунок 4.10).



Рисунок 4.10 – Общий вид обработанного пластичной смазкой бумаги для исследования распределения удобрений

Для сравнения предложенной методики с методикой, рассматриваемой в ГОСТ 28714-2007, нами было проведено исследование по сбору гранул удобрений на бумагу и в контейнеры (рисунок 4.11). Удобрения, собранные в контейнеры, взвешивались с погрешностью не более ± 20 мг, а результаты обрабатывались согласно рассматриваемой в ГОСТ 28714-2007 методики [21]. Для обработки удобрений собранных на бумагу применялась методика, предложенная в разделе 3.4. Сравнительный анализ методик показал совпадение результатов с точностью 97,6%. Следует отметить, что в среднем значения массы собранных удобрений на липкую бумагу оказались выше. Потери гранул удобрений обусловлены, тем, что удобрения не всегда попадали в контейнеры, а просто отскакивали от дна и стенок.



а



б

Рисунок 4.11 – Сбор удобрений на липкую бумагу (а) и в контейнеры (б).

В качестве удобрения использовалась аммиачная селитра. Доза внесения составляла около 52 кг/га, что соответствует средней дозе внесения при подкормке.



Рисунок 4.12 – Проведение сравнительных исследований методик оценки неравномерности

Полученные в ходе лабораторных исследований рациональные параметры ворошителя – угол подъема лопасти 20 град, угол поворота лопасти 10 град, проверялись в полевых условиях (рисунок 9), в ходе которых было установлено, что неравномерность внесения удобрений на рабочей ширине захвата составила 23,4 %, а по ходу движения агрегата – 9,8 %; нестабильность внесения дозы удобрений получена 4,2%. Полевая проверка работы ворошителя машины для внесения удобрений с рациональными параметрами показала высокое качество работы и при других дозах внесения (рисунок 4.12).

4.5 Результаты исследования схемы доставки и внесения минеральных удобрений

Хронометражное исследование процесса доставки и внесения минеральных удобрений, путем замера, проводили в колхозе «Шелковской». В ходе

эксперимента исследовались затраты времени на погрузку мягких контейнеров «Биг-Бэг» с удобрениями из штабеля в прицеп (рисунок 4.13), и из тракторного прицепа (рисунок 4.14); на транспортировку удобрений на поле; на внесение удобрений, а также изучение, обобщение и распространение рациональных методов и приемов работы передовых рабочих: проверки возможности совмещений и синхронизации работ и в цепях полной загрузки агрегатов, оборудования и рабочих-операторов.



Рисунок 4.13 – Погрузка мягких контейнеров типа «Биг-Бэг» в прицеп



Рисунок 4.14 – Загрузка удобрений СЗМВУ-0,5 в полевых условиях

В ходе хронометражного исследования были выделены 4 основные операции, которые разделили на составляющие элементы: погрузка, перемещение, перевозка и внесение.

Далее установили важнейшие факторы, влияющие на продолжительность каждого элемента и необходимое число замеров. Полученные результаты вносили в хронометражно-наблюдательный лист, а также перечисленную информацию и элементы изучаемых операций в их рациональной технологической последовательности с установлением фиксажных точек.

Во время исследования осуществлялся хронометраж и визуальный контроль процесса внесения минеральных удобрений, а также была проведена обработка и анализ результатов наблюдения при хронометраже. Результаты представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты хронометражного исследования процесса внесения минеральных удобрений

№	Наименование операции	Показатели	Показатели		
			Из штабеля в поле	Из тракторного прицепа	Из ангара
1	Загрузка контейнера	Время затрачиваемое на подъезд и опускание машины для внесения удобрений	20 секунд	20 секунд	20 секунд
		Время затрачиваемое на захват контейнера	10 секунд	10 секунд	10 секунд
		Время затрачиваемое на поднятие и перемещение в бункер машины для внесения удобрений	15 секунд	15 секунд	15 секунд
2	Подвоз контейнера к тракторному прицепу и его установка	Время затрачиваемое на подъезд к прицепу	-	32 секунды	-
		Время затрачиваемое на установку контейнера в кузов прицепа	-	25 секунд	-

3	Загрузка контейнера из штабеля в поле в разбрасыватель и его установка	Время затрачиваемое на подъезд и опускание машины для внесения удобрений	45 секунд	-	-
		Время затрачиваемое на захват контейнера	10 секунд	-	-
		Время затрачиваемое на поднятие и перемещение в бункер машины для внесения удобрений	15 секунд	-	-
4	Загрузка контейнера из тракторного прицепа	Время затрачиваемое на подъезд и опускание машины для внесения удобрений	-	45 секунд	-
		Время затрачиваемое на захват контейнера	-	10 секунд	-
		Время затрачиваемое на поднятие и перемещение в бункер машины для внесения удобрений	-	15 секунд	-
5	Транспортировка до поля и по полю	Время затрачиваемое на переезд за очередным мягким контейнером	5 минут	3 минуты	20 минут
6	Внесение удобрений	Время затрачиваемое на внесение удобрений	22 минуты	22 минуты	22 минуты
7	Итого		28 минут 55 секунд	27 минут 32 секунды	42 минут 45 секунд

Анализ полученных результатов показал, что наиболее эффективной будет технология организации работ с применением прицепа, которая сокращает время погрузочно-транспортных работ, особенно при удалении поля от склада удобрений. Удобрения вносятся СЗМВУ-0,5 (рисунок 4.15) емкостью бункера 1000 л, шириной захвата 17 м. Рабочая скорость 7 км/ч, средняя транспортная скорость 10 км/ч. Удобрения в контейнерах «Биг-Бэг» по 0,85 т.

Производительность агрегата в поле, не считая загрузок, будет примерно 8,02 га/час. Один контейнер будет выработываться за 22 минуты. Загрузка займет максимум 5 минут. Таким образом, один цикл с учетом непроизводительных потерь времени составляет 29 минут. За 8 часовую смену это составит 4 полных оборотных цикла, или около 32,08 га [11].



Рисунок 4.15 – Качество работы СЗМВУ-0,5 в полевых условиях

Полевые исследования проводились также в колхозе «Шелковской». При проведении испытаний машина агрегатировалась с трактором МТЗ -82. Влажность удобрений составила 1,2 %. Гранулометрический состав удобрений был:

- размером менее 1 мм – 2,5 %;
- от 1 до 4 мм – 94,8 %;
- от 4 до 6 мм – 2,7 %;
- свыше 6 мм – 0 %.

В процессе испытаний была проведена фотофиксация результатов работы экспериментальной самозагружающейся машины для внесения минеральных удобрений (рисунок 4.16).



Рисунок 4.16 – Самозагружающаяся машина для внесения удобрений СЗМВУ-0,5

Машина для внесения минеральных удобрений качественно выполняет технологический процесс при поверхностном внесении удобрений (доза внесения составила 290 кг/га; отклонение фактической дозы внесения от заданной получено 2,8 %; неравномерность внесения удобрений на рабочей ширине захвата составила 23,4 %, а по ходу движения агрегата – 9,8 %; рабочая ширина захвата – 17 м, а общая – 22,5 м; нестабильность внесения дозы удобрений получена 4,2 %). Все полученные показатели отвечают проектным требованиям [8,9,57] .

На поверхностном внесении удобрений производительность за час основного времени составила 12,71 га. Удельный расход топлива за время сменной работы 0,50 кг/га. Производительность за час сменного времени составляет 8,02 га. Машина хорошо вписывается в технологию возделывания сельскохозяйственных культур. При использовании самозагружающейся машины для внесения минеральных удобрений отпадает необходимость привлечения машин для транспортировки и загрузки минеральных удобрений. Это позволяет снизить начальный объем бункера, его высоту и массу, и, как следствие, использовать для агрегатирования трактора меньшего тягового класса.

Выводы по 4 главе

1. Анализ полученных моделей показал, что прочность гранул зависит от их размера, чем меньше размер, тем выше усилие разрушения. Наиболее подвержены разрушению гранулы размером более 4 мм, при этом их удельный вес в общей массе не превышает 5 % для различных видов удобрений.

2. Лабораторными исследованиями установлено, что рациональным значением угла поворота 10 град и подъема на 20 град, что соответствует максимальной дозе внесения и незначительному измельчению гранул 4,02%. Наиболее значимым фактором является угол поворота лопасти ворошителя. Это обусловлено тем, что при вращении ворошителя в зоне высевающих щелей снижается динамическое давление. Полевая проверка работы ворошителя машины для внесения удобрений с рациональными параметрами показала высокое качество работы и при различных дозах внесения. Таким образом, по результатам лабораторно-полевых исследований установлены рациональные параметры ворошителя – угол подъема лопасти 20 град, угол поворота лопасти 10 град. Неравномерность внесения удобрений на рабочей ширине захвата составила 23,4 %, а по ходу движения агрегата – 9,8 %.

3. Анализ зависимости показал, что с увеличением угла при вершине более 40 град интенсивно возрастает работа резания. С другой стороны уменьшение угла при вершине увеличивает высоту ножа, что может создавать проблемы при работе подъемника. Установлено, что процесс резания оболочки мягкого контейнера Биг-Бэг зависит от первоначального прогиба мягкой оболочки в зоне резания и угла резания. Рациональное значение угла установки лезвий при вершине 40 град.

4. Анализ полученных результатов показал, что наиболее эффективной будет технология организации работ с применением самозагружающейся машины для внесения удобрений и прицепа, которая сокращает время погрузочно-транспортных работ, особенно при удалении поля от склада удобрений. Удобрения вносятся СЗМВУ-0,5 с емкостью бункера 1000 л, шириной захвата 17 м. Рабочая скорость 7 км/ч, средняя транспортная скорость 10 км/ч. Удобрения в

контейнерах «Биг-Бэг» по 0,85 т. Производительность агрегата в поле, не считая загрузок, будет примерно 8,02 га/ час. Один контейнер будет выработываться за 22 минуты. Загрузка займет максимум 5 минут. Таким образом, один цикл с учетом непроизводительных потерь времени составляет 29 минут. За 8 часовую смену это составит 4 полных оборотных цикла, или около 32,08 га.

5. В хозяйственных испытаниях при поверхностном внесении удобрений производительность за час основного времени составила 12,71 га. Удельный расход топлива за время сменной работы 0,50 кг/га. Производительность за час сменного времени составляет 8,02 га (доза внесения составила 290 кг/га; отклонение фактической дозы внесения от заданной получено 2,8 %; неравномерность внесения удобрений на рабочей ширине захвата составила 23,4 %, а по ходу движения агрегата – 9,8 %; рабочая ширина захвата – 17 м, а общая – 22,5 м; нестабильность внесения дозы удобрений получена 4,2 %). Машина хорошо вписывается в технологию возделывания сельскохозяйственных культур. При использовании самозагружающейся машины для внесения удобрений минеральных удобрений отпадает необходимость привлечения машин для транспортировки и загрузки минеральных удобрений. Это позволяет снизить начальный объем бункера, его высоту и массу, и, как следствие, снизить затраты.

5. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ВНЕДРЕНИЯ САМОЗАГРУЖАЮЩЕЙСЯ МАШИНЫ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

5.1 Экономический эффект самозагружающейся машины для внесения минеральных удобрений

Для определения экономического эффекта предлагаемой самозагружающейся машины для внесения минеральных удобрений, были использованы рекомендуемые методы экономической оценки ГОСТ 53056-08 [20]. Для расчета технико-экономических показателей использовались нормативные и литературные источники [22, 43,47,79].

Критерием экономической эффективности машины является экономический эффект, суммарно определяемый разностью по сравниваемым вариантам машин приведенных затрат на выполнение объема работ, количества и качества сельскохозяйственной продукции, трудовых ресурсов, от улучшения технических параметров и социальных факторов.

За базу для сравнения нами принимались стандартные показатели машины МВУ-0,5 [45]. Исходными данными для расчета были результаты работы машин при внесении минеральных удобрений и нормативные данные (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Исходные данные для расчета экономической эффективности машин

№ п/п	Показатели	МВУ-0,5	СЗМВУ-0,5
1	2	3	4
1	Масса агрегата (установки), кг	300	590
2	Масса удобрений, кг	425	850
3	Время затрачиваемое на выполнение одного цикла (3,4 т удобрений), мин	152	128

4	Производительность, га/ч – основного времени – сменного времени	8,89 5,6	12,72 8,02
5	Количество обслуживающего персонала, чел	3	2
6	Количество техники, ед	3	1
7	Средняя скорость трактора при выполнении транспортного процесса, км/ч	8,0	6,8
8	Часовая ставка механизатора, руб/ч	88,44	88,44

1. Определяем производительность, по формуле:

$$W_{\text{ч}} = 0.1 \cdot B_p \cdot v_p \cdot \tau, \quad (5.1)$$

где B_p – рабочая ширина захвата, м;

v_p – рабочая скорость агрегата, км/ч;

τ – коэффициент использования времени смены.

2. Общие затраты

2.1 Затраты труда на единицу выполненной работы за 1 час эксплуатационного времени определим по формуле:

$$z_{mp} = \frac{n_m + n_{всп}}{W_{\text{ч}}}, \quad (5.2)$$

где n_m – количество механизаторов, обслуживающих агрегат, чел.

$n_{всп}$ – количество вспомогательных рабочих, обслуживающих агрегат, чел.

$W_{\text{ч}}$ – часовая производительность агрегата, га/ч.

Снижение затрат труда:

$$z_p = \frac{z_{mp}^{\delta} - z_{mp}^m}{z_{mp}^{\delta}}, \quad (5.3)$$

2.2 Затраты на оплату труда обслуживающего персонала z (руб./га) определяются по формуле:

$$z = \frac{1}{W_{\text{ч}}} \cdot \sum Li \cdot \tau_i \cdot K_3, \quad (5.4)$$

где L_i – количество обслуживающего персонала на i -том виде работ, чел.;

τ_i – часовая оплата труда обслуживающего персонала на i -том виде работ, руб./чел.-ч.;

K_3 – коэффициент начислений на зарплату на i -том виде работ: натуроплата, налоговые отчисления в региональный бюджет, начисляемые от уровня часовой оплаты труда с учетом коэффициента сложности на i -том виде работ (в отрасли растениеводства – 1,829);

W_q – производительность агрегата за час сменного времени на i -том виде работ, га/ч.

2.3 Затраты средств на дизтопливо, руб./га, определяют по формуле:

$$\Gamma = g_{\Gamma} \cdot C_{\Gamma} \cdot K_{mc} \quad (5.5)$$

где g_{Γ} – удельный расход топлива, кг/га;

C_{Γ} – цена одного килограмма топлива (берется по данным оптовых районных нефтебаз без учета НДС), руб./кг;

K_{mc} – коэффициент учета стоимости смазочных материалов (отечественной техники и стран СНГ – 1,1).

2.4 Затраты на ремонт и техническое обслуживание в целом по сельскохозяйственной машине R , руб./га, вычисляют по формуле:

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{B_i \cdot H_{mo}}{100 \cdot W_q \cdot T_{zi}}, \quad (5.6)$$

где B_i – балансовая стоимость i -той техники, руб.;

$H_{то}$ – отчисления на ремонт и техническое обслуживание, %;

T_{zi} – годовая зональная фактическая загрузка i -той техники, га.

2.5 Отчисления на амортизацию A , руб./га, в различных организационно-правовых формах хозяйственных субъектов вычисляют с использованием линейного метода по формуле:

$$A = \frac{B_i \cdot a_i}{100 \cdot W_q \cdot T_{zi}}, \quad (5.7)$$

где – a_i - фактический коэффициент отчислений на амортизацию;
 $W_{ч}$ – производительность i -той техники за час эксплуатационного времени, га/ч.

2.6 Экономический эффект от проведения работ на поле в 30 га:

$$\mathcal{E}_Г = (I_{п.б.} + I_{п.м.}) \cdot W_{г.м.}, \quad (5.8)$$

3. Экономические показатели, формирующие основные параметры эффективности:

Как было указано ранее в главе 4, применение самозагружающейся машины для внесения минеральных удобрений снижает неравномерность внесения на 1,6%. По данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии», эффективность внесения твердых и жидких минеральных удобрений зависит от показателя: снижение неравномерности внесения на 1% приводит к прибавке урожайности на тот же 1% [56]. Нами установлено, что от применения самозагружающейся машины, мы получили прибавку урожая на 1,8 %. Определим экономию и экономический эффект с учетом прибавки дополнительной продукции на обрабатываемом поле в 30 га.

3.1 Экономия с учетом дополнительной продукции по новой технике $\mathcal{E}_Г$, руб., определяют по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = \left(I_{п.б.} \cdot \frac{W_{г.м.}}{W_{г.б.}} - I_{п.м.} \right) + C_{д}, \quad (5.9)$$

где $C_{д}$ - стоимость полученной дополнительной продукции при применении самозагружающейся машины для внесения удобрений, руб.

3.2 Стоимость полученной дополнительной продукции $C_{д}$, руб., при применении самозагружающейся машины для внесения удобрений определим по формуле:

$$C_{д} = D + 3_y, \quad (5.10)$$

3.3 Стоимость дополнительной продукции D , руб., получаемой за счет роста урожайности, находим с помощью выражения:

$$D=(\Delta N_y \cdot C_3) \cdot B_3, \quad (5.11)$$

где ΔN_y – разность урожайности, полученной при использовании самозагружающейся машины для внесения удобрений, ц/га;

C_3 – стоимость продукции, руб.

$$\Delta N_y = N_{\text{п}} - N_{\text{б}}, \quad (5.12)$$

где $N_{\text{п}}$ – урожайность при внесении удобрений СЗМВУ-0,5, ц/га;

$N_{\text{б}}$ – урожайность при внесении удобрений МВУ-0,5, ц/га.

3.4 Затраты на уборку дополнительной продукции составляют $Z_d = 181$ руб./га, на весь объем дополнительной продукции Z_y , руб., составляют:

$$Z_y = Z_d \cdot B_3, \quad (5.13)$$

3.5 Экономический эффект с учетом стоимости дополнительной продукции

$$G_{\text{эф}} = \left(P_{\text{з.б.}} \cdot \frac{W_{\text{з.м.}}}{W_{\text{з.б.}}} - P_{\text{з.м.}} \right) + C_d, \quad (5.14)$$

3.6 Приведенные затраты на весь объем работы:

$$П_3 = П_{\text{з.уд.}} \cdot W_{\Gamma}, \quad (5.15)$$

Данные расчета экономической эффективности от применения самозагружающейся машины для внесения удобрений для распределения минеральных удобрений приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2 – Экономический эффект машин минеральных удобрений на сопоставимый объем работ

№ п/п	Показатели	МВУ-0,5	СЗМВУ-0,5
1	2	3	4
1	Капитальные вложения, тыс. рублей	50	165
2	Текущие эксплуатационные затраты, в том числе, руб:	258,8	145,9
	-заработная плата с отчислениями	72,81	32,7
	-затраты на ТО и ТР	31,25	9,8
	-амортизационные	62,12	19,67
	-затраты на ГСМ	92,6	83,7

3	Затраты труда на единицу выполненной работы за 1 час	0,53	0,25
4	Затраты на уборку дополнительного урожая, руб	–	181
6	Выручка от реализации дополнительного урожая, руб	–	473,3
8	Прибыль от реализации дополнительного урожая, руб	–	292,3
9	Экономический эффект, руб.		405,2

Анализ расчетных показателей экономического эффекта, от совершенствования технологического процесса и применения разработанного самозагружающейся машины для внесения минеральных удобрений для обработки поля 30 га, дает экономический эффект от получения дополнительного урожая озимой пшеницы на 1,8 % с 1 га, а также снижение эксплуатационных затрат от процесса внесения удобрений 12156 рублей, что в переводе на 1 га составляет 405,2 рублей.

6. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ САМОЗАГРУЖАЮЩИХСЯ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

В процессе исследований по тематике диссертационной работе, а также при апробации работы были предложены перспективные конструктивно-технологические решения машин для внесения минеральных удобрений [84,86, 88,89,90,91]. По некоторым разработкам исследования ведутся в настоящее время. Нами проведен краткий анализ перспективных конструктивно-технологические решений машин для внесения минеральных удобрений, и предпринята попытка сравнения полученных результатов с общими тенденциями развития техники.

Развитие технологий внесения минеральных удобрений приводит к увеличению типов машин и оборудования, создаваемых для различных хозяйств и условий эксплуатации сельскохозяйственной техники. Несмотря на применение большегрузных машин для внесения минеральных удобрений, имеющих несомненные преимущества не выгодно использовать на мелкоразмерных полях. С целью повышения эффективности внесения удобрений нами разработаны конструктивно-технологические схемы самозагружающихся машин и предложены варианты их применения.

Однако, изучив существующие самозагружающиеся машины для внесения удобрений можно заметить, что при организации работы навесные и полунавесные машины для внесения удобрений, несмотря на преимущества, имеют небольшой объем бункера. Рассматриваемое схемно-конструктивное решение направлено на повышение производительности за счет механизации процесса разгрузки минеральных удобрений из мягких контейнеров в бункер-питатель [4,7].

Самозагружающаяся машина для внесения минеральных удобрений (рисунок 6.1) содержит бункер-питатель 2, разбрасывающее устройство 3 и грузоподъемное приспособление 1, закрепленное на несущих элементах трактора.[81]

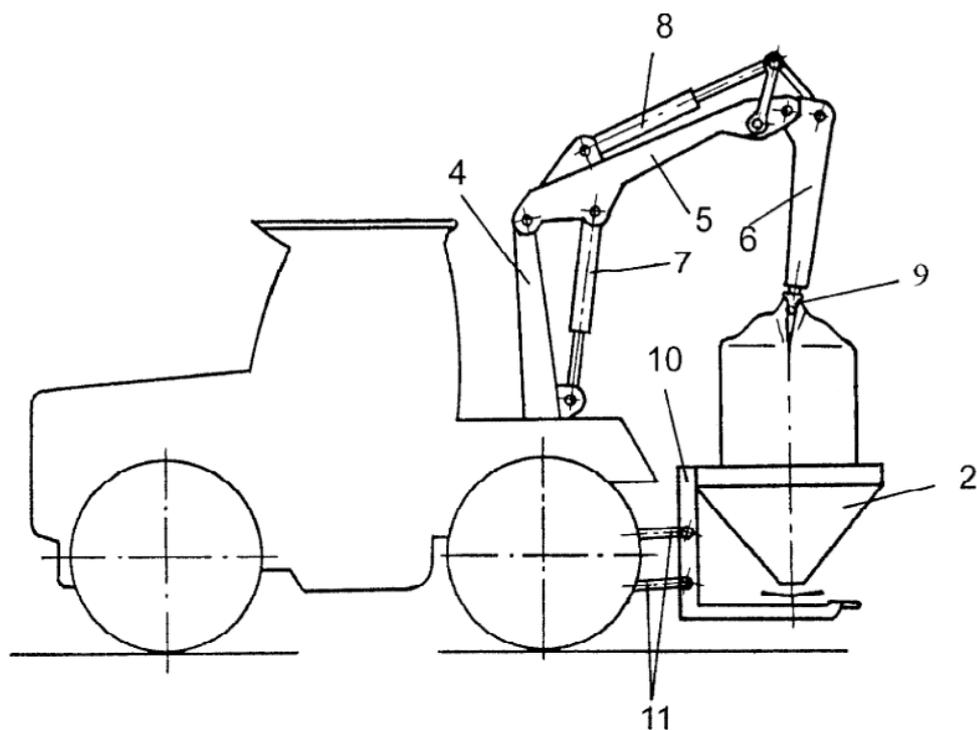


Рисунок 6.1 – Самозагружающаяся машина для внесения минеральных удобрений

При работе машин для внесения удобрений с мягкими контейнерами наблюдается недостаточно устойчивый процесс подачи минеральных удобрений из бункера-питателя на разбрасывающие центробежные диски, поскольку минеральные удобрения склонны к сводообразованию, сгруживанию и зависанию. При этом минеральные удобрения некоторых видов, в том числе и смеси их компонентов образуют комки и агломераты, что, в свою очередь, обуславливает нестабильность процесса подачи удобрений из бункера-питателя на центробежные диски машины и, следовательно, снижает технологическую надежность и качество технологического процесса распределения удобрений по поверхности поля.

Саморазгружающаяся машина состоит из грузоподъемного приспособления 1, которое устанавливается на трактор и связано с его гидросистемой, бункера-питателя 2 для размещения в нем мягкого контейнера с минеральными удобрениями и разбрасывающего устройства 3, выполненного в виде центробежных дисков с механизмом привода.

Грузоподъемное приспособление состоит из вертикальной стойки 4 с шарнирно закрепленными на ней рычажными элементами 5 и 6 грузовой стрелы, гидроцилиндры привода которых 7 и 8 соединены с гидросистемой трактора, и захвата 9 мягкого контейнера, размещенного на внешнем конце рычага 6. Бункер 2 посредством несущей рамы 10 шарнирно установлен на силовых тягах 11 навесной гидравлической системы трактора. Бункер в нижней своей части заканчивается выпускными отверстиями, которые выполнены с возможностью регулировки их пропускной способности, и под которыми установлены разбрасывающие диски 3 с механизмом их привода (не показано) от энергетического средства трактора. Несущая рама 10 бункера удлинена и в нижней своей части выполнена в виде опор-лыж 12. На опорах-лыжах 12 установлено сцепное устройство 13.

Внутри бункера расположена опорная рамка 14 с закрепленным на ней пирамидальным четырехлепестковым ножом 15. Опорная рамка с пирамидальным ножом в горизонтальной плоскости снабжена сменными элементами 16 с профильной просеивающей поверхностью. Элементы 16 представляют собой съемные сита, калиброванные отверстия 17 которых в зависимости от вида перегружаемых удобрений и их агрегатного состояния могут быть выполнены различных размеров и формы. Опорная рамка 14 установлена на шарнирных подвесках 18 и 19, одни концы которых закреплены на рамке, а другие концы - на стенках с внутренней стороны бункера, образуя при этом шарнирный параллелограммный четырехзвенный механизм. Опорная рамка 14 с пирамидальным ножом 15 снабжена механизмом привода, обеспечивающим ей направленные возвратно-поступательные движения (рисунок 6.2). При этом одна из пар соосно расположенных подвесок 18 четырехзвенного механизма имеет общий вал 20, опоры вала расположены на стенках бункера 2, один конец вала имеет консольный участок и выходит за пределы бункера, причем на консольном участке закреплен кривошип 21, с которым соединен привод колебательных перемещений опорной рамки 14.

Предложенное техническое решение может быть использовано в разбрасывателях удобрений различной грузоподъемности, рабочей ширины поверхностного внесения и производительности, при этом совмещаются процессы механизированной погрузки мягких контейнеров с минеральными удобрениями в бункер с подготовкой их к внесению (сепарация, разрушение слежавшихся комков и удаление посторонних включений), что повышает производительность и качество работы агрегата.

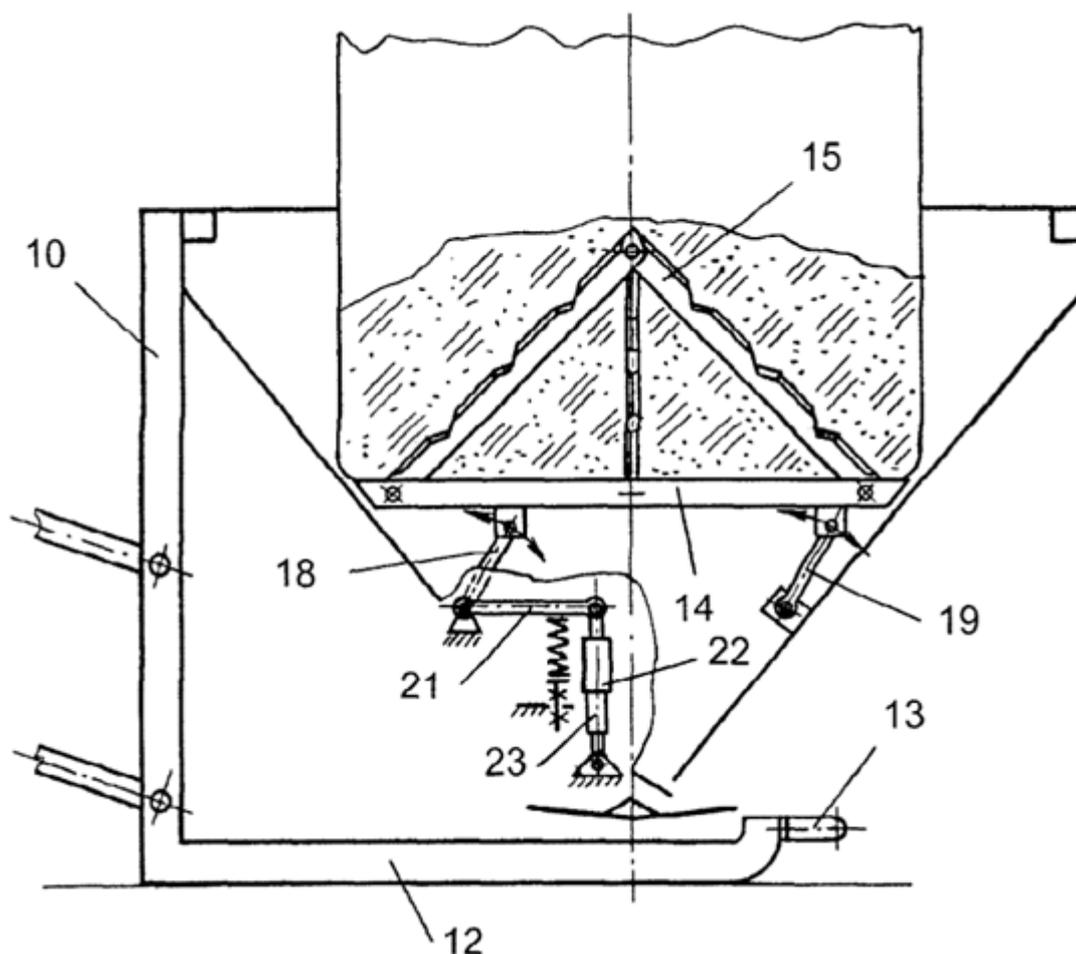


Рисунок 6.2 – Привод ножа в бункере самозагружающейся машины для внесения минеральных удобрений

Механизм привода колебательных перемещений опорной рамки 14 представляет собой гидроцилиндр двойного действия 22, при этом шток гидроцилиндра шарнирно связан с кривошипом 21 вала 20, а его корпус соединен с корпусом гидроцилиндра-датчика 23, имеющего шток, соединенный шарнирно с рамой бункера 2. В гидроцилиндр 22 встроен распределительный золотник, а

полости его соединены гидролиниями с двухпозиционным гидрораспределителем, сообщенным с напорной гидролинией и со сливной гидролинией, которые сообщаются с гидросистемой трактора.

Штоковая полость гидроцилиндра-датчика 23 также сообщена со сливной гидролинией, а поршневая полость соединена с гидроаккумулятором через параллельно включенные обратный клапан и гидроклапан, камера управления которого соединена через дроссель с поршневой полостью гидроцилиндра-датчика 23. Гидроаккумулятор соединен с напорной гидролинией через последовательно включенные обратный клапан и регулируемый гидроклапан, камера управления которого соединена с гидроаккумулятором. Гидроаккумулятор, кроме того, соединен с манометром и с реле давления, имеющим замыкающий контакт, соединенный электролинией с источником питания, звуковым и световым сигналами. Гидрораспределитель выполнен с подпружиненным золотником, и один гидромеханизм его управления соединен через дроссель с поршневой полостью гидроцилиндра-датчика 23, а другой гидромеханизм его управления соединен с гидроаккумулятором и через клапаны также с поршневой полостью гидроцилиндра-датчика 23. Колебательные элементы привода опорной рамки 14, в частности кривошип 21, связаны с регулируемой реактивной пружиной.

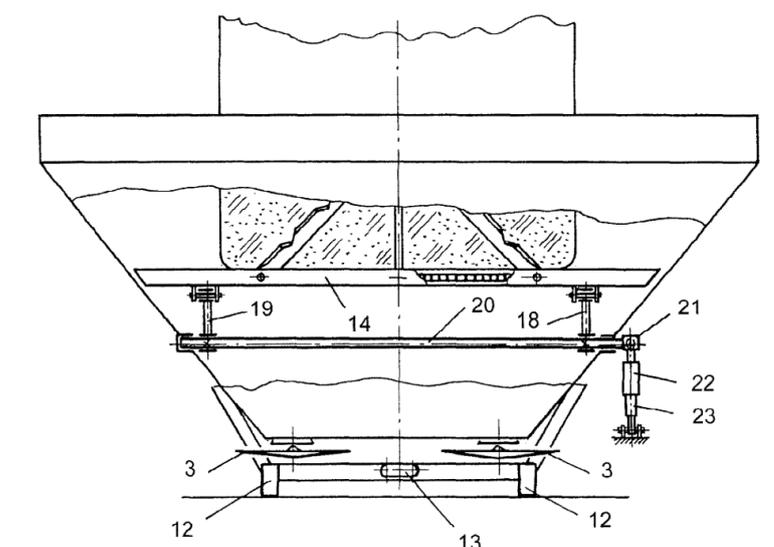


Рисунок 6.3 – Размещение мягкого контейнера в бункере самогружающейся машины для внесения минеральных удобрений

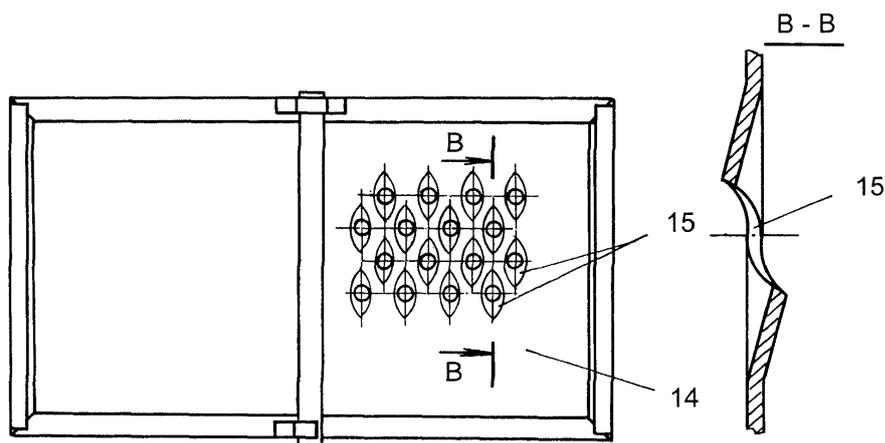


Рисунок 6.4 – Сменные элементы опорной рамки с просеивающей поверхностью в бункере самозагружающейся машины для внесения минеральных удобрений

Самозагружающаяся машина удобрений работает следующим образом.

Трактор с разбрасывателем удобрений подъезжает к стоящему на площадке или в кузове прицепа мягкому контейнеру и с помощью силовых тяг 11 гидронавески опускает разбрасыватель до соприкосновения опор-лыж 12 с поверхностью площадки. Стрела (рычаг 6) посредством гидроцилиндра 8 опускается на мягкий контейнер, грузовые стропы которого заводятся на крюк захвата 9. Контейнер гидроцилиндрами 7 и 8 грузовой стрелы поднимается и устанавливается в бункер-питатель на пирамидальный нож 15 опорной рамки 14. За счет силы гравитации днище контейнера прокалывается и удобрение через образовавшееся отверстие поступает во внутреннюю полость бункера (рисунок 6.3). Разбрасыватель посредством силовых тяг 11 гидронавески трактора поднимается и переводится в рабочее положение.

В процессе перемещения трактора с разбрасывателем по полю минеральные удобрения из мягкого контейнера поступают через просеивающую поверхность опорной рамки 14 к выпускным дозирующим отверстиям бункера-питателя и далее на разбрасывающие рабочие органы - диски 3 (рисунок 6.4). При вращении дисков удобрения за счет центробежных сил распределяются по поверхности поля.

Для стабилизации процесса истечения минеральных удобрений из мягкого контейнера и разрушения слежавшихся комков и агломератов оператор посредством поворота рукоятки распределителя, установленного в кабине

трактора, включает подачу масла к механизму привода колебательных движений опорной рамки 14. В исходном положении золотник гидрораспределителя под действием пружины находится в позиции, изображенной на фиг.8, и перекрывает отводы гидроцилиндра 22. Корпус гидроцилиндра-датчика 23 под действием давления рабочей жидкости гидроаккумулятора, передаваемого через обратный клапан, находится в выдвинутом положении. Гидроклапан закрыт, а гидроаккумулятор заряжен с помощью гидроклапана до заданной величины давления рабочей жидкости и величина этого давления одинакова с давлением в поршневой полости гидроцилиндра-датчика 23. Контакт реле давления разомкнут, и сигналы выключены.

При установке мягкого контейнера на опорную рамку 14 последняя воспринимает силу его тяжести, составляющая от которой передается через подвески 18, кривошип 21 вала 20 и гидроцилиндр 22 на корпус гидроцилиндра-датчика 23 и через рабочую жидкость в его поршневой полости на шток и раму бункера. Увеличение внешнего силового воздействия вызывает увеличение давления рабочей жидкости в поршневой полости гидроцилиндра-датчика 23 и в гидромеханизме управления гидрораспределителя. В результате его золотник перемещается и соединяет с напорной гидролинией и со сливом отводы гидроцилиндра 22, который посредством обратной гидравлической связи встроенного в его корпус золотника осуществляет автоматическое переключение направления подачи масла в штоковые полости, что вызывает возвратно-поступательное движение поршня со штоком. Движение штока гидроцилиндра 22 через кривошип 21 вала 20 передается на шарнирные подвески 18 опорной рамке 14, вызывая плоско-параллельные колебательные движения последней вместе с закрепленным на ней пирамидальным ножом 15. В результате колебательных движений опорной рамки 14 с ножом происходит просеивание гранул минеральных удобрений через калиброванные отверстия 17 сита 16, при этом многократное воздействие кромок профильных отверстий в сочетании с давлением вышерасположенной массы удобрений обеспечивает разрушение комков и локально-слежавшихся масс сыпучего материала. При опорожнении

мягкого контейнера от сыпучего материала внешняя силовая нагрузка на опорную рамку 14 снимается, что соответственно вызывает уменьшение давления рабочей жидкости в гидроцилиндре-датчике 23 и гидромеханизме управления и золотник гидрораспределителя под действием пружины возвращается в исходное положение, отключая привод колебательных движений опорной рамки.

Данная схема управления элементами гидропривода обеспечивает автоматическое отключение привода колебательных движений опорной рамки при опорожнении содержимого контейнера и тем самым исключает «холостую» работу привода. Это уменьшает энергозатраты, увеличивает срок службы устройства, снижает напряженность и утомляемость работы оператора.

Регулируемые реактивные пружины 21 обеспечивают более равномерный цикл нагружения привода - гидроцилиндра двойного действия и возможность его применения с меньшим рабочим усилием, при этом амплитуда колебаний опорной рамки 14 определяется конструктивными параметрами привода, а частота - объемом подаваемой рабочей жидкости [82].

Просеивающая поверхность опорной рамки исключает возможность попадания обрывков тары и посторонних включений, слежавшихся комков и агломератов в выпускные дозирующие отверстия бункера-питателя. В процессе разбрасывания удобрений колебательные движения ножа обеспечивают наилучшие условия для полного опорожнения удобрений из мягкого контейнера и равномерной подачи их к разбрасывающим рабочим органам, что в конечном итоге ведет к повышению качественных показателей выполнения технологического процесса внесения минеральных удобрений разбрасывателем.

После выполнения технологической операции «поверхностное внесение удобрений» оператор переводит рукоятку гидрораспределителя в нейтральное положение, отключая тем самым подачу рабочей жидкости к механизму привода колебательных движений опорной рамки, и производит осмотр бункера, при необходимости - очистку и удаление посторонних включений с поверхности сит опорной рамки разбрасывателя.

Улучшение эксплуатационно-технологических характеристик самозагружающейся машины для внесения удобрений достигается тем, что в саморазгружающейся машине, содержащем бункер-питатель, разбрасывающее устройство и грузоподъемное приспособление, закрепленное на несущих элементах трактора, гидроцилиндры привода рычажных элементов грузовой стрелы которого соединены с гидросистемой трактора, при этом бункер-питатель посредством рамы шарнирно установлен на подъемных тягах гидронавески трактора, в нижней своей части рама бункера выполнена в виде опор, а в бункере установлен пирамидальный нож, согласно изобретению пирамидальный нож размещен внутри бункера и закреплен на опорной рамке, которая снабжена элементами с профильной просеивающей поверхностью и смонтирована в бункере на шарнирных подвесках с возможностью колебательных перемещений, одни концы шарнирных подвесок закреплены на опорной рамке, а другие их концы - на стенках бункера, образуя при этом шарнирный параллелограммный четырехзвенный механизм, причем одна пара соосно расположенных подвесок указанного механизма имеет общий вал, который через кривошип кинематически соединен с приводом колебательных перемещений опорной рамки, выполненным в виде гидроцилиндра двойного действия, имеющего встроенный распределительный золотник и сообщенного с гидроприводом, при этом шток гидроцилиндра шарнирно связан с кривошипом вала подвесок, а гидропривод снабжен гидроцилиндром-датчиком, шток которого соединен с рамой бункера, а корпус - с корпусом гидроцилиндра двойного действия, гидроаккумуляторами имеющим оппозитно расположенные гидромеханизмы управления двухпозиционным гидрораспределителем, выполненным с возможностью сообщения в первой позиции его золотника напорной и сливной гидролинией гидропривода с полостями гидроцилиндра двойного действия и разобщения этих гидролиний с полостями последнего в другой позиции золотника, при этом поршневая полость гидроцилиндра-датчика сообщена с одним гидромеханизмом управления двухпозиционного гидрораспределителя для переключения золотника последнего в первую позицию и посредством параллельно включенных

гидроклапана и обратного клапана сообщена с гидроаккумулятором и с другим гидромеханизмом управления двухпозиционного гидрораспределителя для переключения его золотника во вторую позицию.

При использовании мягкого контейнера в качестве увеличителя бункера машины для внесения работы необходимо устройство для исключения сводообразования и обеспечения движения частиц удобрений в зоне дозирующего устройства. В нижней части рама бункера выполнена в виде опор. Пирамидальный нож размещен внутри бункера и закреплен на опорной рамке, которая снабжена перфорированными элементами 1. Перфорированные элементы выполнены в виде решетки. В отверстиях 2 решетки размещены U-образные упругие штыри 3, заведенные свободно одними концами в соответствующие отверстия решетки и закрепленные другими концами на нижней стороне последней. Опорная рамка смонтирована в бункере на шарнирных подвесках с возможностью колебательных перемещений. Одни концы шарнирных подвесок закреплены на опорной рамке, а другие концы – на стенках бункера, образуя шарнирный параллелограммный четырехзвенный механизм. Одна пара соосно расположенных подвесок механизма имеет общий вал, который через кривошип кинематически соединен с приводом колебательных перемещений опорной рамки. Привод выполнен в виде гидроцилиндра двойного действия со встроенным в его корпусе распределительным золотником и сообщенного с гидросистемой трактора. Шток гидроцилиндра шарнирно связан с кривошипом вала подвесок, а корпус шарнирно закреплен на раме бункера. Конструкция позволит улучшить эксплуатационно-технологические характеристики самозагружающейся машины [83].

Для стабилизации процесса истечения минеральных удобрений из мягкого контейнера и разрушения слежавшихся комков и агломератов осуществляются колебательные движения опорной рамки (рисунок 6.5) материал, находящийся на перфорированной решетке 1, разрыхляется выступающими над поверхностью решетки штырями 3 и просыпается в отверстия 2. При этом штыри 3 за счет своей упругости отклоняются к стенке отверстия 2, противоположной направлению

движения опорной рамки. При резком возврате опорной рамки в исходное положение штыри решетки отклоняются в противоположную сторону. Вследствие возвратно-поступательного движения опорной рамки штыри 3 решетки совершают колебания в зоне, ограниченной отверстиями 2, тем самым очищая их. Кроме того, колебательный режим движения штырей позволяет интенсифицировать процесс нарушения связанности частиц слоя минеральных удобрений, лежащего на перфорированной решетке, обеспечивая при этом разрушение комков и локально-слежавшихся масс перегружаемого материала.

Кроме того, положение штырей 3 регулируется по вертикали за счет различной глубины установки их с помощью цанговых зажимов 5 в пазах 4. Это позволяет изменять глубину проникновения штырей 3 в слой перегружаемого материала и регулировать степень разрыхления его локальных структурной образований, что также способствует равномерному поступлению удобрений к дозирующим элементам выпускных отверстий бункера и на центробежные диски с распределяющими лопастями (рисунок 6.6).

Просеивающая поверхность решетки опорной рамки исключает возможность попадания обрывков тары и посторонних включений, слежавшихся комков и агломератов в выпускные дозирующие отверстия бункера-питателя. В процессе распределения удобрений колебательные движения ножа и U-образных упругих штырей решетки обеспечивают наилучшие условия для полного опорожнения удобрений из мягкого контейнера и равномерной подачи их к разбрасывающим рабочим органам, что, в конечном итоге, ведет к повышению качественных показателей выполнения технологического процесса внесения минеральных удобрений агрегатом.

Предложенное техническое решение может быть использовано в разбрасывателях удобрений различной грузоподъемности, рабочей ширины поверхностного внесения и производительности, при этом совмещается процесс механизированной погрузки мягких контейнеров с минеральными удобрениями в бункер с подготовкой их к внесению (сепарация, разрушение слежавшихся

комков и удаление посторонних включений), что повышает производительность и качество работы разбрасывателя.

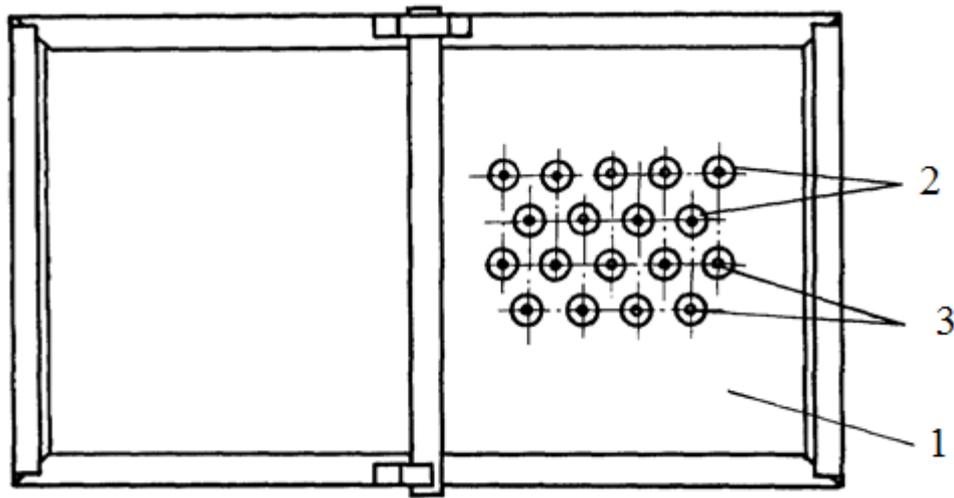


Рисунок 6.5 – Опорная рамка с просеивающей поверхностью в бункере самозагружающейся машины для внесения минеральных удобрений

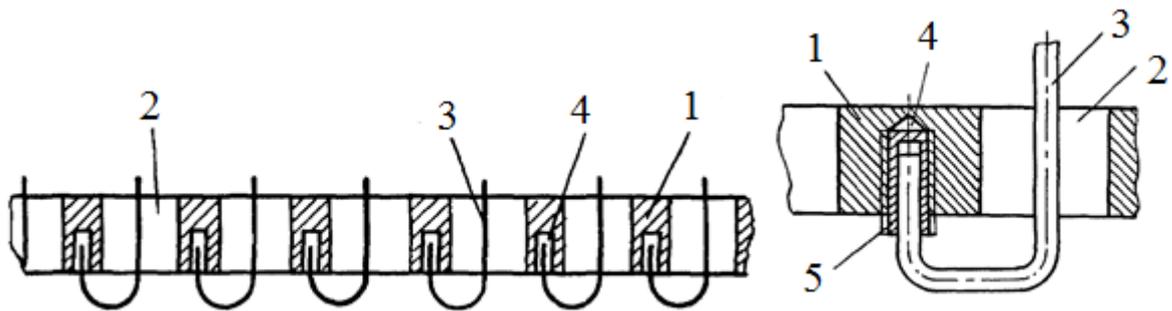


Рисунок 6.6 – Сменные элементы опорной рамки с просеивающей поверхностью в бункере самозагружающейся машины для внесения минеральных удобрений

Задача предлагаемого изобретения - улучшение эксплуатационно-технологических характеристик самозагружающейся машины для внесения удобрений.

Поставленная задача достигается тем, что в саморазгружающейся машине, содержащем бункер-питатель, разбрасывающее устройство и грузоподъемное приспособление, закрепленное на несущих элементах трактора, гидроцилиндры привода рычажных элементов грузовой стрелы которого соединены с гидросистемой трактора, при этом бункер посредством рамы шарнирно установлен на подъемных тягах гидронавески трактора, в нижней своей части рама бункера выполнена в виде опор, а в бункере установлен пирамидальный нож, согласно изобретению пирамидальный нож размещен внутри бункера и

закреплен на опорной рамке, которая снабжена перфорированными элементами, выполненными в виде решетки, причем в отверстиях решетки размещены U-образные упругие штыри, заведенные свободно одними концами в соответствующие отверстия решетки и закрепленные другими концами на нижней стороне последней, при этом опорная рамка смонтирована в бункере на шарнирных подвесках с возможностью колебательных перемещений, одни концы шарнирных подвесок закреплены на опорной рамке, а другие их концы - на стенках бункера, образуя при этом шарнирный параллелограммный четырехзвенный механизм, причем одна пара соосно расположенных подвесок указанного механизма имеет общий вал, который через кривошип кинематически соединен с приводом колебательных перемещений опорной рамки, выполненным в виде гидроцилиндра двойного действия со встроенным в его корпусе распределительным золотником и сообщенного с гидросистемой трактора, при этом шток гидроцилиндра шарнирно связан с кривошипом вала подвесок, а корпус шарнирно закреплен на раме бункера.

Выводы

В дальнейшей перспективе научных исследований необходимо продолжить работу в направлении совершенствования конструкций самозагружающихся машин для внесения удобрений. Анализ существующих самозагружающихся машин показал, что при организации работы навесные и полунавесные машины для внесения удобрений, несмотря на преимущества, имеют небольшой объем бункера. Самозагружающиеся машины для внесения удобрений позволяют повысить производительность за счет механизации процесса разгрузки минеральных удобрений и увеличения объема бункера за счет мягких контейнеров. Совмещение процесса механизированной погрузки мягких контейнеров с минеральными удобрениями в бункер с подготовкой их к внесению – растаривание, сепарация, разрушение слежавшихся комков и удаление посторонних включений, повышает производительность и качество работы разбрасывателя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Эффективность внесения минеральных удобрений зависит от соответствия дозы внесения необходимой растениям. Важную роль в этом процессе играет повышение равномерности распределения удобрений. Конструктивно-технологическая схема питателя расположенного в нижней части бункера должна иметь дозирующие щели с дозирующими заслонками. На приводном валу разбрасывающего диска имеется ворошитель с лопастью, установленной с углом подъема к направлению к окружной скорости и углом поворота.

2. Анализ траекторий движения частиц удобрений показал, что при работе ворошителя происходит их перемещение к периферии лопасти. Обеспечение движения удобрений в зоне дозирования способствует снижению вероятности сводообразования. В результате математического моделирования установлено, что для повышения равномерности дозирования и снижения измельчения гранул удобрений угол подъема лопасти должен находиться в диапазоне 18...21 град, угол поворота лопасти 10...12 град.

3. Лабораторно-полевыми исследованиями определено, что рациональными параметрами ворошителя являются – угол подъема лопасти 20 град, угол поворота лопасти 10 град. Неравномерность внесения удобрений на рабочей ширине захвата составила 23,4 %, а по ходу движения агрегата – 9,8 %.

4. Установлено, что процесс резания оболочки мягкого контейнера «Биг-Бэг» зависит от первоначального прогиба мягкой оболочки в зоне резания и угла резания. Рациональное значение угла установки лезвий при вершине 40 град.

5. Экономический эффект от экспериментальной самозагружающейся машины для внесения минеральных удобрений составил с одного гектара 405,2 рублей, при повышении урожайности на 1,8 %.

Рекомендации производству

Совершенствование рабочих органов бункера-питателя, для использования мягких контейнеров типа «Биг-Бэг», способствует повышению производительности, снижению вероятности сводообразования, повышает равномерность внесения удобрений, а также снижает измельчение гранул. Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть использованы предприятиями, занимающимися созданием рабочих органов сельскохозяйственных машин.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В дальнейшей перспективе научных исследований для небольших и фермерских хозяйств необходимо продолжить работу в направлении совершенствовании рабочих органов самозагружающихся машин, с целью повышения их производительности и качества внесения твердых минеральных удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адамчук В. В. Теоретическое исследование движения частиц удобрений по рассеивающему органу / В. В. Адамчук // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2004. – № 12. – С. 28–31.
2. Андреев К.П. Влияние неравномерности внесения удобрений на урожайность // В сборнике: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». 2017. С. 13-17.
3. Андреев К. П. Исследование движения частицы удобрений по лопасти ворошителя / К. П. Андреев, М. Ю. Костенко, А. В. Шемякин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2016. – № 4 (32). – С. 65-68.
4. Андреев К.П. Исследование работы самозагружающегося разбрасывателя минеральных удобрений / К. П. Андреев, В. А. Макаров, А. В. Шемякин, М. Ю. Костенко // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2015. – № 1. – С. 146-149.
5. Андреев К.П. Исследование траектории полета частиц минеральных удобрений при работе центробежных машин / К. П. Андреев // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. – 2016. – № 117-2. – С. 105-108.
6. Андреев К.П. Направление совершенствования машин для поверхностного внесения минеральных удобрений / К. П. Андреев // В сборнике: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». 2017. С. 17-21.
7. Андреев К.П. Разбрасыватель минеральных удобрений с сепарацией крупных примесей / Шемякин А.В., Костенко М.Ю., Макаров В.А. // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного университета имени П.А. Костычева, 2015 год – Рязань : ФГБОУ ВО РГАТУ, №1. – С -241-244.

8. Андреев К.П. Самозагружающийся разбрасыватель минеральных удобрений // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. № 6. С. 173-179.
9. Андреев К.П. Самозагружающийся разбрасыватель минеральных удобрений // Аграрная Россия. 2017. № 10. С. 37-42.
10. Андреев К.П. Силовое взаимодействие лопасти ворошителя со слоем удобрений / Андреев К.П., Костенко М.Ю., Шемякин А.В. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2. С. 163-167.
11. Андреев К.П. Совершенствование центробежных разбрасывателей для поверхностного внесения минеральных удобрений / Андреев К.П., Макаров В.А., Шемякин А.В., Костенко М.Ю. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2017. № 1 (33). С. 54-59.
12. Андреев К.П. Устройство самозагружающегося разбрасывателя минеральных удобрений / К. П. Андреев, А. В. Шемякин, М. Ю. Костенко // Новая наука: Современное состояние и пути развития. – 2016. – № 11-2. – С. 136-139.
13. Андреев К.П. Устройство самозагружающегося разбрасывателя удобрений / К. П. Андреев, М. Ю. Костенко, А. В. Шемякин // В сборнике: Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России / Материалы национальной научно-практической конференции. Мин. с/х РФ; ФГБОУ ВО "РГАТУ имени П.А. Костычева". – 2016. – С. 15-18.
14. Белинский А. В. Разработка теории и технических средств для поверхностного внесения минеральных удобрений и мелиорантов: дис. д-ра техн. наук: 05.20.01 / Белинский Александр Васильевич. – Казань, 2005. – 398 с.
15. Бобровский А. Способы внесения удобрений и урожай / А. Бобровский, А. Керимов, А. Ерофеев // Земледелие. – 1975. – № 12. – С. 48–49.
16. Василенко П. М. Теория движения частиц по шероховатой поверхностям сельскохозяйственных машин / П. М. Василенко. – К.: УАСХН, 1960. – С.244–263.

17. Войтов П. И. Неравномерность внесения удобрений, как ее избежать / П. И. Войтов // Земледелие. – 1974. – № 9 – С. 62–65.
18. Воронов Ю.И. Сельскохозяйственные машины / Ю.И. Воронов, Л.Н. Ковалев, А.Н. Устинов. – М.: изд-во «Высшая школа».
19. Главацкий Б.А. Влияние гранулометрического состава основных видов удобрений на приготовление тукосмесей и равномерное внесение их рабочими органами центробежного типа // Тр. ВИУА / ВНИИ удобрений и агропочвоведения. 1970. - Вып. 48. - С. 245 - 251.
20. ГОСТ 53056-08. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Из-во стандартов, 2008. – 25 с.
21. ГОСТ 28714-2007. Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний. – М.: Из-во Стандартиформ, 2008. – 40 с.
22. ГОСТ Р 52778-2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М.: Из-во Стандартиформ, 2008. – 33 с.
23. Гольшев, Д.С. Механизация внесения удобрений / Д.С. Гольшев, М.П. Другов, В.В. Рядных, Н.С. Кривоуст. – Л.: Агропромиздат., Ленингр. отделение. – 1985. – 79 с., ил.
24. Губарев Е. А. Исследования распределения удобрений центробежно-дисковым разбрасывателем на стационаре / Е. А. Губарев// Сб. Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства. Полеводство. Вып. 20. – зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1975. – С. 135–136.
25. Догановский, М.Г., Козловский, Е.В., Рядных В.В. Выбор места подачи удобрений на бросковый механизм // Тракторы и сельхозмашины. – 1968. - №4. – С.33-36.
26. Догановский М. Г. Машины для внесения минеральных удобрений / М. Г. Догановский, Е. В. Козловский. – М.: Машиностроение, 1972. – 321 с.
27. Догановский М. Г. Механизация внесения удобрений / М. Г. Догановский, Е. В. Козловский. – Л.: Колос, 1976. – 320 с.

28. Докучаев А. А. О дальности полета и распределения частиц минеральных удобрений аппаратами метательного типа при работе на склонах / А. А. Докучаев, Ю. К. Хрипун // Исследование и конструктивные машины для животноводства и кормопроизводства. Вып. 2. – М.: 1976. – С. 102–106.

29. Дьячков А.П. Анализ основных технологических схем транспортно-распределительного процесса внесения мелиорантов (на примере дефеката) / А.П. Дьячков, Н.П. Колесников, А.Д. Бровченко // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 4-1 (15-1). С. 330-335.

30. Дьячков А.П. Использование ЭВМ при определении неравномерности внесения удобрений и мелиорантов / А.П. Дьячков, Н.П. Колесников, А.Д. Бровченко // В сборнике: Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте межвузовский сборник научных трудов. Воронеж, 2007. С. 120-124.

31. Дьячков А.П. Методика определения неравномерности внесения удобрений и мелиорантов с использованием ЭВМ / А.П. Дьячков, Н.П. Колесников, А.Д. Бровченко // В сборнике: Повышение эффективности использования, надежности и ремонта сельскохозяйственных машин Сборник научных трудов. Воронеж, 2005. С. 144-148.

32. Дьячков А.П. Моделирование движения частицы при разбрасывании удобрений / А.П. Дьячков, А.И. Королев, А.М. Слиденко, А.А. Касымов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. № 10. С. 23-24.

33. Дьячков А.П. Перспективные направления совершенствования транспортно-технологических процессов внесения твердых органических удобрений / А.П. Дьячков, А.Д. Бровченко // В сборнике: Агропромышленный комплекс на рубеже веков Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию агроинженерного факультета. 2015. С. 215-222.

34. Дьячков А.П. Применение системного подхода при исследовании операционной технологии и технических средств внесения дефеката / А.П.

Дьячков, В.П. Шацкий, Н.П. Колесников, А.Д. Бровченко // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2013. № 1. С. 101-109.

35. Дьячков А.П. Снижение энергетических затрат и неравномерности внесения твердых органических удобрений / А.П. Дьячков, Н.П. Колесников, А.Д. Бровченко // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 4. С. 8-10.

36. Дьячков А.П. Совершенствование методики обработки результатов экспериментальных исследований по определению неравномерности внесения удобрений и мелиорантов / А.П. Дьячков, Н.П. Колесников, А.Д. Бровченко // В сборнике: Глинковские чтения Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию факультета агрономии, агрохимии и экологии Воронежского ГАУ. 2013. С. 185-189.

37. Дьячков А. П. Совершенствование технологии внесения мелиорантов /А. П. Дьячков // Совершенствование технологий и технических средств производства продукции растениеводства и животноводства: сб. науч. тр. / Воронеж: Воронежский гос. аграр. ун-т, 1998. – С. 133–138.

38. Живоглов В. С. Результаты испытаний центральных разбрасывающих аппаратов минеральных удобрений / В. С. Живоглов, Г. П. Солодухин // Повышение эффективности использования техники в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Вып. 40. – Горки, 1978. – С. 91–94.

39. Забродин В. П. Оценка качества распределения минеральных удобрений по поверхности поля / В. П. Забродин, И. Г. Понамаренко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2003. – № 12. – С. 12–14.

40. Забродин В. П. Распределительный рабочий орган разбрасывателей удобрений // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1985. - №7. - С. 25-27.138

41. Загрузчик мягких контейнеров удобрений типа «Биг-Бэг» "LEVSAK" Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.kuhn.ru/ru/range/fertilisation/lifting-equipment/levsak.html>

42. Закутский С. М. Исследования работы тарелочного и центробежного аппаратов для внесения минеральных удобрений / С. М. Закутский //

Долговечность и надежность сельскохозяйственных машин. – М.: Машиностроение, 1966. – С. 134–139.

43. Замотаева Н.А. Влияние средств химизации на урожайность и качество яровой пшеницы / Н.А. Замотаева, Р.А. Буренин, Е.А. Макушкин // Сборники конференций НИЦ Социосфера. 2017. № 14. С. 109-113.

44. Иншаков А.П. Новый рабочий орган для внесения минеральных удобрений / А.П. Иншаков, Е.А. Седашкина // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 1. С. 13-14.

45. Испытания Машина для внесения минеральных удобрений МВУ–0,5: протокол № 14-17 (104022). – Дмитриев: ГУЦЧМС, 2001. – 10 с.

46. Каплан И.Г. Пути повышения равномерности распределения удобрений разбрасывателем / И.Г. Каплан, С.И. Назаров // Труды ЦНИИМЭСХ, Минск. – 1969. – Т.8. – С. 60

47. Каргин В.И. Экономическая оценка применения минеральных удобрений и биопрепаратов под озимую рожь / В.И. Каргин, Р.А. Захаркина, М.М. Гераськин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2. С. 36-42.

48. Карпенко А. Н. Сельскохозяйственные машины – 6–е изд., перераб. и доп. / А. Н. Карпенко, В. М. Халанский. – М.: Агропромиздат, 1989. – 527 с.

49. Каталог машинных технологий, машин и оборудования для внесения твердых минеральных удобрений / ГНУ ВНИМС. – Рязань: ГНУ ВНИМС, 2004.

50. Кегелес Е. С. К исследованию движения удобрений по лопастному диску центробежного разбрасывателя / Е. С. Кегелес, Ю. М. Залесский, Н. И. Бондаренко // Состояние и перспективы развития машин для внесения минеральных и органических удобрений: материалы НТС ВНИИ сельхозмашиностроения. Вып. 26. – М.: Отдел научно–технической информации, 1969. – С. 90–96.

51. Кленин Н. И. Сельскохозяйственные машины / Н. И. Кленин, С. Н. Киселев, А. Г. Левшин. – М.: Колос, 2008. – 816 с.

52. Кругляков, М.Л. Машины для внесения удобрений в почву / М.Л. Кругляков. – М.: Маштиз, 1953.
53. Кукибный А.А. Метательные машины / А.А. Кукибный М.: Машиностроение, 1964. С. 26.
54. Летошнев, М.Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование и испытание / М.Н. Летошнев. – М.: Сельхозизд, 1955.
55. Личман Г. И. Анализ факторов, влияющих на качество дифференцированного применения удобрений. / Г. И. Личман, А. Н. Марченко, Н. М. Марченко // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий. Сб. научных докладов Международной научно-технической конференции. 2014. С. 417–421.
56. Лях С.И. Повышение качества внесения минеральных удобрений совершенствованием процесса их дозирования: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Минск, 2003. С. 16.
57. Макаров В.А. Самозагружающийся разбрасыватель удобрений / В. А. Макаров, М. Ю. Костенко, К.П. Андреев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. – № 3. – С. 2-4.
58. Макаров В.А. Технические средства для внесения удобрений / В.А. Макаров, М.С. Кулешов, О.И. Журавлева // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства: сб. науч. тр. / ФГБНУ ВНИМС. – Рязань: ВНИМС, 2015. - С.
59. Марченко Н.М. Перспективы механизации применения удобрений / Н.М. Марченко // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1976. – С. 18 – 53.
60. Машина для внесения минеральных удобрений МВУ-900 Электронный ресурс. Режим доступа: <http://agria-group.ru/razbrasyvatel-mineralnyx-udobrenij-mvu-900/>
61. Машина для внесения минеральных удобрений МВУ-1200 Электронный ресурс. Режим доступа: https://fermer.ru/files/mvu-1200_manual.pdf

62. Машина для внесения минеральных удобрений МВУ-0,5А Электронный ресурс. Режим доступа: <http://agri-tech.ru/catalog/21/30/0/tech75.html>
63. Машина для внесения удобрений НРУ-0,5 Электронный ресурс. Режим доступа: <https://tehagro.com/ustrojstvo-navesnogo-razbrasyvatelya-nru-05>
64. Митраков М.В. Траектория полета частиц минеральных удобрений при работе центробежных машин / М.В. Митраков, В.А. Макаров // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства: сб. науч. тр. / ГНУ ВНИМС Россельхозакадемии. – Рязань: ГНУ ВНИМС, 2010. – С.72-47.
65. Митраков М.В. К вопросу исследования гранулометрического состава основных видов минеральных удобрений при внесении дисковыми рассеивателями / М.В. Митраков, В.А. Хрипин // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства: сб. науч. тр. / ГНУ ВНИМС Россельхозакадемии. – Рязань: ГНУ ВНИМС, 2010. – С.33-38.
66. Мягкий контейнер «Биг-Бэг» Электронный ресурс. Режим доступа: <https://sitmag.ru/article/10370-myagkie-konteynery-transportnaya-tara-xxi-veka>
67. Навесной погрузчик MetalFach Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.metalfach.com.pl/ru/oferta/ladowacze/t466.html>
68. Назаров С.И. Основания к расчёту машин для применения минеральных удобрений // Механизация и электрификация социалистического сельского хоз-ва. – 1968. – №5. 27 – 43 с.
69. Назаров С.И. Основные направления развития средств механизации внесения минеральных удобрений // Механизация и электрификация социалистического сельского хоз-ва. – 1977. – №1. С. 10 – 17.
70. Назаров С.И. Основные направления развития средств механизации внесения минеральных удобрений / С.И. Назаров, А.А. Докучаев // Труды ЦНИИМЭСХ. – 1975. – Т.12. С. 58 – 74.
71. Нефёдов Б. А. Влияние дозирующего и распределяющего рабочих органов на равномерность внесения минеральных удобрений (на примере РУМ-5) / Б. А. Нефёдов, А.Н. Рогожкин // Научн. техн. бюл. ВИМ. - 1986. - Вып. 63. -С. 24-27.

72. Нефедов Б.А. Классификация машин для внесения минеральных удобрений / Б. А. Нефёдов и др. // Труды ВИСХОМ. - 1983.

73. Нефедов Б.А. Конструктивные элементы туковысевающих систем и их влияние на неравномерность высева / Б. А. Нефёдов, А.Н. Рогожкин, С.В. Балакирев // Тракторы и с. х. машины. - 1988. - №1. - С. 27-29.

74. Нефедов Б.А. Обоснование конструктивных параметров дозирующе-выравнивающего устройства катушечного типа для внесения минеральных удобрений / Б. А. Нефёдов, А.Н. Рогожкин // Научн.-техн. бюл. ВИМ. 1988. - Вып 72. -С. 12-16.

75. Нефедов Б.А. Термины и их определения по способам внесения минеральных удобрений / Б.А. Нефёдов, И.Ф. Сендряков, Н.Г. Овчинникова, Э.П. Базегский // Бюллетень ВИУА. - 1984. – Выпуск 70. - С. 76-79.

76. Овчинникова А.В. Анализ использования минеральных удобрений и средств механизации для их внесения / А.В. Овчинникова, К.В. Ломакина, А.Н. Седашкин // В сборнике: Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы межвузовский сборник научных трудов. Саранск, 2016. С. 322-324.

77. Овчинникова Н.Г. Качество внесения тукосмесей центробежными разбрасывателями //- Бюл. ВИУА / Всесоюзн. НИИ удобр. и агропочвоведения им. Д. М. Прянишникова. 1984. - №67. - С. 33-37.

78. Орбинский В.И. Способ повышения эффективности применения полуприцепов-разбрасывателей органических удобрений / Орбинский В.И., Скурятин Н.Ф., Соловьёв С.В. // В сборнике: Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. ФГБОУ ВО "Южно-Уральский государственный аграрный университет". 2016. С. 214-218.

79. Осичкин А.Ю. Влияние биопрепаратов и органо-минеральных удобрений на качественные показатели зерна озимой пшеницы / А.Ю. Осичкин, В.Е. Камалихин, В.И. Каргин // В сборнике: Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сер. "Лапшинские чтения". 2016. С. 292-295.

80. Останин А. И. Распределение минеральных удобрений при внесении их центробежными разбрасывателями / А. И. Останин, Л. С. Злобина // Химия в сельском хозяйстве. – 1970 – № 6 – С. 28–30.

81. Патент RU 2 363 133 С1, Российская Федерация, МПК А01С17/00. Самозагружающийся разбрасыватель удобрений / заявители: Буробин В.Н., Королев А.М., Андреев К.П.; патентообладатель ГНУ ВНИМС. № 2008110352/12, заявка 20.03.08; опубл. 10.08.09, Бюл. №22.

82. Патент RU 2 363 134 С1, Российская Федерация, МПК А01С17/00. Самозагружающийся разбрасыватель удобрений / заявители: Буробин В.Н., Королев А.М., Андреев К.П.; патентообладатель ГНУ ВНИМС. № 2008110353/12, заявка 20.03.08; опубл. 10.08.09, Бюл. №22.

83. Патент RU 2 363 135 С1, Российская Федерация, МПК А01С17/00. Самозагружающийся разбрасыватель удобрений / заявители: Буробин В.Н., Королев А.М., Андреев К.П.; патентообладатель ГНУ ВНИМС. № 2008110354/12, заявка 20.03.08; опубл. 10.08.09, Бюл. №22.

84. Патент RU 2 490 856 С1, Российская Федерация, МПК А01С17/00. Самозагружающийся разбрасыватель удобрений / заявители: Митраков М.В., Макаров В.А., Хрипин В.А.; патентообладатель ГНУ ВНИМС. № 2008110354/12, заявка 29.01.11; опубл. 27.08.13, Бюл. №24.

85. Патент RUS 2295847. Способ внесения минеральных удобрений одновременно с посевом семян пропашных культур и устройство для его осуществления // Скурятин Н.Ф., Курсенко П.Р., Сахнов А.В., Алейник С.Н. 05.04.2005

86. Патент RUS 2458837 Российская Федерация, Бункерное устройство // Гайдуков К.В., Латышенок М.Б., Костенко М.Ю. 19.05.2011

87. Патент на изобретение RUS 2332000. Сошник для очагового внесения минеральных удобрений // Скурятин Н.Ф., Курсенко П.Р., Сахнов А.В. 18.07.2006

88. Патент на изобретение № 2346875 Российская Федерация, МПК В 65D8866. Бункерное устройство / Гайдуков К.В., Латышенок М.Б., Терентьев В.В.,

Шемякин А.В.; заявитель и патентообладатель К.В. Гайдуков. – № 2007124948/12; опубл. 03.07.2007.

89. Патент на изобретение RUS 2258346. Высевающий аппарат для внесения минеральных удобрений // Михайлов В.А., Скурятин Н.Ф., Скурятин А.Н., Родионов А.Л. 22.01.2004

90. Патент на полезную модель RUS 108029 24 Бункерное устройство // Гайдуков К.В., Латышенко М.Б., Костенко М.Ю. 05.2011

91. Патент на полезную модель RUS 74265 Разбрасыватель удобрений // Бышов Н.В., Нефедов Б.А., Дыков П.Н., Бачурин А.Н., Качармин А.А. 18.02.2008

92. Разбрасыватель минеральных удобрений JM-500 Jar-Met Электронный ресурс. Режим доступа: http://stavalliance.ru/machineryequipment/agriculturalmachinery/vnesenie/razbrasvaateli/razbrasvaateli_335.html

93. Рассеиватель РУ-1600 Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.belrusagro.com/techno/catalog/543/418/>

94. Растваривание мягких контейнеров «Биг-Бэг» Электронный ресурс. Режим доступа: <https://zzbo.ru/product-category/32-komplektuyutsie/rastvoritel-big-begov/?yclid=5986082013216248742>

95. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. М.: Машиностроение. 1975. С. 311

96. Рогожкин А.Н. Результаты исследований дозирующих органов машин для внесения азотных удобрений при возделывании зерновых культур по интенсивной технологии // Научн.-техн. бюл. ВИМ. 1986. - Вып. 64. - С. 12-14.

97. Савельев А.П. Пути повышения качества поверхностного внесения минеральных удобрений / А.П. Савельев, А.Н. Седашкин, И.Н. Даськин // В сборнике: Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы сборник научных трудов Институт механики и энергетики. 2016. С. 368-373.

98. Седашкин А. Н. Движение частицы удобрений вдоль конической рабочей поверхности / А. Н. Седашкин, И. Н. Даськин, А. А. Костригин // В сборнике: Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы межвузовский сборник научных трудов. Саранск, 2016. С. 112-116.

99. Седашкин А.Н. Неравномерность внесения удобрений при координатной системе земледелия / А. Н. Седашкин, И. Н. Даськин, А. А. Костригин // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 10. – С. 39–40.

100. Седашкин А. Н. Обоснование траектории движения частицы удобрений по конической поверхности центробежного рабочего органа / А.Н. Седашкин, Е.А. Милюшина, И.Н. Даськин, И.А. Костригин // В сборнике: Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы Международная конференция. 2014. С. 535-540.

101. Седашкин А.Н. Пневмомеханический центробежный разбрасыватель мелиорантов / А. Н. Седашкин, А. А. Костригин, А.В. Драгунов // Сельский механизатор. 2017. № 5. С. 12.

102. Седашкин А.Н. Потери энергии на разгон частиц пневмомеханическим центробежным рабочим органом / А. Н. Седашкин, И. Н. Даськин, А. А. Костригин, А.В. Драгунов // В сборнике: XLV Огарёвские чтения Материалы научной конференции. В 3-х частях. Ответственный за выпуск П.В. Сенин. 2017. С. 193-197.

103. Седашкина Е.А. Исследование работы центробежного разбрасывателя минеральных удобрений в лабораторных условиях // В сборнике: Энергоресурсосберегающие технологии и системы в АПК межвузовский сборник научных трудов. Саранск, 2003. С. 198-200.

104. Сендряков И. Ф. Качество и способы внесения удобрений – важный фактор повышения их эффективности / И. Ф. Сендряков, Л. С. Кубарев // основные условия эффективности применения удобрений. – М.: Колос, 1983. – С. 256–265.

105. Сендряков, И.Ф. Внесение минеральных и органических удобрений / И.Ф. Сендряков, Н.М. Марченко, Ю.В. Иванов, В.М. Верховский. – М.: Россельхозиздат, 1975.

106. Сендряков И.Ф., Овчинникова Н.Г., Главацкий Б.А. Обоснование предельно допустимых показателей неравномерности внесения удобрений

центробежными разбрасывателями / И.Ф. Сендряков, Н.Г. Овчинникова, Б.А. Главацкий // Бюл. ВИУА 1980. №49. - С. 3 - 11.

107. Сельхозтехника KUHN Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.kuhn.ru/ru/range/fertilisation/fertiliser-spreaders/twin-disc-fertiliser-spreader.html>

108. Скользаев, В.А., Черноволов, В.А. Методика технологического расчета центробежных дисковых аппаратов / В.А. Скользаев, В.А. Черноволов // Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства: Сб. – Вып. XIII. – зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1969. – С.135-140.

109. Скурятин Н.Ф. Исследование сил, действующих на модернизированный полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений / Н.Ф. Скурятин, М.И. Романченко, С.В. Соловьёв, Е.В. Соловьев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. № 4 (47). С. 137-144.

110. Скурятин Н.Ф. К вопросу проектирования процесса применения удобрений / В сборнике: Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения Материалы VI Международной научно-производственной конференции. 2002. С. 18.

111. Скурятин Н.Ф. Модернизация полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений / Н.Ф. Скурятин, В.И. Орбинский, С.В. Соловьев // Сельский механизатор. 2016. № 9. С. 10-11.

112. Скурятин Н.Ф. Модернизация полуприцепа разбрасывателя органических удобрений / Н.Ф. Скурятин, С.В. Соловьев // В сборнике: Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий. ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. 2015. С. 69-70.

113. Скурятин Н.Ф. Обоснование основных конструктивных параметров порционного делителя минеральных удобрений / Н.Ф. Скурятин, В.А. Михайлов // Бюллетень научных работ Белгородской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Я. Горина. 2005. № 4. С. 124-129.

114. Скурятин Н.Ф. Оценка эффективности применения модернизированного полуприцепа разбрасывателя органических удобрений / Н.Ф. Скурятин, В.И. Оробинский, С.В. Соловьев // В сборнике: Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий. 2016. С. 94-95.

115. Скурятин Н.Ф. Повышение эффективности применения минеральных удобрений под пропашные культуры (на примере сахарной свеклы) / Н.Ф. Скурятин, А.В. Сахнов // Белгород, 2015.

116. Скурятин Н.Ф. Сеялка технических культур очагового внесения минеральных удобрений / Н.Ф. Скурятин, П.Р. Курсенко, А.В. Сахнов // Бюллетень научных работ Белгородской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Я. Горина. 2006. № 6. С. 81-83.

117. Скурятин Н.Ф. Четыре операции за один проход / Н.Ф. Скурятин, А.Н. Скурятин, А.С. Новицкий, А.Л. Жилияков // Сельский механизатор. 2014. № 12. С. 4-5.

118. Тыльный С.А. Теоретическое и экспериментальное исследование центробежных метательных аппаратов минеральных удобрений с вертикальной осью вращения: автореф. дис. канд. техн. наук / С.А. Тыльный 1970. С.22

119. Хоменко М.С. Исследование технологического процесса рассева минеральных удобрений центробежными аппаратами/ М.С. Хоменко // Тракторы и сельхозмашины. 1960. - №9. – С. 21-33.

120. Хрипин В.А. Направление совершенствования машин для поверхностного внесения минеральных удобрений / В.А. Хрипин, В.А. Макаров, О.В. Ушаков, О.И. Журавлева, А.Е. Левин // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства: сб. науч. тр. по материалам международной научно-практич. конф. / ГНУ ВНИМС Россельхозакадемии. – 2013. – С.169-176.

121. Хрипин В.А. Самозагружающийся разбрасыватель / В.А. Хрипин, В.А. Макаров // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства: сб. науч. тр. / ФГБНУ ВНИМС. – Рязань: ВНИМС, 2015.

122. Черноволов В.А Исследование процесса распределения минеральных удобрений центробежным дисковым аппаратом/ Автореф. дис. . канд. техн. наук. Воронеж, 1968. - 25 с.

123. Черноволов В.А. Общие закономерности распределения удобрений центробежным дисковым аппаратом // Материалы НТС ВИСХОМ. – Вып. 26. – М.: ОНТИ, 1969. – С.63-71.

124. Шемякин, А.В. Устройство для разгрузки сыпучих материалов из бункера /А.В. Шемякин, К.В. Гайдуков, Е.Ю. Шемякина, В.В. Терентьев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М., 2008. – № 7. – С. 47.

125. Шмонин В. А. Повышение эффективности использования машин для внесения минеральных удобрений и мелиорантов: обзорная информация / В. А. Шмонин, А. И. Голиков, Т. И. Кузькина. – М.: ЦНИИТЭИ автосельхозмаш, 1991.– 34 с.

126. Щербаков, А.М. Механизация внесения удобрений / А.М. Щербаков, Х.М. Черняк. – М.: ЦИНТАИМ, 1963.

127. Якимов, Ю.И., Волосников С.И. Экспериментальные исследования распределения удобрений центробежными разбрасывателями // Тракторы и сельхозмашины. – 1967. - №12. – С.27.

128. Inns F. M. Theory of the Centrifugal Distribution: II. Motion on the Disc, off-Centre Feed / F. M. Inns, A. R. Reese // Journal of Agricultural Engineering Research. – 1962, vol. 7. – № 4. – S. 345–353.

129. Hollmann W. Untersuchungen on Schleuder Dungerstrenerh / W. Hollmann, A. Mathes // Landtechnische Forschung, 1963. - 13. h.1, S. 17-24.

130. Maschinen and Verfahrenzur Mineral dungeraus b ringung // Fortschrittsber Landwirt and Nahrungsguterwin. – 1989.– № 4. – 27 s.

131. Mitchell D. Accracy counts/ D. Mitchell// Power Farming. – 1975 – № 2. – S.14–15.

132. Mitchell D. Uneven applikationleads to clacre gran losses / D. Mitchell // Power Farming. – 1974. – № 5. – S. 8–9.

133. Patterson D. E. The effect of slope on the transverse distribution pattern of fertilizer broadcasters / D. E. Patterson // Journal of Agricultural Engineering Research. – 1964. – № 2, vol. 9. – S. 169–173.

134. Patterson D. E. The of the Centrifugal Distribution. 1. Motion on the Disc, Near–Centre Feed / D. E. Patterson, A.R. Reese // Journal of Agricultural Engineering Research. – 1962. – № 3, vol. 7. – S. 232–240.

135. Seemann R. Maschinen fur die Miniraldung / R. Seemann // Agrabtechnik. – 1974. g 24. – № 3. – S. 114–116.

136. Thimon J. Uneven distributon can no longer be baken for granted / J. Thimon // Fertilirer Solution. – 1974. – № 18. – 6 s.

137. Wiemann K. Richtiy Verteietwirkt Dungerbesser / K. Wiemann // Ubersicht. – 1973. g 24. – № 10. – S. 765–769.

Приложения

Приложение А

Программа для статистической обработки неравномерности внесения удобрений по изображению (СОНВУПИ).

Данная программа была написана как инструмент для исследования нового метода обработки изображений на языке Си с использованием библиотеки Open CV, распространяемой под свободной и открытой лицензией BSD. В дальнейшем мы планируем её развивать и дорабатывать. На данный момент программа может работать только на компьютерах под управлением unix-подобных операционных систем (В частности Debian GNU/Linux 9.1)

Статистическая обработка неравномерности распределения гранул удобрения осуществляется с использованием изображений (фото) при рассеве на бумагу с липким покрытием. Для фиксации гранул удобрения на бумагу наносят расплавленный слой пластической смазки в смеси с машинным маслом. Для оценки масштаба на бумаге размечены размерные метки – рамки 0,5 на 0,5 м. Бумагу укладывают в соответствии со схемой предлагаемой в ГОСТ 28714-2007. После прохода трактора бумагу с прилипшими гранулами фотографируют с помощью камеры с высоким разрешением а потом полученные снимки обрабатывают с помощью программы СОНВУПИ.

Суть обработки заключается в следующем. Задаются параметры обрабатываемых объектов (гранул удобрений сферической формы) и названия обрабатываемых графических файлов. Обработка изображений происходит на основании пороговых преобразований яркости объектов. С выделенными (повышенной яркости) объектами осуществляется преобразование Канни, в результате которого находятся их границы. В результате последующего преобразования Хафа определяются расположение объектов в рамках исследуемого изображения и их радиус (предполагается, что объекты выполнены в форме шара). Исходя из значений радиуса, устанавливается объем и масса каждой гранулы удобрений на изображении. Далее происходит суммирование масс отдельных гранул и устанавливается общая масса гранул на изображении,

полученные данные отправляют для последующего использования в текстовый файл. По результатам обработки отдельных изображений формируется специальный файл, с помощью которого вычисляется: математическое ожидание общей массы на изображениях, среднеквадратическое отклонение и неравномерность распределения масс. Для получения данных неравномерности распределения удобрений по ширине захвата и по ходу агрегата составляется отдельные массивы изображений расположенных поперек и вдоль хода агрегата для внесения удобрений.

Установка необходимого программного обеспечения.

Для установки необходимы следующие пакеты:

GCC 6.3

Open CV 2.4.9

zlib

make-guile

Для начала разархивируете файл `sonvupi.tar.gz` с помощью команды в терминале:

```
tar -xzf sonvupi.tar.gz
```

После чего зайдете в каталог командой:

```
cdsonvupi
```

ивведите:

```
sudomakeinstall
```

И установка программы закончена.

Описание программы СОНВУПИ

Данная программа имеет довольно простую архитектуру. Для начала изображение должно иметь размерную сетку с квадратными ячейками. Она необходима для предварительной обработки изображения. Она заключается в вырезании интересующей области по размерной сетке изображения в любом графическом редакторе (в дальнейшем планируется внести это внутрь программы).

Для запуска программы пишем в командной строке:

Примечание: в квадратных скобках написаны необязательные параметры. `sonvupilamge Name [FileName Gamma CellSize Columns Rows]`, где:
 FileName — имя файла в который будет выводиться результат обработки,
 Gamma — плотность гранул удобрения (по умолчанию равна 1),
 CellSize — Размер стороны одной ячейки (по умолчанию равно 0.1)
 Columns, Rows — количество в сетке столбцов и строк соответственно (по умолчанию оба равны 5).

Примечание: можно указать только количество столбцов, тогда количество строк будет равно количеству столбцов.

После запуска откроются четыре окна: в одном оригинальное изображение(Original), в другом бегунки для настройки (Options), в третьем изображение с выделенными по яркости объектами(ThresholdWin) и в четвертом результат поиска объектов.

Список параметров:

Threshold — устанавливает значение, с помощью которого объекты выделяются по яркости

ParamHough — чем выше параметр, тем менее жесткие рамки поиска объекта,

MinDistantion — минимальное расстояние между объектами,

MinRadius — минимальный радиус,

MaxRadius — максимальный радиус.

Примечание: для лучшего результата желательно, чтобы объекты фона сильно отличались по яркости от искомым объектов.

Для поиска объектов мы используем преобразование Хафа. Это метод для поиска линий, кругов и других простых форм на изображении, с использованием процедур голосования.

При нажатии кнопки «у» - игрек в нижнем регистре, в выходной файл выносятся масса удобрения в каждой ячейке (местоположение ячейки указывается по номеру ее столбца и строки) и статистические параметры. Отсчет ведется от верхнего левого угла изображения.

Самозагружающаяся машина для внесения минеральных удобрений

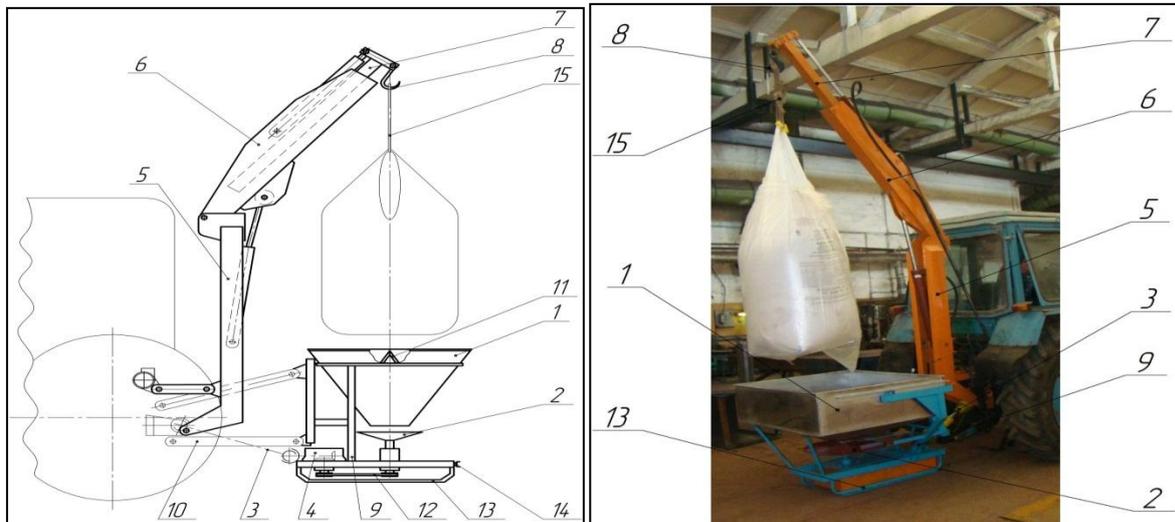


Схема машины

Внешний вид

Рисунок – Самозагружающаяся машина для внесения минеральных удобрений с подъемником мягких контейнеров «Биг-Бэг» массой до 1 тонны.

Разработанная навесная самозагружающаяся машина для внесения твердых минеральных удобрений состоит из бункера 1 и рабочего органа для внесения минеральных удобрений, выполненного в виде центробежного диска 2 с механизмом привода, включающего карданную передачу 3 и конический редуктор 4; грузоподъемного устройства, состоящего из вертикальной стойки 5, с шарнирно закрепленным рычажным элементом 6 и выдвижной секцией 7, на внешнем конце которой установлен крюковой захват 8. Перемещение элементов 6 и 7 обеспечивается силовыми цилиндрами, связанными с гидросистемой трактора. Бункер 1 посредством несущей рамы 9 шарнирно установлен на тягах 10 навесной системы трактора. Внутри бункера в нижней его части установлен нож 11. Бункер заканчивается выпускным отверстием с регулируемым расходом, под которым установлен разбрасывающий диск 2. Несущая рама 9 бункера в нижней части выполнена в виде опор-лыж 12, на поперечной связи которых установлено сцепное устройство 13.

Предложенное конструктивно-технологическое решение блочно-модульного принципа построения агрегата позволяет обеспечить самозагрузку машины для внесения твердыми минеральными удобрениями, упакованными в мягкие одноразовые контейнеры массой до 1 т, при помощи установленного в задней части остова трактора подъемника, разрезание днища этого контейнера и равномерную подачу удобрений к разбрасывающему устройству. При этом верхняя часть оболочки мягкого контейнера выполняет роль части бункера машины для внесения удобрений, увеличивая его полезный объем.

Допустимый диапазон скоростей движения агрегата при внесении удобрения 6 -18 км/ч, при транспортировке до 26 км/ч.

Самозагружающаяся машина для внесения минеральных удобрений, включающая установленное на остова трактора грузоподъемное устройство и навесной центробежное устройство минеральных удобрений в предложенной компоновке, вызывает нагрузку на трактор с меньшим опрокидывающим моментом. Это обеспечивает возможность их агрегатирования с тракторами тягового класса 1,4 (МТЗ-80, 82).

Техническая характеристика навесной машины для внесения удобрений

Тип	навесной
Грузоподъемность, кг	1000
Рабочая скорость движения машины, км/ч	4-13
Диапазон доз, кг/га.....	50-1000
Дозировочный блок.....	целевой
Система закрытия дозирующих отверстий.	механическая
Тип высевного аппарата.....	дисковый
Привод разбрасывающего устройства ВОМ об/мин,	540
Объем бункера, м ³ ,	0,4
Габаритные размеры, мм:	
Длина.....	2000
Ширина	1200
Высота.....	1300
Масса машины для внесения удобрений, кг.....	290;
Агрегируется с тракторами класса	1,4
Обслуживающий персонал, включая тракториста, чел	1

Техническая характеристика подъемника

Тип	навесной;	
Грузоподъемность, кг	max1000	
Высота подъема (по оси подвеса крюкового захвата), мм, не менее	4750	
Вылет в сторону (от оси симметрии и колонны до оси подвеса крюкового захвата), мм	1500-2300	
Габаритные размеры, мм:		
	рабочее положение	транспортное положение
длина	2830-3460	2830
ширина	400	400
высота.....	2700-5120	2700
Масса, кг, не более	300	

УТВЕРЖДАЮ
Председатель колхоза
«Шелковской»
С.В. Коврижкин
" 30 " апреля 2017 г.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ
самозагружающейся машины для поверхностного внесения
твердых минеральных удобрений с подъемником мягких контейнеров
«Биг-Бэг» массой до 1 тонны

Настоящий акт составлен о том, что экспериментальный образец в период с 29 апреля по 30 апреля 2017 года проходил полевые испытания в колхозе "Шелковской" Рязанская область, Старожиловский район, деревня Ершово.

При проведении испытаний машина агрегатировалась с трактором МТЗ -82. Влажность удобрений составила 1,2 %. Гранулометрический состав удобрений был: размером менее 1 мм – 2,5 %; от 1 до 4 мм – 94,8 %; от 4 до 6 мм – 2,7 %; свыше 6 мм – 0 %.

Испытания агрегата проводились на опытном участке площадью 25 га путем внесения минеральных удобрений перед посевом зерновых. Аммиачная селитра вносилась в норме 290 кг/га. Участок имел уклон в поперечном направлении 2%.

В процессе испытаний осуществлялась оценка следующих показателей назначения и качества технологического процесса:

- возможность самозагрузки бункера разбрасывателя подъемником мешков массой до 1 т;
- прокалывание оболочки контейнера под собственным весом о ножи в бункере;
- использование мягкого одноразового контейнера в качестве дополнения к установленному бункеру (образование бортов);
- постепенное опорожнение мягкого контейнера, доза, ширина и равномерность внесения удобрений.

В процессе испытаний была проведена фотофиксация результатов работы разбрасывателя минеральных удобрений.

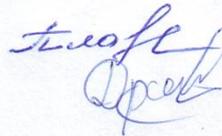
Разбрасыватель минеральных удобрений качественно выполнил технологический процесс при поверхностном внесении удобрений (доза внесения составила 290 кг/га; отклонение фактической дозы внесения от заданной получено 2,8 %; неравномерность внесения удобрений на рабочей ширине захвата составила 23,4 %, а по ходу движения агрегата – 9,8 %; рабочая ширина захвата – 17 м, а общая – 22,5 м; нестабильность внесения дозы удобрений получена 4,2 %). Все полученные показатели отвечают проектным требованиям.

Разбрасыватель удобрений хорошо вписывается в технологию возделывания сельскохозяйственных культур. При использовании самозагружающегося разбрасывателя минеральных удобрений отпадает необходимость привлечения машин для транспортировки и загрузки минеральных удобрений. Это позволяет снизить начальный объем бункера, его высоту и массу, и, как следствие, использовать для агрегатирования тракторы меньшего тягового класса. Недостатки, выявленные в процессе испытаний, не отразились на результатах полевых испытаний опытного образца, так как являются несущественными.

В результате производственных испытаний установлена работоспособность конструкции опытного образца агрегата, так как полученные результаты соответствуют заданным требованиям и параметрам

От колхоза «Шелковской»

Главный инженер



В.С. Платонов

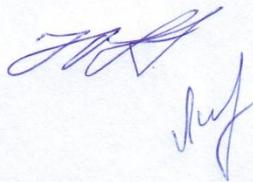
Главный агроном

В.А. Дрыкин

От ФГБОУ ВО «РГАТУ»

кафедра «ОТП и БЖД»

Ст. преподаватель



К.П. Андреев

Зав.каф., д.т.н. доцент

А.В. Шемякин



АКТ
полевых исследований машины для внесения минеральных удобрений

Полевые исследования эффективности работы машины для внесения удобрений с различными ворошителями проводились в КФХ «Зорька». Эффективность работы машины для внесения удобрений оценивали по неравномерности внесения удобрений. Испытания проводились в установившемся рабочем режиме на скорости 6,8 км/ч, что соответствует 3 передаче трактора Беларусь 1025.2.

Полученные в ходе лабораторных исследований рациональные параметры ворошителя – угол подъема лопасти 20 град, угол поворота лопасти 10 град, проверялись в полевых условиях. Для проведения полевых исследований машины для внесения минеральных удобрений была рассмотрена методика испытаний машин для поверхностного и внутрипочвенного внесения твердых минеральных удобрений известковых материалов и мелиорантов (ГОСТ28714-2007), а также предложенной методики определения по изображению в специально разработанной программе СОНВУПИ.

Сравнительный анализ методик показал совпадение результатов с точностью 97,6%. Следует отметить, что в среднем значения массы собранных удобрений на липкую бумагу оказались выше. Потери гранул удобрений обусловлены, тем, что удобрения не всегда попадали в контейнеры, а просто отскакивали от дна и стенок.

В ходе проведения полевых исследований было установлено, что неравномерность внесения удобрений на рабочей ширине захвата составила 23,4 %, а по ходу движения агрегата – 9,8 %; нестабильность внесения дозы удобрений получена 4,2%. Полевая проверка работы ворошителя машины

для внесения удобрений с рациональными параметрами показала высокое качество работы и при других дозах внесения.

От КФХ «Зорька»

Главный инженер



А.В. Симаков

От ФГБОУ ВО «РГАТУ»

кафедра «ОТП и БЖД»

Ст. преподаватель

Зав.каф., д.т.н. доцент



К.П. Андреев

А.В. Шемякин

АКТ ИССЛЕДОВАНИЯ эффективности подающего устройства

В ходе эксперимента исследовалось влияние углов установки лопасти ворошителя на изменение производительности подающего устройства.

В качестве удобрений использовалась аммиачная селитра. Для обеспечения достоверных результатов, эксперимент проводили в трехкратной повторности для средней дозы внесения удобрений. Полученные результаты переводили в дозу внесения, исходя из производительности машины для внесения удобрений 8,02 га/ч. Измельчение гранул удобрений при воздействии усовершенствованного ворошителя оценивалось параллельно с исследованием влияния углов ворошителя на дозу внесения.

По итогам лабораторных исследований установлены рациональные параметры ворошителя: угол поворота лопасти 10 град, а угол подъема лопасти 20 град, что соответствует дозе внесения около 290 кг/га и измельчения гранул удобрений 4,02 %.

От КФХ «Зорька»

Главный инженер

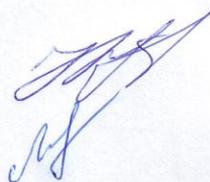



От ФГБОУ ВО «РГАТУ»

кафедра «ОТП и БЖД»

Ст. преподаватель

Зав.каф., д.т.н. доцент



К.П. Андреев

А.В. Шемякин

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11) **2 363 133** (13) **С1**(51) МПК
A01C 17/00 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008110352/12, 20.03.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.03.2008

(45) Опубликовано: 10.08.2009 Бюл. № 22

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 1660606 А1, 07.07.1991. SU 257900 А1,
13.01.1971. КАРПЕНКО А.Н. и др.
Сельскохозяйственные машины. - М.:
Колос, 1976, с.84-96.Адрес для переписки:
390025, г.Рязань, ул. Щорса, 38/11, ГНУ
ВНИМС, патентное бюро

(72) Автор(ы):

**Буробин Вячеслав Николаевич (RU),
Королев Анатолий Михайлович (RU),
Андреев Константин Петрович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Государственное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский
институт механизации агрохимического и
материально-технического обеспечения
сельского хозяйства (RU)**

(54) САМОЗАГРУЖАЮЩИЙСЯ РАЗБРАСЫВАТЕЛЬ УДОБРЕНИЙ

(57) Реферат:

Самозагружающийся разбрасыватель удобрений содержит бункер-питатель, разбрасывающее устройство и грузоподъемное приспособление, закрепленное на несущих элементах трактора. Гидроцилиндры привода рычажных элементов грузовой стрелы грузоподъемного приспособления соединены с гидросистемой трактора. Бункер-питатель посредством рамы шарнирно установлен на подъемных тягах гидронавески трактора. В нижней части рама бункера выполнена в виде опор. Пирамидальный нож размещен внутри бункера и закреплен на опорной рамке, которая снабжена элементами с профильной просеивающей поверхностью. Опорная рамка смонтирована в бункере на шарнирных подвесках с возможностью колебательных перемещений. Одни концы шарнирных подвесок закреплены на опорной рамке, а другие концы - на стенках бункера, образуя шарнирный параллелограммный четырехзвенный механизм. Одна пара соосно расположенных подвесок четырехзвенного механизма имеет общий вал, который через кривошип кинематически соединен с приводом

колебательных перемещений опорной рамки. Привод колебательных перемещений опорной рамки выполнен в виде гидроцилиндра двойного действия, имеющего встроенный распределительный золотник и сообщенного с гидроприводом. Шток гидроцилиндра шарнирно связан с кривошипом вала подвесок. Гидропривод снабжен гидроцилиндром-датчиком, шток которого соединен с рамой бункера, а корпус - с корпусом гидроцилиндра двойного действия, гидроаккумулятором и имеющим оппозитно расположенные гидромеханизмы управления двухпозиционным гидрораспределителем. Гидрораспределитель выполнен с возможностью сообщения в первой позиции его золотника напорной и сливной гидролинией гидропривода с полостями гидроцилиндра двойного действия и разобщения этих гидролиний с полостями последнего в другой позиции золотника. Поршневая полость гидроцилиндра-датчика сообщена с одним гидромеханизмом управления двухпозиционного гидрораспределителя для переключения золотника последнего в первую позицию.

RU 2 3 6 3 1 3 3 С 1

RU 2 3 6 3 1 3 3 С 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 363 134** ⁽¹³⁾ **C1**(51) МПК
A01C 17/00 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008110353/12, 20.03.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.03.2008

(45) Опубликовано: 10.08.2009 Бюл. № 22

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 1660606 A1, 07.07.1991. RU 2058702 C1,
27.04.1996. RU 2177216 C2, 27.12.2001. SU
1120933 A, 30.10.1984. SU 1011072 A,
15.04.1983. US 4183468 A, 15.01.1980.Адрес для переписки:
390025, г.Рязань, ул. Щорса, 38/11, ГНУ
ВНИМС, патентное бюро

(72) Автор(ы):

**Буробин Вячеслав Николаевич (RU),
Королев Анатолий Михайлович (RU),
Андреев Константин Петрович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

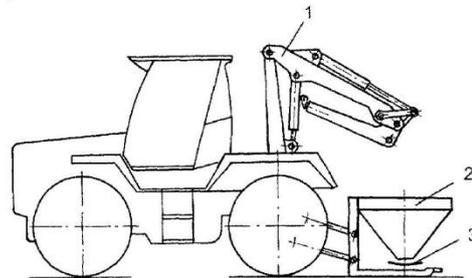
**Государственное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский
институт механизации агрохимического и
материально-технического обеспечения
сельского хозяйства (RU)**

(54) САМОЗАГРУЖАЮЩИЙСЯ РАЗБРАСЫВАТЕЛЬ УДОБРЕНИЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению. Саморазгружающийся разбрасыватель удобрений состоит из грузоподъемного приспособления, бункера-питателя и разбрасывающего устройства. Бункер-питатель посредством несущей рамы шарнирно установлен на силовых тягах навесной гидравлической системы трактора. Внутри бункера расположена опорная рамка с закрепленным на ней пирамидальным четырехлепестковым ножом. Опорная рамка снабжена сменными элементами с профильной просеивающей поверхностью и установлена на шарнирных подвесках, одни концы которых закреплены на рамке, а другие концы - на стенках бункера с образованием шарнирного параллелограммного четырехзвенного механизма. Опорная рамка с пирамидальным ножом имеет механизм привода для направленного возвратно-поступательного движения. Одна из пар соосно расположенных подвесок четырехзвенного механизма имеет общий вал. Опоры вала расположены на стенках бункера. Один конец вала имеет

консольный участок и выходит за пределы бункера. На консольном участке закреплен кривошип, с которым соединен привод колебательных перемещений опорной рамки. Механизм привода представляет собой гидроцилиндр двойного действия со встроенным в его корпус золотником. Шток гидроцилиндра шарнирно связан с кривошипом вала, а корпус шарнирно крепится на раме бункера. Кривошип связан с регулируемой реактивной пружиной. Конструкция разбрасывателя повышает производительность и улучшает качество его работы. 8 ил.



Фиг. 1

RU 2 3 6 3 1 3 4 C 1

RU 2 3 6 3 1 3 4 C 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 363 135** ⁽¹³⁾ **C1**(51) МПК
A01C 17/00 (2006.01)**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21), (22) Заявка: **2008110354/12, 20.03.2008**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.03.2008(45) Опубликовано: **10.08.2009** Бюл. № 22(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **SU 1660606 A1, 07.07.1991. SU 257900 A1,
13.01.1971. КАРПЕНКО А.Н. и др.
Сельскохозяйственные машины. - М.:
Колос, 1976, с.84-96.**

Адрес для переписки:

**390025, г.Рязань, ул. Щорса, 38/11, ГНУ
ВНИМС, патентное бюро**

(72) Автор(ы):

**Буробин Вячеслав Николаевич (RU),
Королев Анатолий Михайлович (RU),
Андреев Константин Петрович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Государственное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский
институт механизации агрохимического и
материально-технического обеспечения
сельского хозяйства (RU)****(54) САМОЗАГРУЖАЮЩИЙСЯ РАЗБРАСЫВАТЕЛЬ УДОБРЕНИЙ**

(57) Реферат:

Самозагружающийся разбрасыватель удобрений содержит бункер-питатель, разбрасывающее устройство и грузоподъемное приспособление, закрепленное на несущих элементах трактора, гидроцилиндры привода рычажных элементов грузовой стрелы которого соединены с гидросистемой трактора. Бункер посредством рамы шарнирно установлен на подъемных тягах гидронавески трактора. В нижней части рама бункера выполнена в виде опор. Пирамидальный нож размещен внутри бункера и закреплен на опорной рамке, которая снабжена перфорированными элементами.

Перфорированные элементы выполнены в виде решетки. В отверстиях решетки размещены U-образные упругие штыри, заведенные свободно одними концами в соответствующие отверстия решетки и закрепленные другими концами на нижней стороне последней. Опорная рамка смонтирована в бункере на

шарнирных подвесках с возможностью колебательных перемещений. Одни концы шарнирных подвесок закреплены на опорной рамке, а другие концы - на стенках бункера, образуя шарнирный параллелограммный четырехзвенный механизм. Одна пара соосно расположенных подвесок механизма имеет общий вал, который через кривошип кинематически соединен с приводом колебательных перемещений опорной рамки. Привод выполнен в виде гидроцилиндра двойного действия со встроенным в его корпусе распределительным золотником и сообщенного с гидросистемой трактора. Шток гидроцилиндра шарнирно связан с кривошипом вала подвесок, а корпус шарнирно закреплен на раме бункера. Конструкция позволит улучшить эксплуатационно-технологические характеристики самозагружающегося разбрасывателя. 9 ил.

RU 2 3 6 3 1 3 5 C 1

RU 2 3 6 3 1 3 5 C 1