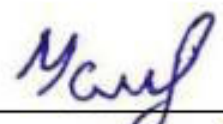


ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»
Институт механизации и технического сервиса
Кафедра машин и оборудования в агробизнесе
Направление подготовки – 35.04.06 Агроинженерия
Магистерская программа – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

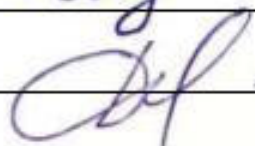
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(Магистерская диссертация)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕТРОЗАЩИТНОГО КОЖУХА
РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ НА РАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
УДОБРЕНИЙ

Студент магистратуры

 Усманов Д. Ф.

Научный руководитель, к. т. н., доцент

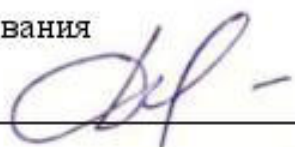
 Халиуллин Д. Т.

Работа обсуждена на заседании кафедры и допущена к защите

(Протокол № 12 от 17.06.2020г.)

Заведующий кафедрой машин и оборудования

в агробизнесе к. т. н., доцент

 Халиуллин Д. Т.

Казань 2020

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Усманова Д.Ф., выполненной на тему: «Исследование влияния ветрозащитного кожуха разбрасывателя на равномерность распределения удобрений», представленной на соискание степени магистра по специальности 35.04.06 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства.

Настоящая работа посвящена исследованию процесса распределения удобрений с применением ветрозащитного кожуха и без него и совершенствованию его конструкции. В работе изложены результаты исследований влияния влажности гранулированных удобрений на его аэродинамические свойства. Разработан ветрозащитный кожух дискового разбрасывателя минеральных удобрений, отличающийся оригинальностью, простотой конструкции и эффективностью в работе, позволяющий проводить более равномерное распределение минеральных удобрений при ветренной погоде.

Использование ветрозащитного кожуха на дисковом разбрасывателе гранулированных минеральных удобрений позволяет увеличить эффективность внесения минеральных удобрений в почву без увеличения эксплуатационных и энергетических затрат.

Диссертация написана на русском языке, состоит из введения, пяти глав, общих выводов и содержит 97 страниц машинописного текста, в том числе 34 рисунков, 9 таблиц, 40 наименований использованной литературы и 11 страниц приложений.

ABSTRACT

The dissertation work by DF Usmanov, carried out on the topic: "Study of the influence of the windproof casing of the spreader on the uniform distribution of fertilizers", submitted for the master's degree in specialty 35.04.06 - Technologies and means of agricultural mechanization.

The present work is devoted to the study of the distribution of fertilizers with and without a windproof casing and to the improvement of its design. The paper presents the results of studies of the effect of humidity of granular fertilizers on its aerodynamic properties. A windproof casing of a disk spreader of mineral fertilizers is developed, which is distinguished by originality, simplicity of design and efficiency in operation, which allows for more uniform distribution of mineral fertilizers in windy weather.

The use of a windproof casing on a disk spreader of granular mineral fertilizers allows to increase the efficiency of applying mineral fertilizers to the soil without increasing operational and energy costs.

The dissertation is written in Russian, consists of an introduction, five chapters, general conclusions and contains 97 pages of typewritten text, including 34 figures, 9 tables, 40 titles of used literature and 11 pages of applications.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6	
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	8	
1.1 Классификация способов и технологий внесения минеральных удобрений.....		8
1.2 Анализ существующих конструкций.....	16	
1.3 Обзор теоретических исследований разбрасывателей минеральных удобрений.....	27	
1.4. Цель и задачи исследования. Краткие выводы.....	37	
2. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ДИСКОВОГО РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕТРОЗАЩИТНОГО УСТРОЙСТВА	39	
2.1 Устройство и принцип действия предлагаемого ветрозащитного устройства.....	39	
2.2 Технологические и конструктивные расчеты предлагаемого ветрозащитного устройства.....	41	
3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	50	
3.1. Общий план исследований.....	50	
3.2 Методика определения влажности гранулированных удобрений.....	50	
3.3 Методика определения аэродинамических свойств гранулированных удобрений.....	52	
3.4 Проведение сравнительного исследования равномерности разбрасывания с применением ветрозащитного устройства.....	56	
3.5 Методика статистической обработки результатов экспериментов.....	58	

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ	61
4.1 Результаты определения влажности гранулированных удобрений	61
4.2 Результаты исследований определения аэродинамических свойств гранулированных удобрений	64
4.3 Результаты сравнительного исследования равномерности разбрасывания с применением ветрозащитного устройства	70
5 ЭФФЕКТИВНОЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПНЕПРЕДЛАГАЕМОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА	74
5.1 Эффективный расчет и сравнение предлагаемого дискового разбрасывателя с применением ветрозащитного устройства с базовой конструкцией дискового разбрасывателя НРУ-0,5	74
5.2 Расчет экономической эффективности внедрения дискового разбрасывателя с применением ветрозащитного устройства	75
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ	81
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	83
ПРИЛОЖЕНИЯ	88

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Разбрасывание минеральных удобрений является трудоемким процессом, от которого зависит всхожесть и качество получаемого урожая [1]. Для правильной организации данного процесса требуется выбор высокоэффективной, технологии и технических средств, отвечающие всем современным требованиям.

Как известно, одной из наиболее важнейших технологических операций при посеве семян, которая позволяет улучшить, ускорить всхожесть и получить качественный урожай, является подкормка семян удобрениями, в том числе и минеральными. Одним из наиболее распространенных способов внесения минеральных удобрений является разбрасывание дисковым устройством [2]. Сущность данного разбрасывания заключается в разбрасывании гранулированных удобрений при помощи дискового устройства оснащенного лопатками и дозатором, а приводится во вращение от вала отбора мощности (ВОМ) трактора.

В настоящее время применяется множество типов внесения минеральных удобрений дисковым устройством. Равномерность разбрасывания минеральных удобрений снижается, из-за того, что при внесении удобрений в ветреную погоду часть удобрений меняют свою траекторию полета и часть площади поля остается без подкормки, что приводит к неравномерному всходу урожая и его потерям [5].

В связи с вышеизложенным, задача усовершенствования процесса разбрасывания гранулированных минеральных удобрений, обеспечивающего высокие показатели технологической эффективности при низких ресурсо-энерго затратах является актуальной, имеющая важное значение.

Работа посвящена разработке дискового разбрасывателя с применением ветрозащитного устройства, сравнительному исследованию равномерности разбрасывания базового и предлагаемого дискового разбрасывателя, исследованию влияния влажности на аэродинамические свойства минеральных удобрений, значение которых необходимо знать при

разработке и создании новых сельскохозяйственных машин для разбрасывания гранулированных удобрений и их рабочих органов.

1.1 Классификация способов и технологий внесения минеральных удобрений

Минеральные удобрения важнейший элемент в сельском хозяйстве. Благодаря внесению удобрений повышается плодородие почв и рост урожайности.

Применение удобрений это комплекс мер, которая включает в себя: подготовку удобрений, их транспортировку и внесение, а также определение их эффективности [8,9].

Система ротации удобрений состоит из распределения органических и минеральных удобрений между культурами и наличия посевных площадей, плодородия почв в посевных площадях, прямого воздействия удобрений и определения способов внесения удобрений с учетом их результатов.

Система удобрений отдельных растений состоит из определения потребности в органических и минеральных удобрениях, определения продолжительности и способов внесения удобрений и оплаты удобрений за счет увеличения урожайности.

Плодородие почвы - способность производить, то есть пригодность почвы для сельскохозяйственного использования. Плодородие почвы определяется способностью питательных веществ растений, влаги и воздуха, удержанием тепла и влаги, а также минерализацией растительных отходов.

По крайней мере половина всех элементов системы Менделеева находится в растениях. Углерод составляет 45%, кислород - 42%, а водород - 7% сухого вещества растений. Растения также содержат азот, фосфор, калий, кальций, магний, серу и железо [36]. Их содержание варьируются в незначительных процентах. Данные элементы называются макроэлементами

В дополнение к этим основным элементам растениям требуются очень небольшие количества бора, молибдена, меди, марганца, цинка и ряда других

веществ, называемых микроэлементами. Когда растения сжигаются, в золе остаются фосфор, калий, кальций, магний, железо и микроэлементы, поэтому эти элементы называются золой. В среднем соотношение зольных элементов составляет 6 ... 7% от массы сухого воздуха.

Все элементы питания растений выполняют закрепленную перед собой задачу, выполнение задачи другим элементом невозможно.

Истощение почвы приводит к понижению урожайности для предотвращения данной проблемы нужно вмешательство человека, а именно внесение в почву удобрений для урегулирования состава питательных веществ в почве. Некоторые питательные элементы выносятся из почвы и используют на корм животным, после вместе с навозом их снова используют как питательный элемент.

Основные показатели по применению удобрений основаны на круговороте питательных веществ и их балансе в почве. Нехватка питательных элементов выявляется с помощью расчета.

Качество продукции зависит от грамотного управления системы внесения удобрений. Важными операциями являются правильное соотношение применяемых удобрений (органических и минеральных), соблюдение сроков внесения и выбор определенной формы удобрений.

Загрязнение окружающей среды химическими элементами характеризует условие эффективности внесения удобрения. Основной проблемой при внесении удобрений является попадание химических веществ в грунтовые воды, что приводит к загрязнению водоемов.

С 2006 года были введены нормы ограничивающие содержание определенных нитратов в грунтовых водах, а именно оксида азота с 50 мг/л на 25 мг/л [26].

Также ввелись ограничения по применению удобрений, использовать можно только удобрения, имеющие сертификат и документацию, оговоренную в нормах по внесению удобрений.

Запрещается вносить удобрения при агрономической неготовности почвы.

Запрещается вносить удобрения при повышенном содержании влаги, замороженной почве и при наличии снежного покрова более 5 см. Исключением является внесение удобрений на верхний слой почвы, который оттаивает в течении дня.

Соблюдение регламентированных норм расстояния до поверхностных источников воды в 3 метра. При наличии приспособления для пограничного внесения расстояние снижается до 1 метра.

Рассмотрим требования при работе на полях со склонами:

- на склонах где угол уклона более 10 градусов допустимо внесение удобрений не ближе чем 20 метров к поверхностным источникам [34,35]. В случае внесения удобрений менее чем 20 метров подлежит немедленной заделке в почву.

Пренебрежение вышеуказанных требований происходит остановка выплат субсидий.

Основным принципом закона является несение ответственности за загрязнение окружающей среды и нанесение вреда почвенным организмам

Одним из наиболее важных факторов влияния на эффективность удобрения является способ его внесения. Известны два способа внесения удобрений: сплошной и местный.

Для сплошного внесения удобрений используются туковые сеялки, машины с центробежными рабочими органами и летающими объектами, которые равномерно вносят удобрения по всей площади поля. С помощью почвообрабатывающими машинами происходит дальнейшая заделка удобрений [7,13,28].

Для местного способа разброса характерно точечное внесение удобрений в виде лент или гнезд, расположение которых зависит от вида высаживаемой культуры.

По времени внесения удобрения в почву выделяют следующие способы:

- основное;
- припосевное (вносится вместе с семенами);
- подкормка.

При основном способе удобрения вносят локально. С помощью данного способа достигается обеспечение растений питательными веществами на весь период развития, повышается плодородие почвы, а так повышается физические свойства почвы.

Под определенную сельскохозяйственную культуру до посева вносят 60-70% удобрений от общей нормы. С помощью внесения минеральных удобрений достигается сбалансированное питание растений при меньших затратах.

При помощи побочных продуктов животных получают органические удобрения. Данный вид удобрения стоит дешевле, но применять его надо в больших объемах, что требует дополнительных затрат на транспортировку удобрений до места назначения.

Роль органических удобрений нельзя недооценивать, они играют важную роль в повышение свойств почвы. Благодаря органическим удобрениям почва становится более структурной, меньше уплотняется, лучше увлажняется и замедляет высыхание. При удобрениях процесс минерализации становится лучше, что приводит к обеспечению растений питательными элементами. Эффект органических удобрений действует 2-3 года, затем снова необходимо вносить органические удобрения.

В последние годы более востребованными стали органические минеральные удобрения. Данный вид удобрений предназначен на увеличение биологической активности почвенных бактерий и сохранении гумуса.

Наиболее часто применяется разбросной вид внесения удобрений. Исходя из стадии обработки разделяют внесение туков осенью под вспашку или весной под культивацию. В районах с низким содержанием влаги

удобрения вносят под вспашку. В случае с достаточным увлажнением разрешается вносить минеральные удобрения под культивацию. Основное внесение можно провести в два приема, например, фосфор и калий осенью под вспашку, а азотные удобрения весной во время культивации [17,22].

Суть координатного земледелия заключается во внесении недостающих питательных элементов для получения программируемого урожая с конкретными значениями координат [4]. Исходя из полученных значений анализа карты урожайности, карты химического анализа и показаниям сенсоров определяется доза внесения удобрений (рисунок 1.1)

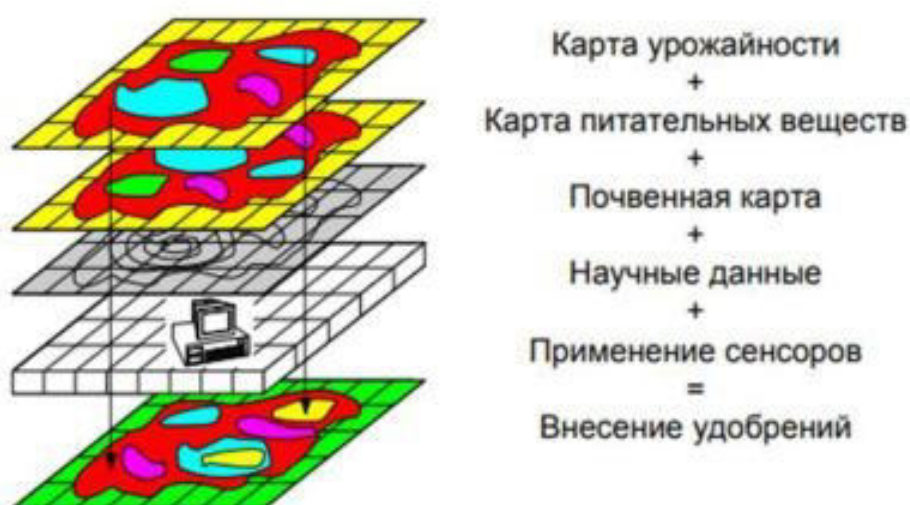


Рисунок 1.1. Последовательность расчета дозы при координатном внесении удобрений

Правильность перекрытия смежных проходов агрегата зависит от равномерности внесения удобрений. Вождение агрегата с DGPS позволяет вести на заданном расстоянии с точностью ± 5 .

Более рациональным с точки зрения их использования является локальное внесение удобрений, где размещение происходит лентами и

сплошным экраном. При низкой однородности удобрений с почвой происходит более долгий процесс сохранения питательных элементов для растений.

Оптимизация по внесению происходит по виду возделываемой культуры, а также по содержанию влаги и свойствам почвы. Зная данные значения, можно получить более высокую отдачу от применяемых удобрений. При внесении меньших доз удобрений можно получить высокий урожай, а также уменьшить затраты на приобретение удобрений [36].

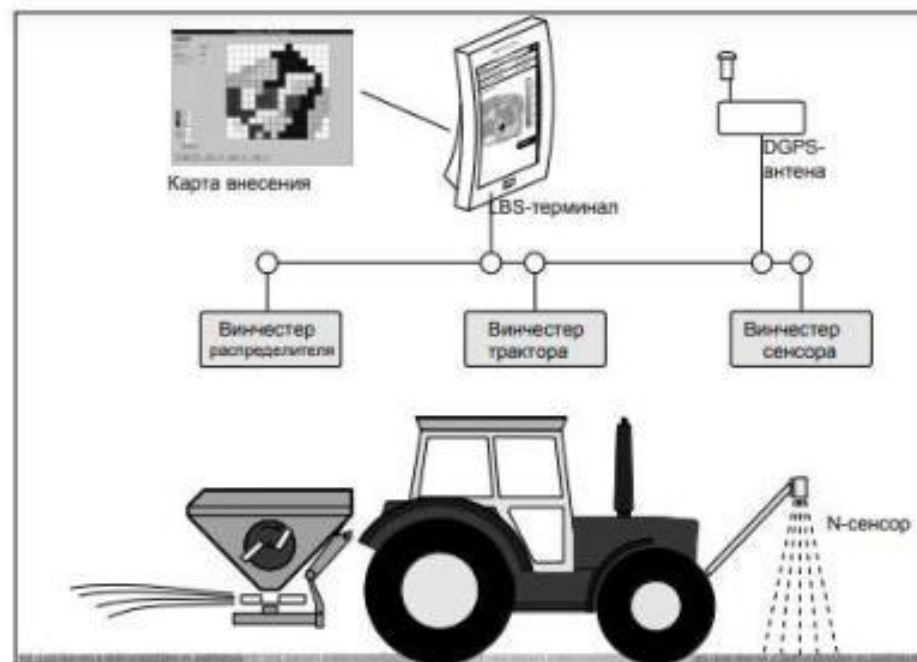


Рисунок 1.2. Внесение удобрений на основе показаний азотного сенсора и карты внесения

Зернотуковыми сеялками вносят удобрения под зерновые культуры. Обычно вносят шириной 3-5 см, с интервалами между ними 13-18 см и на глубину 8-10 и 11-16 см в зависимости от почвенно-климатических условий.

Во время посадки или посева сельскохозяйственных культур одновременно вносят и удобрения. Наиболее широко распространено рядковое внесение удобрений, которое позволяет усилить питание растений

минеральными элементами, что позволяет за короткий промежуток времени сформировать развитую корневую систему.

В случае почв с высоким содержанием удобрений эффект рядкового внесения понижается. Но несмотря на это удобрения снижает негативные действия множества элементов входящих в почвенный покров и увеличивает равномерность внесения удобрений. Применение ленточного внесения удобрений можно использовать как основное, если используются большие дозы.

Для внесения рядковым и ленточным способом используют сеялки и сажалки. Под пропашные культуры ленты удобрений смещаются на 3-9 см от рядка, а глубина заделки на 3-8 см ниже семян. При внесении больших доз размещение удобрений происходит в две ленты.

Для усиления питания культуры при недостаточном содержании основного удобрения проводят послепосевное внесение, что в конечном итоге приводит к улучшению качества получаемой продукции. Широкое распространение в нашей республике получила ранневесенняя азотная подкормка озимых, так как с наступлением весеннего периода растения ослабленные в связи заторможенной реакции микробиологических элементов.

Для культур посеянных сплошным способом подкормка происходит при помощи разбросных туковых сеялок или усовершенствованных зерновых сеялок. Дисковые сошники данных машин проводят дополнительное рыхление почвы, что обеспечивает доступ воздуха. Наибольший эффект поверхностной подкормки достигается засушливой степной зоне. Проводя прикорневую подкормку урожай зерновых культур увеличивается на 1-3 ц/га.

Для увеличения содержания белка в зерне используют некорневую подкормку азотом. Наибольший эффект достигается при внесении мочевины, так как раствор не сжигает листья при концентрации 30%. Подкормку вносят в безветренную погоду, в случае ветреной погоды рекомендуется

использовать ветрозащитное устройство. По агротехническим требованиям подкормку проводят в утреннее и вечернее время.

Для увеличения запаса удобрений в почве их вносят за один прием на 2-4 года. Данная операция позволяет снизить расходы технических и экономических ресурсов. Преимущественно вносят фосфор и калий, что имеет преимущество перед ежегодным внесением удобрений. Однако на почвах с повышенным содержанием калийных и фосфорных удобрений высокого положительного эффекта не достигается.

Такое внесение удобрений предпочтительно при посеве многолетних трав.

К удобрениям также относятся и бактерицидные препараты, которые при попадании в почву стимулирует питательные элементы, а также улучшает физико-биологические свойства посеянной культуры и способствует ускоренному росту растений, что позволяет получить больший урожай.

Агрономами выделяются два вида удобрений по назначению: прямые и косвенные.

Прямые удобрения классифицируются односторонне (содержание одного питательного элемента) и комплексные (содержание 2 и более питательных элементов).

Средства мелиорации такие как известь, гипс и мел, а также удобрения стимулирующие рост растений относятся к косвенным удобрениям.

По агрегатному состоянию удобрения классифицируются на твердые и жидкие.

В свою очередь удобрения в твердом состоянии подразделяются на сыпучие с активным и пассивным видом. Активный вид может быть неаэрируемыми и аэрируемыми (пылевидные).

Азотно-фосфорные удобрения широко распространены в сухом виде, а комплексные удобрения возможны и в жидком виде.

Наиболее часто встречаются сухие удобрения в виде аммофосок и нитроаммофосок. Концентрация веществ указывается в технических документах. Такой широкий спектр состава удобрений позволяет выбрать оптимальную дозу применяемого удобрения.

Удобрения в жидком агрегатном состоянии производится в виде растворов и суспензий. Широкое распространение получил водный аммиак, который выпускается двух типов: содержанием 20 и 25 % аммиака в составе раствора. Стоимость данного удобрения примерно в 1,2-1,6 меньше, чем стоимость аммиачной селитры.

Аммиакаты представляют собой растворы аммиачной или кальциевой селитры или мочевины в жидком аммиаке, содержат 29-39% азота и имеют упругость паров не более 0,16 МПа при 52°C.

Комплексные удобрения жидкого вида получают путем нейтрализации полифосфорной кислоты аммиаком. На базе начального раствора 9-33-1 изготавливаются растворы с иным составом веществ, например 14-14-14, 20-20-0.

При температуре ниже -18°C происходит процесс кристаллизации, что позволяет при более высоких температурах восстановить начальные свойства. Повышение температуры более 30°C приводит к образованию твердых кристаллических решеток, что приводит к образованию осадка.

Жидкие комплексные удобрения обладают высокими коррозионными, окислительными свойствами, что приводит к повышенному износу рабочих органов применяемых машин. Поэтому детали рабочих машин изготавливают из стали с противокоррозионными свойствами.

С помощью тукосмесительных машин приготавливаются смешанные удобрения. Данный вид удобрения менее удобен для механизации внесения. Агротехнические требования регламентируют смешивание некоторых удобрений в связи потерей их сыпучести.

1.2 Анализ существующих конструкций

Высокая урожайность сельскохозяйственных культур зависит от многих факторов: подготовки почвы, технологии посадки или посева, обработки культур в процессе роста, климатических условий, наличие в почве всех необходимых минералов для обеспечения роста. Восстановление минерального баланса почвы возможно несколькими методами. Первым является оставление истощенной почвы на «пар», то есть данная площадь, на год выводится из севооборота, что не всегда экономически целесообразно. Вторым методом восстановления почвы является внесение в нее удобрений. Основными видами, применяемыми на сегодняшний день, являются органические и минеральные удобрения.

В настоящее время имеется широкий спектр машин предназначенных для внесения минеральных удобрений. Производимые в нашей стране машины таких типов как РУМ, КСА, МВУ имеют лучшие технологические и эксплуатационные характеристики более ранее известных советских машин. Основным рабочим органом рассматриваемых машин является дисковый аппарат центробежного типа, данный тип рабочего органа получил широкое распространение и в других странах [30].

На западе внос гранулированных удобрений происходит машинами большой грузоподъемностью и с двумя или несколькими дисками. Дисковые аппараты для внесения гранулированных минеральных удобрений в большинство случаев устанавливаются на шасси машин с объемом бункера 5-7 м³. Двухдисковые рабочие органы получили распространение и в других странах Европы.

Но большинство стран Европы применяет однодисковый рабочий орган, так как он менее металлоемкий, более надежен и маневрирован. Производством таких дисков занимается фирмы Amazone, Subae [18,19].

В последние годы в России популярностью пользуется большегрузные самоходные машины типа МХА и АМП. В этих машинах используется система Global Positioning System что позволяет производить сплошное координатное внесение гранулированных минеральных удобрений на поверхность почвы.

Большеобъемные машины используют только на крупных площадях, в связи с экономическими особенностями. В масштабах сельского хозяйства наиболее экономически выгодным является машины с объемом бункера 0,4-1,1 м³.

Наиболее подходящим для фермерских хозяйств производимых на заводах Белоруссии, например Л-161 с объемом бункера 0,55 м³. Данная машина предназначена для внесения гранулированных минеральных удобрений со средней влажностью и на почвах незасоренными крупными комками. Однако данная машина имеет ряд недостатков: низкая равномерность внесения гранул удобрения, малые объемы загрузочного бункера, большие затраты труда на погрузку удобрений. Поэтому необходимо провести ряд исследований для устранения выявленных недостатков.

Рассмотрим некоторые конструкции машин для разбрасывания минеральных удобрений [24].

Рассмотрим конструкции навесных машинах для внесения минеральных удобрений с центробежными дисками. Центробежная двухдисковая машина MDS с рабочей шириной до 24 м фирма KUHN (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Центробежная двухдисковая машина MDS

Преимуществом данной машины является быстромонтируемые диски, не вызывающие сложности при установке. Частота вращения мешалки в бункере 180 об/мин. Рабочие органы и детали выполнены из нержавеющей стали, а бункер выполнен цельной сваркой. Диск получает вращательное движение валом отбора мощности (ВОМ). Дозирование осуществляется путем перемещения градуированной заслонки с направленным управлением движения потока FDC. Однако, в данной системе обнаружено ряд недостатков такие как низкая равномерность подачи на диски и малый объем бункера, что усложняет дозагрузку машины удобрениями и увеличивает время выполнения технологической операции.

Модернизированная машина фирмы KUHN представляет собой центробежную двухдисковую машину AXIS с рабочей шириной от 12 до 42 м (рисунок 1.3)

Вид удобрения на ширину разброса и изменяется с помощью изменения точки падения. Контроль дозы внесения FDC изменяется пультом управления из кабины трактора. Как и предыдущая машина оборудована

быстросъемными дисками. Для поступления гранулированных минеральных удобрений используется мешалка со скоростью 18 об/мин. Изменение объема бункера происходит путем установки заслонки.



Рисунок 1.4 – Центробежная двухдисковая машина AXIS

Недостатками данной машины является малое вместимость бункера при высоких показателях производительности, что требует постоянного наличия загрузочной машины.



Рисунок 1.5 – Навесной однодисковый рассеиватель Jar-Met ЛМ600

Машина польского производства для разброса минеральных удобрений Jar-Met ЛМ600 устанавливается на заднюю навеску трактора. Двухрычажный механизм заслонкой осуществляет регулировку дозы вносимого компонента. Рабочим органом рассматриваемой машины является центробежный диск с четырьмя лопатками, вращение которого приводится от вала отбора мощности трактора посредством редуктора, так и для мешалки внутри бункера. Емкость бункера объемом 370 л составляет до 520 кг удобрений. Погрузку удобрений в бункер машины может осуществляться как вручную, так и специализированными погрузчиками.

Рассмотрим машины для внесения минеральных удобрений Российского производства, типа МВУ (рисунок 1.6.), которые предназначены для рассеивания минеральных удобрений.



Рисунок 1.6 – Машина для внесения минеральных удобрений МВУ-900

Все виды машин типа МВУ имеют дисковые рабочие органы и различны лишь от объема загрузочного бункера и количеством дисков. На рисунке также представлен МВУ-1200 (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 - Машина для внесения минеральных удобрений МВУ-1200

Разбрасыватель минеральных удобрений типа РУ используется для внесения минеральных удобрений в виде гранул и кристаллов, а также сидератов и подкормки зерновых культур.



Рисунок 1.8 – Машина для внесения минеральных удобрений РУ-1600.



Рисунок 1.9 Машина для внесения минеральных удобрений РУ-3000

Разбрасыватель РУ-1600 навешивается на трактор класса 2,0, получающий привод от вала отбора мощности, выводы электрооборудованием исполнены по госту 10676-83.

Высевающий элемент изготовлен из нержавеющей стали, из-за чего достигается коррозионная стойкость деталей и узлов.

Все вышеперассмотренные машины осуществляют привод от вала отбора мощности. Только машина типа МРД имеет гидравлический привод разбрасывающего диска.



Рис. 1.10. Машина для внесения минеральных удобрений и извести
МРД-4

Рассмотрим распределители гранулированных удобрений фирмы Vison, которые имеет ряд моделей отличающиеся только объемом бункера. В продаже имеются модели от 600 до 3000 литров. Благодаря небольшому колесному ходу достигается снижение погрузочной высоты.



Рисунок 1.11 Навесной распределитель минеральных удобрений Vicon надвухколесном шасси.



Рисунок 1.12 –Разбрасыватель минеральных удобрений НРУ-0,5

Разбрасыватель минеральных удобрений НРУ-0,5 навешивают на тракторы класса тяги 9...14 кН. Объем бункера 400 дм³, рабочая скорость до 11 км/ч, ширина посева до 10 м

Машина для внесения минеральных удобрений МВУ-0,5А (рисунок 1.13) предназначена для поверхностного разбрасывания гранулированных минеральных удобрений. Грузоподъемность - 600 кг. Производительность до 14 га/час. Доза внесения минеральных удобрений - 300 ...900 кг/га при высева удобрений - 15...210 кг/га. Навешивается на трактора класса тяги 0,6... 1,4 кН.



Рисунок 1.13 - Машина для внесения минеральных удобрений МВУ-0,5А

Проведенный нами анализ машин, показал большое их многообразие. Однако обзор существующих разбрасывателей минеральных удобрений выявил наличие недостатков, которые влияют на процесс внесения удобрений, а именно недостаточная равномерность внесения удобрений, а также отсутствие возможности разброса в ветреную погоду. Поэтому

совершенствование способов внесения минеральных удобрений и технических средств для этого процесса является актуальной задачей.

1.3 Обзор теоретических исследований физико-механических свойств минеральных удобрений

Одним из основных свойств удобрений является его физико-механические свойства. К ним относятся размерные, физические, аэродинамические и весовые свойства, которые могут изменяться в широком диапазоне, а также могут дополнять друг друга [10,29].

Важными физико-механическими свойствами твердых удобрений являются: влажность, плотность, сыпучесть, гранулометрический состав, слеживаемость, вязкость и др.

Рассмотрим один из важных физико-механических свойств удобрений – влажность.

Влажностью называется количество влаги содержащейся в рассматриваемом объекте [3]. Данное свойство влияет наиболее сильно на остальные физико-механические свойства. Так различные содержание влаги в удобрениях изменяет полезные свойства а также эффективность внесения минеральных гранулированных удобрений. В случае высокого содержания влаги в гранулированных минеральных удобрениях выявляется невозможность рассева гранул механическим путем. Некоторые порошковидные удобрения такие как двойной суперфосфат содержания влаги более 20% не разбрасываются машинами из-за скорого изменения агрегатного состояния. Удобрения типа аммиачной селитры с увеличением содержания влаги имеют комковатую форму, что приводит к засорению отверстий разбрасывающих аппаратов. Данное явление полностью сократить процесс внесения, что приведет к нарушению агротехнических требований и качеству получаемого продукта.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что учет влажности является одним из наиболее важных этапов при подготовке гранулированных удобрений к внесению в почву. Далее представим наиболее эффективное содержание влаги для некоторых видов удобрений в процентном соотношении:

- суперфосфат

- А) в виде порошка – 11,5%;

- Б) гранулированный – 3,1%;

- В) двойной гранулированный – 2,8%;

- аммиачная селитра (стандартная) -1,6%;

- гранулированная мочевины – 2,5%;

- хлористый калий (стандартный) – 2,4%;

- фосфорная мука – 5,2%;

- известняковая мука -2,2%;

- диаммофос -2,7%.

Помимо влажности одним из важных свойств удобрений является гигроскопичность, которая определяется двумя величинами: гигроскопической точкой вещества z и коэффициентом скорости поглощения влаги R .

Под гигроскопической точкой вещества z принимается относительное содержание влаги воздуха, выражаемая в %, при котором не происходит обмена влаги с воздушной средой.

Коэффициент поглощения R характеризует скорость поглощения удобрением влаги из воздуха.

Исходя из вида удобрения и способа определения величина R изменяется от 0,4 до 3,2 г/ч·м². Величины z и R , описаны математическим уравнением:

$$Q = R(z_a - z) \quad (1.1)$$

где Q — количество поглощенной влаги;

R — коэффициент интенсивности поглощения в $\text{г/ч} \cdot \text{м}^2$;

z_a — относительная влажность воздуха;

z — гигроскопическая точка вещества.

Для нахождения гигроскопической точки z и коэффициента поглощения R используют несколько методов. Для определения z и R используют заданную температуру воздушной среды и содержание влаги в веществе ($t=20^\circ \text{C}$, $W=3\%$).

Эксикаторный метод представляет собой исследование удобрения путем заполнения весовых стаканчиков до краев и далее помещение данных весовых стаканчиков в эксикаторы, где содержится серная кислота различной концентрации.

В связи с разной концентрацией серной кислоты в исследуемых эксикаторах весовых стаканчиках поддерживается заданное относительное содержание влаги в воздухе. Весовые стаканчики выдерживаются в стаканчиках выдерживаются более 4 часов в зависимости от гигроскопичности исследуемого удобрения. Далее после извлечения весовых стаканчиков из эксикаторов их повторно взвешивают, определяя тем самым разницу содержания влаги. По уравнению представленному выше находим две неизвестные величины z и R .

Для охарактеризования уровня гигроскопичности удобрения применяется шкала из десяти делений, каждому делению шкалы соответствует изменение z на 4-6 процентов. Исходя из этого z 40% соответствует десятому делению шкалы, а точки 90% нулевому делению.

Для оценки гигроскопичности удобрений применяется десятибалльная шкала. Как показывают определения гигроскопических точек удобрений, их значения колеблются в пределах 40—90%, поэтому каждому баллу шкалы соответствует изменение гигроскопической точки на 5%. Таким образом, гигроскопической точке 40% соответствует 10 баллов шкалы, а точке 90% — 0

баллов шкалы гигроскопичности. В таблице 1.2 приведены значения гигроскопичности некоторых удобрений по десятибалльной шкале.

Таблица 1.1 – Гигроскопичность удобрений

Вид удобрения	Относительная влажность удобрения в %	Значения гигроскопической точки в % при 25°C	Балл по шкале гигроскопичности
Аммиачная селитра	0,6-1,8	64,2	5,2
Мочевина	2,1-6,2	63,2	5,3
Сульфат аммония	0,9	57,8	6,7
Двойной суперфосфат	12,5	71,0	4,2
Хлористый калий	2,2	73,0	3,4
Порошковидный суперфосфат	15,4	79,8	2,4
Нитрофоска	2,4	57,7	6,2

Зная гигроскопичность удобрений можно правильно и организованно осуществлять хранение гранулированных минеральных удобрений, что позволит сохранить надежность работу машин для внесения удобрений. Агротехническими требованиями категорически запрещается увлажнять удобрения вышеприведенной таблицы 1.1.

Плотность представляет собой зависимость плотности вещества геометрические параметры его частиц, пористость вещества, влаги и соотношение содержания веществ в составе удобрений.

Найдем отношение между объемом массы сыпучего удобрения, влажности удобрения и плотности:

$$p = p_{\frac{1-p}{1-W}} \quad (1.2)$$

где p – плотность удобрения,

p_v – плотность вещества гранулы;

Π – пористость удобрений.

Как и было изложено выше, повышение влажности увеличивает пористость гранулы удобрений. Повышение влажности до определенного предела увеличивает пористость большинства минеральных удобрений (таблица 1.2).

При внесении удобрений на неровных участках поля и при действии на них рабочих органов машин для разбрасывания их плотность увеличивается. Данное свойство характеризуется коэффициентом уплотнения. Для нахождения значения этого свойства используем следующую формулу:

$$p = p_v \frac{1 - \Pi}{1 - W} K_y \# (1.3)$$

Зависимость давления на плотность верхних слоев удобрения может оказать значительное влияние, например, Н.Е. Пестовым было проанализировано отношение кальциевой селитры, различия которых доходит до 35% от начального значения [16].

Процесс определения плотности заключается в использовании выверенного по объему цилиндра загруженного удобрениями, на которое совершается колебательное движение, то есть встряхивание.

Плотность удобрения относится как массу удобрения находящейся в объеме цилиндра на объем цилиндра. При заполнении цилиндра для измерения плотности удобрений нужна равномерность уплотнения, при измерении сыпучих удобрений следует применить вибратор. В таком случае мерный цилиндр ставят на фиксированное время на прямую плоскость с определенным ускорением. Таким образом получают коэффициент уплотнения.

При определении плотности гранулированных минеральных удобрений применяют пурку.

Средняя величина уплотнения минеральных удобрений варьируется от 1,07 до 1,55. Меньшие значения коэффициента плотности характерны для сыпучих удобрений, также известно, что меньшие значения коэффициента плотности имеют удобрения имеющие высокую неоднородность гранулометрического состава. При увеличении содержания влаги коэффициент уплотнения возрастает.

Таблица 1.2 – Плотность минеральных удобрений.

Наименование удобрения	Плотность, кг/м ³	Наименование удобрения	Плотность, кг/м ³
Минеральные удобрения			
Аммиачная селитра стандартная	890	Суперфосфат гранулированный	1140
Мочевина	660	Сернокислый калий	1350
Мочевина гранулированная	710	Суперфосфат двойной гранулированный	1090
Диаммофос	780	Хлористый калий стандартный	940
Суперфосфат двойной аммонизированный	1050	Нитрофоска сульфатная №1 Днепродзержинско- го завода	1000
Аммофос из фосфоритов Кара-Тау негранулированный	830	Двойная смесь супер- фосфата Кара-Тау с до- бавкой мочевины 50 кг/т	1040
Аммофос из фосфоритов Кара-Тау гранулированный	1180	Тройная смесь супер- фосфата из апатита с до- бавкой мочевины 25 кг/т	940

Важно учитывать значения коэффициента уплотнения при производимых расчетах для машин разбрасывающих удобрения, определением грузоподъемности кузовов и цистерн.

Для определения гранулометрического состава минеральных удобрений принимают ситовый классификатор. Сита размещенные в рабочей системе расположены друг над другом и имеют различную величину отверстий. При порционном внесении удобрений сита подвергаются

колебательным движениям в течении определенного времени. Удобрения оставшиеся на поверхности сита взвешивают и определяют массу в процентах к общему количеству удобрений. Для этого применяется следующая формула:

$$p_i = \frac{m_i}{\Sigma m_i} 100 \quad (3.3)$$

где m_i – масса отдельных фракций в кг;

Σm_i – общая масса пробы в кг.

По результатам произведенных опытов получают ряд вариаций, производят построение кривых этих рядов, исследует числовые характеристики в зависимости одним из известных законов распределения случайных величин.

В зависимости от размера комков берутся пробы различной массы от 2 до 9 кг, при этом величина комка характеризует количество массы.

Рассмотрим угол естественного откоса характеризующей степень подвижности гранул удобрения, которая зависит от величины внутреннего трения и геометрических параметров частиц удобрений.

В настоящее время определено, что гранулы имеющие меньший угол естественного откоса имеют большие процент эффективности разбрасывания. При повышенной влажности угол естественного откоса увеличивается, что приводит к низким показателям разбрасывания.

Угол естественного откоса влияет на значения двух показателей: угол обрушения и высота вертикальной стенки.

По классификации М.Х. Пигулевского сыпучесть тела подразделяется на активную и пассивную. Активная сыпучесть характеризуется связью частиц только силы трения, в следствии чего удобрения способны принимать форму конуса. В отличии от активной сыпучести, пассивная сыпучесть помимо сил трения характеризуется и силой сцепления, поэтому данное удобрение не может принять форму конуса.

На сыпучесть влияют множество факторов такие как:

- геометрические параметры;
- особенность поверхностного слоя частиц;
- плотность;
- угол откоса;
- давление и температура.

При увеличении содержания влаги удобрений свойства сыпучести ухудшаются.

Для увеличения свойства сыпучести удобрений их изготавливают в форме шара, увеличивая их плотность и степень порозности.

При определении сыпучести минеральных удобрений применяют различные методы и приборы. И.Б. Бариновым был предложен прибор для изучения данного параметра. Конструкция данного прибора состоит из цилиндра с диаметром 0,7 см, плунжера и двух тукоприемников находящихся в верхней и нижней части прибора. Рабочий процесс заключается в следующем: момент нахождения плунжера в нижней части, в цилиндр загружают исследуемое удобрение, которое проходит через сито, далее при помощи рукоятки поднимаем плунжер в верхнее положение. При этом удобрения попадают на нижний тукоприемник, далее на верхний край цилиндра надевают приемник. Выступающие удобрения срезают острой пластинкой и оно попадает в верхний тукоприемник, после чего оба приемника взвешивают и получают отношение разности масс, что и принимается за показатель сыпучести.

Под свойством слеживаемости понимается способность удобрения переходить в связанное состояние и образует сплошную массу.

Для определения свойства слеживаемости гранул удобрения применяют две операции: подготовка образца и определение его слеживаемости.

При подготовке удобрения подвергаются просеиванию через сито и прессовки в цилиндр, сдавливая весом не менее 100Н. Наиболее простым прибором для определения степени слеживаемости является твердомер

Ревякина. Данный прибор замеряет сопротивление оказываемое минеральным удобрением при погружении плунжера в образец. Изменение сопротивления фиксируется на диаграмме. В данном случае слеживаемость понимается как отношение перемещения плунжера площади поверхности.

В настоящее время широкое распространение для определения степени следжаемости получили шаровые ручные мельницы. Процесс определения заключается в следующем: спрессованные образцы удобрений помещают в мельницу и приводят ее во вращательное действие. Движение прекращается когда уровень крошения тела превысит 40%. Далее полученные шары вынимают, а продукты крошения просеивают через сито.

Основным свойством минеральных удобрений является рассеиваемость, которое включает в себя вышеизложенные свойства. Для определения рассеиваемости применяется воронка Меринга с аппаратом Пестова.

Н.Е. Пестовым была предложена шкала рассеиваемости, в которой чем выше балл, тем лучше рассеиваемость удобрения [16].

Для определения рассеиваемости гранулированных минеральных удобрений щель высева устанавливается на высоты 0,1 см, а установка ножа производится под 18° . Далее машину загружают просеянным удобрением, а под щель высева устанавливается мерная тара. Для каждого отбора пробы дно аппарата проворачивают 2 раза, после чего мерную тару заменяют и производят взвешивание. Так производят 10-20 замеров. По результатам определения массы определяют среднее арифметическое значение массы удобрений и отклонения от среднего высева в каждом взвешивании в процентах. Среднее арифметическое модуля отклонения используется для нахождения балла рассеиваемости по Н.Е.Пестову.

В случаи невысеваемости через щель высева рекомендуется повторить опыт при щели 25 мм и угле установке ножа 35° . Далее при помощи шкалы Пестова определяем степень рассеиваемости.



Рисунок. 1.14. Шкала рассеиваемости удобрений по Н.Е.Пестову.

Полученные результаты можно использовать для обоснования параметров и режимов работы разбрасывателей удобрений, а также в теоретических исследованиях и вычислительных экспериментах, моделирующих процессы разбрасывания удобрений.

1.4 Задачи исследований

Цель. Повышение равномерности разбрасывания гранулированных минеральных удобрений основе разработки дискового разбрасывателя с применением ветрозащитного устройства.

Объект исследования. Дисковый разбрасыватель гранулированных минеральных удобрений и технологический процесс его работы.

Предмет исследования. Закономерности разброса гранулированных минеральных удобрений дисковым устройством.

На основании проведенного анализа способов разбрасывания и технологий внесения минеральных удобрений поставим следующие **задачи исследований**:

1. Произвести анализ существующих разбрасывателей минеральных удобрений.
2. Разработать конструкцию дискового разбрасывателя с использованием ветрозащитного устройства с учетом известных преимуществ и недостатков существующих машин,

3. Разработать программу и методику экспериментального исследования аэродинамических свойств гранулированных минеральных удобрений;
4. Произвести экспериментальные исследования по определению влияния влажности на критическую скорость гранулированных минеральных удобрений на лабораторной установке; произвести сравнительные экспериментальные исследования по определению равномерности разбрасывания базового и предлагаемого дискового разбрасывателя.
5. Произвести статистическую обработку полученных результатов эксперимента;
6. Сделать выводы по полученным результатам

Методологическая и методическая основа исследования заключается в использовании в данной работе следующих методик: методы теоретического уровня (обобщение, формализация, аналогии), методы эмпирического уровня (наблюдение, измерение, сравнение, эксперимент), методы экспериментально-теоретического уровня, системные методы. При исследовании и обосновании параметров рабочего процесса применялись основные законы аэродинамики. Экспериментальные исследования проводились на специальной установке с использованием методов планирования. Результаты экспериментов обработаны с помощью методов математической статистики и компьютерных программ.

Научная новизна заключается в математической модели процесса разбрасывания, результаты экспериментальных исследований по равномерности разбрасывания, предложение конструкции дискового разбрасывателя с применением ветрозащитного устройства.

Практическая значимость: разработан дисковый разбрасыватель с применением ветрозащитного устройства, использование которого позволяет увеличить равномерность разбрасывания, а также позволяет проводить разброс минеральных удобрений в ветреную погоду.

2 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ДИСКОВОГО РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕТРОЗАЩИТНОГО УСТРОЙСТВА

2.1 Устройство и принцип действия дискового разбрасывателя с применением ветрозащитного устройства. На основании анализа конструкций машин для разбрасывания минеральных удобрений нами разработана конструкция ветрозащитного устройства на базе НРУ- 0.5, представленная на рисунках 2.1 – 2.2.

Дисковый разбрасыватель с ветрозащитным устройством состоит из рамы 2, бункер 1, дозирующее устройство 3, разбрасывающие диск 4, высевающий аппарат 5 и механизмов привода.

Основными рабочими органами являются плоские разбрасывающие диск 4, установленный под бункером на валу. Диаметр диска 450 мм, диск имеет 4 желобчатых лопасти.

Предлагаемый дисковый разбрасыватель с ветрозащитным устройством работает следующим образом при работе машины удобрения, оседая в бункере 1, на вращающийся разбрасывающий диск 4, которые веерообразным потоком подают их на поверхность почвы. Для работы в ветреную погоду на разбрасыватель устанавливают ветрозащитной устройство, в этом случае удобрение, разбрасываемое дисками, попадает на стенки ветрозащитного устройства и равномерно осыпается на поверхность почвы.

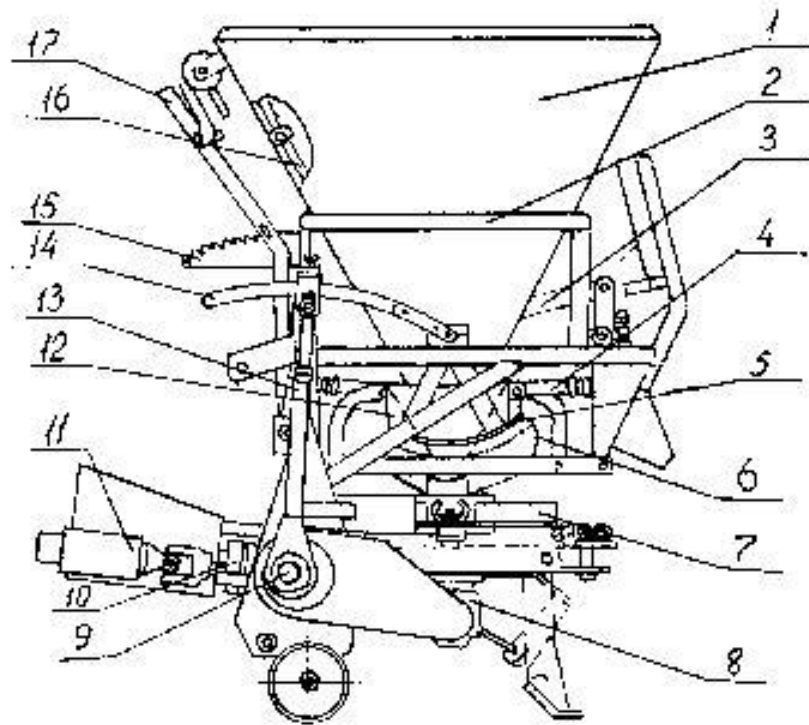
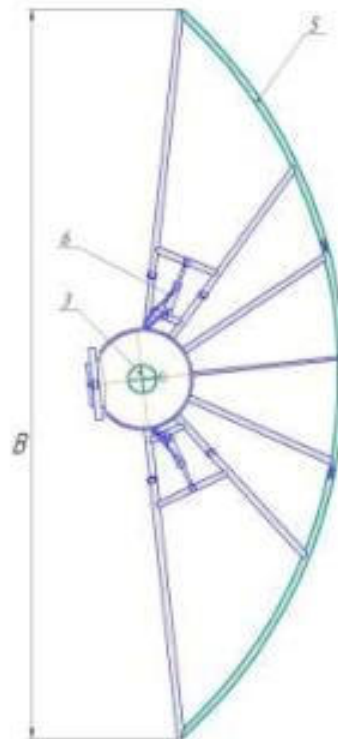


Рисунок 2.1 – Схема дискового разбрасывателя НРУ-0,5



Фиг. 2

Рисунок 2.2 – Схема ветрозащитного устройства

Анализ работы предлагаемого технического решения показал, что применение ветрозащитного устройства значительно повышает показатель равномерности разброса, не повышая энергоемкость машины.

2.2. Технологические и конструктивные расчеты предлагаемого дискового разбрасывателя с ветрозащитным устройством.

Для оценки работы дискового разбрасывателя с ветрозащитным устройством приняты следующие показатели [21]:

- производительность (Q , га/ч) - количество удобрений внесенное в поле в единицу времени;
- расчет дискового центробежного разбрасывающего аппарата;
- определение параметров отражающего щитка;
- расчет параметров высевающей щели;

Производительность дискового разбрасывателя (Q , га/ч) определяется по результатам внесения удобрения на площадь в единицу времени:

$$Q = 0,36 \times V_p \times \vartheta \times K_t \#(2.1)$$

где V_p - рабочая скорость; V_p - ширина захвата; K_t - коэффициент полезного использования времени.

$$Q = 0,36 \times 6 \times 7,5 \times 0,9 = 14,58 \text{ га/ч}$$

Расчет дискового центробежного разбрасывающего аппарата

Угловую скорость диска определяем по выражению:

$$\omega = \frac{\pi n_{min}}{30} \#(2.2)$$

где $n_{\min}$ - минимальные обороты диска, об/мин.

$$\omega = \frac{3,14 \times 600}{30} = 62,8 \text{ рад/с.}$$

Угловое перемещение частицы определяем по выражению:

$$\alpha = \omega \cdot t_{np} \# (2.3)$$

где t_{np} - время нахождения частицы на диске, с.

Для определения t_{np} необходимо конечное значение радиуса подставить в уравнение:

$$r = \left(\frac{fg}{\omega^2} + r_0 \right) \left[\frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} (\lambda_2 e^{\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{\lambda_2 t}) - 1 \right] + r_0 \# (2.4)$$

где f - коэффициент трения удобрений о поверхность диска, $f = 0,53$;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

ω - угловая скорость диска, рад/с;

r_0 - расстояние от точки подачи удобрений до центра вращения диска, м.

Для определения λ_1 и λ_2 используем формулы:

$$\lambda_1 = \omega (\sqrt{1 + f^2} - f) \# (2.5)$$

$$\lambda_2 = -\omega (\sqrt{1 + f^2} - f) \# (2.6)$$

$$\lambda_1 = 64 (\sqrt{1 + 0,53^2} - 0,53) = 38,31 \text{ 1/с,}$$

$$\lambda_2 = -38,31 \text{ 1/с.}$$

Подставив в уравнение (2.4) радиус диска $r = 0,38$ м получим, что время пребывания частицы на диске $t_{np} = 0,067$ с.

$$\alpha = 64 \cdot 0,057 = 3,648$$

В градусах это будет $\alpha = 173$

Абсолютная скорость частицы в момент ее схода с диска определяется по выражению:

$$v_a = v_e + v_r \quad \#(2.7)$$

где v_e - переносная скорость, м/с;

v_a - относительная скорость, м/с.

Подставив, получим

$$v_e = \omega r = 64 \cdot 0,3 = 19,2 \text{ м/с.}$$

Так как $v_e \perp v_r$, то можно принять, что в момент схода частицы с лопасти $v_a = v_e$, следовательно, $v_a = 19,2 \text{ м/с}$.

Далее определим дальность полета частицы удобрений. На движущуюся частицу будут действовать сила тяжести $P = mg$ (рисунок 3.1) и сопротивление воздуха $R_{xy} = mR_n v_a^2$, где R_n - коэффициент парусности частицы. При ориентировочных расчетах, без учета сопротивления воздуха, движение частиц может быть определено параметрическими уравнениями:

$$x = v_a t \quad \#(2.8)$$

$$y = \frac{gt^2}{2} \quad \#(2.9)$$

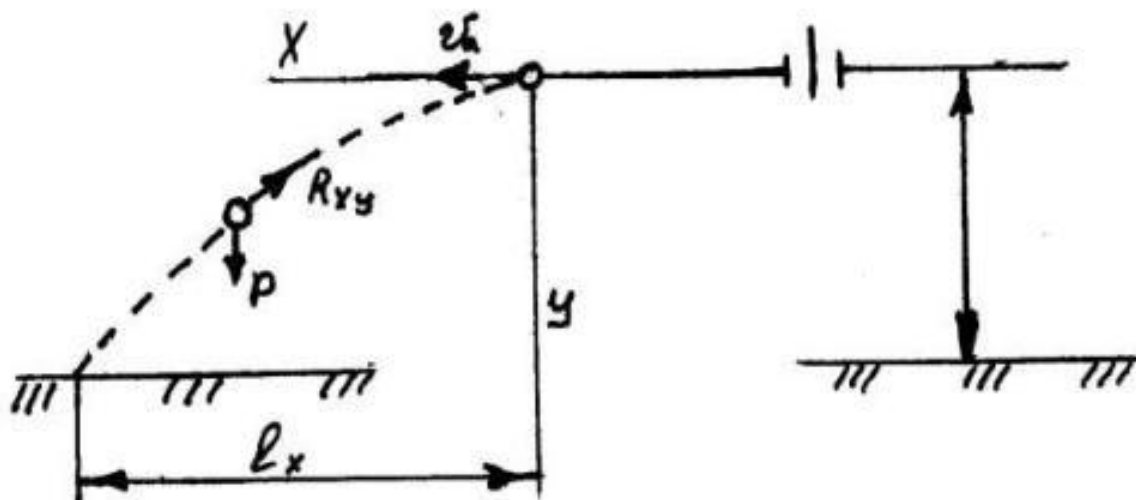


Рисунок 2.3 Схема к определению дальности полета частицы удобрений

Для определения траектории движения исключим время t . Для этого из второго уравнения получим

$$t = \sqrt{\frac{2y}{g}}. \#(2.10)$$

Подставив t в первое уравнение, будем иметь уравнение траектории движения:

$$x = v_a \sqrt{\frac{2y}{g}}. \#(2.11)$$

Это уравнение параболы. Дальность полета частиц получим, подставив в это уравнение значение $y = H$:

$$x = l_x = v_a \sqrt{\frac{2H}{g}}, \#(2.12)$$

где H – высота расположения диска над поверхностью поля, м

Подставив, получим:

$$l_x = 19,2 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,45}{9,8}} = 5,9 \text{ м.}$$

Определение параметров отражающего щитка

Для определения ширины отражающего щитка используем уравнение параболы

$$X = v_a \sqrt{\frac{2Y}{g}},$$

где X – расстояние от диска до отражателя, м.

Выразив Y через X , получим:

$$Y = \frac{X^2 g}{2v_a^2}. \quad (2.13)$$

$$Y \frac{2,2^2 \cdot 9,8}{2 \cdot 19,2^2_{min}}$$

$$Y \frac{3,2^2 \cdot 9,8}{2 \cdot 19,2^2_{max}}$$

Ширина отражающего щитка определяется по выражению:

$$\Delta Y = Y_{max} - Y_{min}. \quad (2.14)$$

Подставив, получим:

$$\Delta Y = 0,16 - 0,062 = 0,098 \text{ м.}$$

Ширину отражающего щитка с некоторым запасом, учитывающим разброс скоростей частиц удобрений и их аэродинамических свойств, принимаем равным 0,30 м.

Расчет параметров высевающей щели

На малом угловом секторе $d\varphi$ (рисунок 2.4) обозначим ширину высевающей щели E и ее длину dL . Удобрения, посеянные через высевающую щель с площадью сечения $dF = EdL$ при угле $d\varphi$, приходятся на длину отражателя $dIII$. Таким образом $dL = r_0 d\varphi$ $dIII = Ld\varphi$. Для обеспечения равномерного внесения удобрений по ширине захвата машины должно выполняться условие:

$$k = \frac{dF}{dIII} = \text{const.} \#(2.15)$$

$$k = \frac{dF}{dIII} = \frac{r_0 d\phi}{R d\phi} \frac{E}{R} = \frac{r_0 E}{R}, \#(2.16)$$

где k - постоянная,

R - расстояние от центра вращения диска до отражателя.

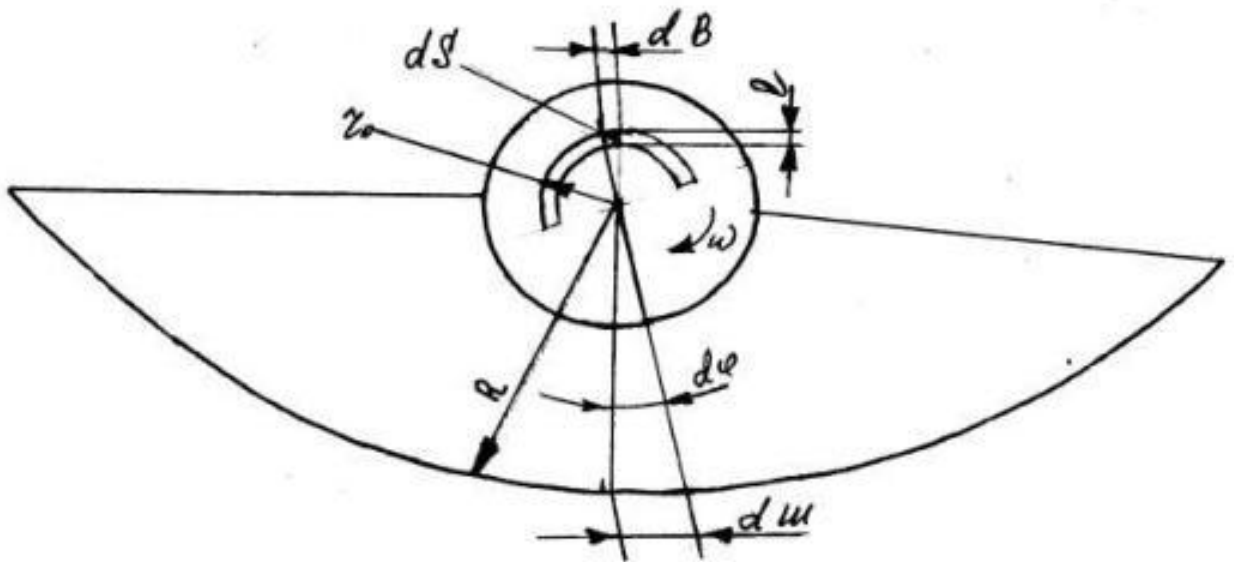


Рисунок 2.4 Схема для определения размеров высевной щели

Так как в середине агрегата радиус R наименьший, то и ширина высевающей щели E будет наименьшим, поэтому величину E в середине задаем равной 0,014м. Задаемся также величиной R в середине из конструктивных соображений равной $R=1,98$ м

Определим величину постоянной k :

$$k = \frac{r_0 E}{R} = \frac{0,11 \cdot 0,014}{1,98} = 0,69.$$

Далее определим ширину щели через каждые 30° , воспользуясь формулой:

$$E = \frac{k}{r_0} R. \#(2.17)$$

Сведем полученные данные в таблицу 2.1

Таблица 2.1 – Параметры высеивающего аппарата

Угол, град	0°	25°	55°	95°	125°	145°	180°
R , м	2,8	2,35	2,24	1,93	2,19	2,72	3,57
E , м	$2,07 \cdot 10^{-2}$	$1,45 \cdot 10^{-2}$	$1,26 \cdot 10^{-2}$	$1,21 \cdot 10^{-2}$	$1,32 \cdot 10^{-2}$	$1,72 \cdot 10^{-2}$	$2,15 \cdot 10^{-2}$

По данной таблице можно изготовить диск с высевной щелью, при ширине высевной щели в середине 0,0125м.

Определение диаметра штанги ветрозащитного кожуха из условий прочности

Расчетная схема приведена на рисунке 3.4.

Исходные данные для расчета:

угол наклона штанги к горизонту - $\alpha = 15^\circ$,

вес ветрозащитного кожуха - $Q = 1700$ Н,

расстояние между опорами в вертикальном направлении - $b = 465$ мм,

расстояние между опорами в горизонтальном направлении - $c = 2100$ мм.

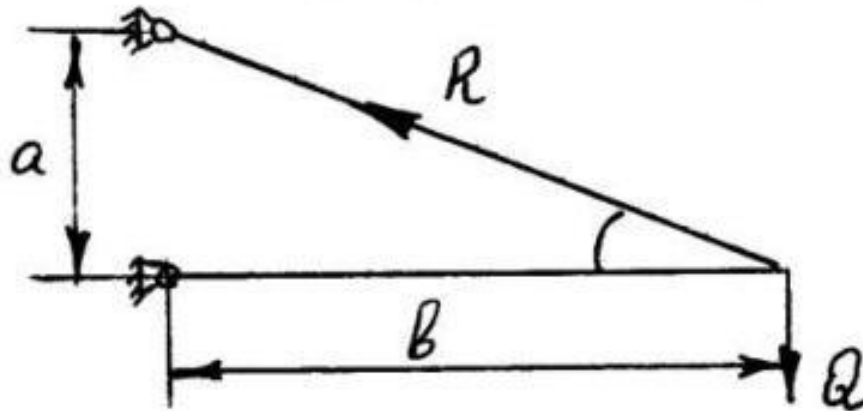


Рисунок 2.5 Схема к определению диаметра штанги
Напишем уравнение моментов относительно опоры O.

$$\sum M_O = 0.$$

$$Q \cdot c - R_{ш} b \cdot \sin \alpha = 0. \#(2.18)$$

Отсюда:

$$R_{ш} = \frac{Q \cdot c}{b \cdot \sin \alpha} \#(2.19)$$

Подставив, получим

$$R_{ш} = \frac{1700 \cdot 2100}{465 \cdot \sin 15^\circ} = 28590 \text{ Н.}$$

Сечение штанги сплошного сечения круглой формы определяем по выражению:

$$F = \frac{R_{ш}}{[\sigma]} \#(2.20)$$

где $[\sigma]$ - допускаемое напряжение, равное

$$[\sigma] = \frac{\sigma_s}{k} \#(2.21)$$

здесь σ_s - временное сопротивление разрыву,

κ - коэффициент запаса принимаем, учитывая динамические нагрузки.
Коэффициент динамичности принимаем равным 2.

Тогда

$$F = \frac{\kappa \cdot R_{из}}{\sigma_s} = \frac{2 \cdot 28590}{370} = 163 \text{ мм}^2.$$

Диаметр стержня равен:

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 165}{3,14}} = 14,3 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр стержня равным 15 мм.

Исходя из расчетов можно сделать вывод, что предлагаемый ветрозащитный кожух значительно повышает показатель равномерности разброса, не повышая энергоемкость машины.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Общий план исследований

Программа проведения экспериментальных исследований заключалась в следующем:

1. Определении влажности минеральных удобрений.
2. Определение влияния влажности на значения аэродинамических свойств минеральных удобрений.
3. Проведение сравнительного исследования равномерности разбрасывания базового и предлагаемого дискового разбрасывателя.
4. Статистическая обработка результатов экспериментов.

3.2 Методика определения влажности минеральных удобрений

Влажность минеральных удобрений определяется методом высушивания навесок в электрических сушильных шкафах. Для определения влажности минеральных удобрений использовался шкаф сушильный стерилизационный ШСС – 80п, термометр ТПК-М, весы ВК- 600.1



Рисунок 3.1 – Шкаф сушильный стерилизационный ШСС – 80п, термометр ТПК-М

Влажность минеральных удобрений определяется в следующем порядке. Берутся 5 весовых стаканчиков и взвешиваются на весах с точностью до 0,01 г. Около 35 г исследуемого минерального удобрения, а размалывается и помещается в отдельную емкость с хорошо притертой крышкой. Из этой емкости отбираются порции весом 5 г и помещаются в весовые стаканчики. В каждый весовой стаканчик необходимо отвешивать точно 5 г размолотого минерального удобрения.



Рисунок 3.2 – Весы ВК-600.1

Предварительно нагреваем сушильный шкаф до температуры 140 °С. После этого помещаем весовые стаканчики в шкаф, предварительно открыв их. Весовые стаканчики в сушильном шкафу в течение 40 минут при температуре $130 \pm 2^\circ\text{C}$. По истечении времени достаём весовые стаканчики из шкафа, закрываем крышками и охлаждаем в течение 15...20 минут.

После охлаждения весовых стаканчиков с навесками и крышками взвешиваем на весах. По разнице в массе до и после высушивания устанавливаем массу испарившейся влаги, которую выражаем в процентах к навеске массой 5 г.

Влажность рассчитываем по формуле:

$$W = \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a} \quad \#(3.1)$$

где a - масса весового стаканчика с крышкой, г;

b - масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого минерального удобрения до высушивания, г;

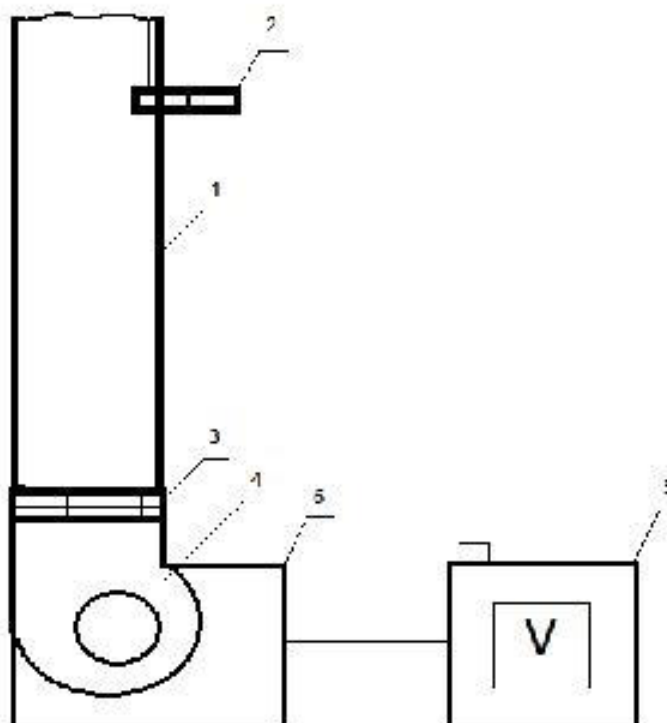
c - масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого минерального удобрения после высушивания, г.

Для каждой пробы проводят два определения влажности. Влажность исследуемой пробы выводят как среднее арифметическое из этих двух определений. Расхождение между двумя определениями допускается не более $\pm 0,5\%$.

3.3 Методика определения влияния влажности на аэродинамические свойства минеральных удобрений

На основе анализа существующей методик [20] определения аэродинамических и средств для проведения таких экспериментов нами была

собрана лабораторная установка для определения критической скорости минеральных удобрений, показанная на рисунке 3.3.



1 – воздушный канал, 2 – анемометр, 3 – металлическая сетчатая решетка, 4 – вентилятор, 5 – латр, 6 – корпус.

Рисунок 3.3 Общий вид лабораторной установки для определения критической скорости минеральных удобрений.

Лабораторная установка состоит из воздушного канала 1, который выполнен из прозрачного акрилового стекла с низким коэффициентом трения. В воздушный канал встроен анемометр 2, характеристики которого указаны в таблице 1. В нижней части воздушного канала находится металлическая сетчатая решетка 3, предназначенная для ввода и вывода исследуемого материала. Размеры отверстий решет имеют размеры меньшей площади, чем исследуемый материал. К металлической решетке прикреплен напорный патрубок вентилятора 4 с подключенным латром 5.

Данная лабораторная установка позволяет измерить критическую скорость минеральных удобрений и изменять, контролировать силу

воздушного потока за счет изменения скорости вращения вентилятора путем регулирования через латр.

Исследования на данной лабораторной установке происходит следующим образом: исследуемый материал через съемную металлическую сетчатую решетку 3 вводится в полость воздушного канала 1 на восходящий поток воздуха под углом в 90 градусов. В это время на исследуемый материал будут действовать две силы: G – сила тяжести и P – сила действия воздушного потока. Когда сила действия воздушного потока будет больше силы тяжести ($P > G$), то исследуемый материал движется вверх, если сила действия воздушного потока меньше силы тяжести ($P < G$), то тело остается в состоянии покоя. В момент равенства силы воздушного потока и силы тяжести ($P = G$), тело будет находиться во взвешенном состоянии, это и будет являться критической скоростью исследуемого материала. Скорость воздушного потока фиксируется на цифровом экране анемометра 2. Частота вращения вентилятора регулируется латром 5. Настроив необходимую скорость воздушного потока, исследователь снимает показываемые данные.

По разработанной схеме была собрана лабораторная установка (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Лабораторная установка

Программа экспериментальных исследований предусматривает определение критической скорости (м/с) в зависимости от нескольких параметров: угла подачи ($\alpha = \text{const}$), форма канала ($F = \text{const}$), скорость потока воздуха (V , м/с), влажность (W , %).

Зная критическую скорость минеральных удобрений, можно вычислить оставшиеся два свойства влияющие на поведение исследуемого материала в воздушном потоке[4]:

- Коэффициент парустности:

$$K_{\text{п}} = \frac{9.8}{V_{\text{кр}}^2} \#(3.2)$$

- Коэффициент аэродинамического сопротивления:

$$K = \frac{K_{\text{п}} \cdot G}{9.8 \cdot \gamma \cdot F} \#(3.3)$$

где $V_{кр}^2$ – критическая скорость исследуемого компонента, м/с;

G – масса компонента, кг;

γ – плотность воздуха, кг/м³;

F – миделево сечение, м².

Полученные результаты можно использовать при обоснования технологических и конструктивных параметров машин для разбрасывания минеральных удобрений.

3.4 Методика проведения сравнительного исследования равномерности разбрасывания базового и предлагаемого дискового разбрасывателя

Сравнительные исследования равномерности разбрасывания базового и предлагаемого дискового разбрасывателя с применением ветрозащитного устройства проводились на базе лабораторной установке по общепринятым методикам [32,33] размеры и технические характеристики представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Технические характеристики дискового разбрасывателя НРУ-0,5.

Ширина захвата, м:	
- при высеве порошковидных туков	6-8
- при высеве гранулированных туков и семян сидератов	до 12
- при работе с ветрозащитными устройствами	6
Производительность, га/час при скорости трактора 8,5 км/ч	3, 4-10
Вместимость бункера, м ³	0,41

Грузоподъемность, кг	500
Возможные нормы высева минеральных удобрений, кг/га:	
- гранулированных	500-2000
- порошковидных	75-520
Рабочая скорость, км/ч	6-12
Габариты, м:	
- длина	1450
- ширина	1370
- высота	1485
Масса, кг	300

Для проведения экспериментов использовали гранулированное удобрение двойной суперфосфат массой 1 кг влажностью 2,8%, состоящие из фосфора 44%, азота 10% и других элементов 46%. Подготовку гранул выполняли на сите с продолговатыми прямоугольными отверстиями шириной 1,65 – 1,75 мм.



Рисунок 3.5 Разбрасыватель с ветрозащитным кожухом

Опыты проводили в трехкратной повторности при номинальной подаче гранулированного удобрения на дисковый разбрасыватель с нормой высева 500 кг/га.

Эффективность рассеивания лабораторным дисковым разбрасывателем без установки ветрозащитного устройства определяли при следующих параметрах:

- норма высева 500 кг/га
- рабочая скорость 8,5 км/ч
- длина прохода 15 м
- ширина захвата 5 м

При определении эффективности рассеивания лабораторного дискового разбрасывателя анализировали влияние ветрозащитного устройства установленного на корпусе дискового разбрасывателя на степень равномерности разброса минеральных удобрений.

Эффективность рассеивания лабораторным дисковым разбрасывателем с установкой ветрозащитного устройства определяли при следующих параметрах:

- норма высева 500 кг/га
- рабочая скорость 8,5 км/ч
- длина прохода 15 м
- ширина захвата 5 м

3.5 Методика статистической обработки результатов экспериментов

Отыскание истинных величин является важнейшей задачей статистической обработки экспериментально-опытных данных, которые характеризуют статистическую совокупность. Полную информацию о проведенном эксперименте получают по следующим характеристикам: среднее значение $\bar{x}$; стандартное отклонение (среднее квадратическое

отклонение) – S ; стандартная ошибка (ошибка средней) – $S_{\bar{x}}$; коэффициент вариации – V

Часто используемой характеристикой является среднее арифметическое значение, представляющая частное от деления совокупности полученных значений на их общее количество:

Часто используемой характеристикой является среднее арифметическое значение, представляющая частное от деления совокупности полученных значений на их общее количество:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x}{n} \quad \#(3.4)$$

Важнейшей характеристикой статистической обработки является среднее квадратичное отклонение, показывающее разброс полученных значений вариантов к среднему показателю распределения, т.е. к средней арифметической:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \#(3.5)$$

где x – значение отдельных вариантов;

$\bar{x}$ – средняя арифметическая;

n – число вариантов.

Среднеквадратическое отклонение – именованное число и выражается в тех же единицах, что и данные измерения. Это затрудняет сравнение разноразмерных признаков для оценки степени их варьирования. Относительный показатель изменчивости изучаемого материала может быть вычислен в виде коэффициента вариации:

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% \quad (3.6)$$

Одна из основных задач статистического анализа – установление степени приближения оценок (средней арифметической, среднего квадратического отклонения и других), вычисленных для выборки, к таким же параметрам генеральной совокупности. Прямая проверка этого, как правило, невозможна, однако теория математической статистики дает возможность с определенной вероятностью установить пределы, в которых находится средняя генеральной совокупности. Для этого вычисляется ошибка средней:

$$S_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3.7)$$

Эта величина, выраженная в тех же единицах измерения, что и средняя арифметическая, характеризует ошибку, которая допускается рассматривая $\bar{x}$ в качестве средней генеральной совокупности. Учитывая это, среднюю арифметическую записывают обычно с ее ошибкой – $\bar{x} = \pm S_{\bar{x}}$. Стандартное отклонение, средняя квадратичная ошибка отдельного измерения определяется по следующей формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_{cp} - m_i)^2}{n}}, \quad n \rightarrow \infty \quad (3.8)$$

где m_{cp} – среднее арифметическое значение;

m_i - значение отдельных вариантов,

Π - повторность (периодичность).

Коэффициент вариации - относительная средняя квадратическая ошибка измеряется в процентах и определяется по формуле:

$$W = \frac{\sigma}{m_{\text{ср}}} \cdot 100\% \quad (3.9)$$

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

4.1 Результаты определения влажности гранулированных удобрений

Одним из основных показателей, характеризующих физико-механические свойства гранулированных удобрений, является влажность, оказывающая влияние на их аэродинамические свойства, оказывающие влияние на траекторию полета. Зная значения этих свойств возможен более эффективный процесс разброса гранулированных удобрений с точки зрения приложения необходимого усилия для равномерного внесения.

Для определения влияния влажности на аэродинамические свойства, эксперименты проводились с гранулированными удобрениями с разной влажностью представленные в таблице 4.1.

Таблица 4.1 Результаты исследований по определению средней влажности гранулированных удобрений.

№ опыта	Двойной суперфосфат, %	Мочевина, %	Аммофос из фосфоритов Кара-Тау, %	Аммиачная селитра стандартная W _{ср} , %
1	3.1	2.5	2.7	1.6
2	3.5	2.8	3.2	2.1
3	3.9	3.2	3.5	2.3
4	4.4	3.6	3.9	2.5

Порядок определения влажности гранулированного удобрения. Процесс определения гранулированного удобрения показан на рисунках (4.1, 4.2).



Рисунок 4.1 – Процесс взвешивания гранулированного удобрения.

Взвешиваем на весах 5 весовых стаканчиков с точностью до 0,01г. Далее исследуемый материал размалываем (примерно 30г) и помещаем в отдельную емкость. Из этой емкости отбираем порции весом ровно 5г и помещаем в весовые стаканчики.



Рисунок 4.2 – Процесс помещения весовых стаканчиков в сушильный шкаф.

Предварительно нагреваем сушильный шкаф до температуры 140°C . После этого, помещаем весовые стаканчики в шкаф, предварительно открыв

их. Весовые стаканчики выдерживаем в сушильном шкафу в течение 40 минут при температуре $130 \pm 2^\circ\text{C}$. По истечении времени достаём весовые стаканчики из шкафа, закрываем крышками и охлаждаем в течение 20 минут.

После охлаждения весового стаканчика с навесками и крышками взвешиваем на весах. По разнице в массе до и после высушивания устанавливаем массу испарившейся влаги, выраженную в процентах к навеске массой 5 г.

Влажность рассчитываем по формуле:

$$w = \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}, \quad (4.1)$$

где a - масса весового стаканчика с крышкой, г;

b - масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого гранулированного удобрения до высушивания, г;

c - масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого гранулированного удобрения после высушивания, г.

Определения влажности для каждой пробы проводят дважды. Влажность исследуемой пробы находят как среднее арифметическое значение из этих двух определений. Расхождение между двумя определениями допускается не более $\pm 0,5\%$.

Данные экспериментов были приведены в Приложении А.

4.2 Результаты исследований определения аэродинамических свойств гранулированных удобрений в зависимости от их влажности

Проведя эксперименты, согласно методике изложенной в разделе 3, нами были проведены эксперименты по определению аэродинамических свойств гранулированных удобрений в зависимости от их влажности.

Данное исследование проводилось на экспериментальной лабораторной установке для определения аэродинамических свойств (рисунок 4.3).



Рисунок 4.3 – Экспериментальная лабораторная установка для определения аэродинамических свойств.

В качестве объекта исследования были выбраны гранулированные удобрения: двойной суперфосфат, мочевины, аммофос из фосфоритов Кара-Тау, аммиачная селитра стандартная.

Вначале, как представлено на рисунке 4.1, 4.2, на весах ВК-600.1 взвешиваем необходимое количество исследуемого материала. На каждом этапе эксперимента исследованию подвергалось 5 грамм исследуемого материала.

Первый эксперимент проводится при влажности 3.1%, с двойным суперфасфатом гранулированным (рисунок 4.4).



Рисунок 4.4 – Регулировка скорости воздушного потока

Как видно из рисунка 4.5, исследуемый материал подается в воздушный канал лабораторной установки.



Рисунок 4.5 – Подача исследуемого материала в воздушный канал.

Таким образом, восходящий по пневматическому каналу воздушный поток, который создается при помощи электродвигателя и вентилятора, захватывает исследуемый компонент и поднимает по пневматическому каналу. Увеличивая воздушный поток до момента равенства сил тяжести и силы воздушного потока, исследуемый компонент начинает витать (рисунок 4.6).



Рисунок 4.6 – Момент витания гранулы суперфосфата.

Затем, как представлено на рисунке 4.7 снимаем показания значения критической скорости.



Рисунок 4.7 – Определение значения критической скорости.

Последующие эксперименты проводились изменяя влажность исследуемого компонента.

1. Влажность двойного суперфосфата: 3,1 %, 3,5%, 3,9 %, 4,4%;
2. Влажность мочевины: 2,5%; 2,8 %, 3,2 %, 3,6 %;
3. Влажность аммофоса из фосфоритов Кара-Тау: 2,7 %, 3,2 %, 3,5 %, 3,9 %;

4. Влажность аммиачной селитры: 1,6 %; 2,1 %; 2,3%; 2,5 %;

По полученным данным, по формуле 3.2 определяем коэффициент парусности и по формуле 3.3 определяем коэффициент сопротивления воздуха.

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод (см. приложение А).

По составленным зависимостям видно, что при минимальных значениях влажности гранулированных удобрений их критическая скорость принимает наименьшее значение в ходе проведенных экспериментов, при более высоких показателях влажности гранулированных удобрений их критическая скорость принимает наибольшее значение. По результатам полученных данных были построены графические зависимости, показывающие влияние содержания влаги на критическую скорость и коэффициент парусности гранулированных удобрений приведены в приложении (см. Приложение Б).

Используемая лабораторная установка позволяет определять критическую скорость гранул минеральных удобрений. Знание этого аэродинамического свойства позволит, при разработке новых сельскохозяйственных машин и их рабочих органов, для внесения минеральных удобрений, рационально выбирать технологические режимы и конструктивное исполнение для повышения эффективности работы.

4.3 Результаты проведения сравнительного исследования равномерности разбрасывания базового и предлагаемого дискового разбрасывателя

Согласно методике изложенной в разделе 3, нами были проведены сравнительного исследования равномерности разбрасывания базового и предлагаемого дискового разбрасывателя на лабораторной установке.

Для проведения сравнительного исследования равномерности разбрасывания базового и предлагаемого дискового разбрасывателя, эксперименты проводились с гранулированными удобрениями.

Сравнительные исследования равномерности разбрасывания с применением базового исполнения и предлагаемого с использованием ветрозащитного устройства проводились на учебной лабораторной установке.



Рисунок 4.3 – Экспериментальная лабораторная учебная установка

Вначале, как представлено на рисунке 4.1, 4.2, на весах взвешиваем необходимое количество исследуемого вида гранулированного удобрения. На каждом этапе эксперимента исследованию подвергалось 1 килограмм исследуемого материала.

Первый эксперимент проводится на базовом дисковом разбрасывателе без установки ветрозащитного устройства.

Затем, как представлено на рисунке 4.4 определяем равномерность разброса удобрений.



Рисунок 4.4 – Определение равномерности разброса.

Результаты исследований показали, что равномерность разброса гранул удобрений без использование ветрозащитного устройства составляет 6,5 баллов по шкале Пестова.

Второй эксперимент проводится на предлагаемом дисковом разбрасывателе с ветрозащитным устройством

Затем, как представлено на рисунке 4.4 определяем равномерность разброса удобрений.



Рисунок 4.5 – Определяем равномерность разброса удобрений.

Таблица 4.2 Результаты исследований с применением базового дискового разбрасывателя

№ опыта	равномерность разброса удобрений, баллов (Шкала Пестова)
1	6,5
2	6,9
3	6,4

При определении равномерности разбрасывания предлагаемого дискового разбрасывателя анализировали влияние ветрозащитного устройства установленного на раму. Результаты исследований представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 Результаты исследований с применением предлагаемого дискового разбрасывателя с ветрозащитным устройством

№ опыта	равномерность разброса удобрений, баллов (Шкала Пестова)
1	9,1
2	9,3
3	8,9

В результате проведенных сравнительных исследований равномерности разбрасывания на лабораторном дисковом разбрасывателе установлено, что применение предлагаемого дискового разбрасывателя с установленным в нем ветрозащитного устройства позволяет повысить равномерность разброса в среднем на 3 балла по шкале Пестова, что в процентном соотношении увеличивает эффективность на 38% при этом не увеличивая удельный расход энергии.

5 ЭФФЕКТИВНОЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПНЕПРЕДЛАГАЕМОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА

5.1 Эффективный расчет и сравнение предлагаемого дискового разбрасывателя

Одним из показателей эффективности машин в сельском хозяйстве является показатель расхода ГСМ. Энергетический анализ позволяет оценивать, как существующие, так и вновь разрабатываемые технологии и средства механизации [40].

В качестве базовой конструкции нами была взята лабораторная установка разбрасывателя гранулированных удобрений.

Полные затраты энергии на разбрасывание минеральных удобрений, определяют, как сумму составляющих прямых и овеществленных энергозатрат, отнесенных к единице продукции.

Оценка эффективности проводилась по коэффициенту энергетических затрат:

$$K_3 = \frac{E_{\text{сн}}}{E_{\text{сб}}} \#(5.1)$$

где $E_{\text{сн}}$ - совокупные затраты технологического процесса новой машины, МДж/т;

$E_{\text{сб}}$ - совокупные затраты технологического процесса базовой машины, МДж/т.

Полные затраты энергии на разбрасывание минеральных удобрений определяются как сумма прямых и овеществленных энергозатрат:

$$E_c = E_n + E_o + \frac{E_{\text{ж}} + E_{\text{об}}}{W} \#(5.2)$$

где E_n - прямые затраты энергии, МДж/т;

E_o - овеществленные затраты энергии, МДж/т;

$E_{\text{ж}}$ - энергозатраты живого труда, МДж/ч;

$E_{\text{об}}$ - энергоемкость оборудования, МДж/ч;

W - эксплуатационная производительность, т/ч.

Исходя из ранее рассчитанных данных, а так же, что предлагаемая машина сконструирована на базе НРУ-0,5, примем следующие значения равными для обеих машин: E_o , $E_{\text{ж}}$, $E_{\text{об}}$, W .

Прямые затраты расхода ГСМ определяются выражением:

$$E_n = H_3 \times K_3 \#(5.3)$$

где H_3 - расход ГСМ, кг/га

K_3 - коэффициент перевода, 3,6;

$$E_{n1} = 3 \times 3,6 = 10,8$$

$$E_{n2} = 2,2 \times 3,6 = 7,92$$

Исходя из полученных значений найдем коэффициент энергетических затрат:

$$K_3 = \frac{7,92}{10,8} = 0,73$$

Предлагаемый разбрасыватель гранулированных минеральных удобрений с применением ветрозащитного кожуха имеет более высокие показатели распределения удобрения без увеличения затрат ГСМ, так как совокупные затраты расхода ГСМ такие же как у базового дискового разбрасывателя НРУ-0,5 без ветрозащитного кожуха.

5.2 Расчет экономической эффективности внедрения дискового разбрасывателя с ветрозащитным устройством

Экономическая эффективность предлагаемого дискового разбрасывателя определялась по общепринятой методике [11].

Расчет экономической эффективности предлагаемого дискового разбрасывателя проведен путем сравнения его с дисковым разбрасывателем НРУ-0,5.

Исходные данные для проведения расчета экономической эффективности базового НРУ-0,5 и предлагаемого дискового разбрасывателя приведены в таблице.

Таблица 5.1 - Исходные данные для расчета экономической эффективности дискового разбрасывателя

№ п/п	Наименование	Ед. измерения	НРУ-0,5	Предлагаемый разбрасыватель
----------	--------------	------------------	---------	--------------------------------

1	Производительность	Га/ч	14,5	14,5
2	Установленная мощность	кВт	6	6
3	Диаметр разбрасывающего диска	мм	520	520
4	Частота вращения разбрасывающего диска	мин -1	740	735
5	Скорость полета гранулы	м/с	до 10	до 12
7	Угол установки диска горизонту	град	90	90
8	Масса	кг	300	315
9	Эффективность разброса по шкале Пестова	балл	6,5	8,9
10	Часовая тарифная ставка	руб.	100	100
11	Балансовая стоимость	руб.	90000	97000
12	Обслуживающий персонал	чел.	1	1
13	Норма амортизации	%	10	10
14	Норма затрат на ремонт и ТО	%	10	10
15	Отчисления на социальные нужды	%	30	30
16	Годовая загрузка	ч.	850	850

17	Стоимость ГСМ	руб.	47,2	47,2
18	Коэффициент использования рабочего времени	-	0,9	0,9

Исходя из полученных экспериментальных и теоритических значений по определению производительности было установлено равенство значений базовой и предлагаемой машины.

Сравним энергоёмкость процесса базовой и предлагаемой машины рассчитанную во 2 главе:

$$\mathcal{E}_6 = 6 \text{ кВт}$$

$$\mathcal{E}_n = 6 \text{ кВт}$$

Учитывая конструирование ветрозащитного устройства на базе НРУ-0.5, то принимаем значения, производительности труда, трудоемкость процесса равными по отношению к друг другу.

Определим фондоемкость процесса выражением

$$\Phi = \frac{C_6}{Q \times t_c \times \tau \times 365} \#(5.4)$$

где C_6 – балансовая стоимость машины (на 15% больше оптовой цены)

Суммарные эксплуатационные затраты определяются выражением

$$C_{\text{эксп}} = C_{\text{от}} + C_{\text{энер}} + C_A + C_{\text{рем}} \#(5.5)$$

$C_{\text{от}}$ – оплата труда рабочему с начислениями, руб/т;

$C_{\text{энер}}$ – стоимость ГСМ, руб/т;

C_A – затраты на амортизацию устройства, руб/т;

$C_{\text{рем}}$ – затраты на текущий ремонт и хранение, руб/т.

$$C_{\text{от}} = \frac{t_{\text{час}}}{Q \times \tau} \# (5.6)$$

$$C_{\text{энер}} = \frac{Ц_{\text{э}} \times N \times t_{\text{год}}}{365 \times Q \times t_c \times \tau} \# (5.7)$$

где $Ц_{\text{э}}$ - стоимость 1 л дизельного топлива, $Ц_{\text{э}} = 47,20$ руб/л.

N - потребляемая мощность, кВт;

$t_{\text{год}}$ - годовое рабочее время, ч.

$$C_A = \frac{C_6 \times a}{365 \times Q \times t_c \times \tau \times 100} \# (5.8)$$

где a – норма отчислений на реновацию, % ($a = 10$ %)

$$C_A = \frac{C_6 \times a_1}{365 \times Q \times t_c \times \tau \times 100} \# (5.9)$$

где a_1 - норма отчислений на текущий ремонт и хранение, $a_1 = 10$ %

Годовая экономия в расчете на одно устройство определяется выражением:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (C_{1\text{эксп}} + C_{2\text{эксп}}) \times 365 \times Q \times t_c \times \tau \# (5.10)$$

Срок окупаемости капиталовложений определяется выражением:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\mathcal{E}_{\text{год}}} \# (5.11)$$

где K – дополнительные капиталовложения.

Коэффициент эффективности капиталовложений определяется выражением:

$$E = \frac{1}{T_{ок}} \# (5.12)$$

Результаты вычислений экономической эффективности сведены в таблицу

Таблица 5.2 Сравнительные технико-экономические показатели эффективности предлагаемого дискового разбрасывателя с ветрозащитным устройством

№ п/п	Показатели	Единица измерения	Базовая машина	Предлагаемая машина
1	Часовая производительность	га/ч	14,5	14,5
2	Энергоемкость процесса	кВт/ч	6	5,8
3	Фондоемкость процесса	руб/т	61	58
4	Годовая экономия	руб	-	31920
5	Годовой экономический эффект	руб	-	31950
6	Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений	год	-	3
7	Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений		-	0,22

При малом изменении металлоемкости процесса и неизменности производительности труда, трудоемкости процесса разбрасывания гранулированных минеральных удобрений при использовании

разработанного дискового разбрасывателя с ветрозащитным устройством эффективность разбрасывания увеличивается на 38%.

Годовая экономия от снижения стоимости продукции, за счет уменьшения количества проходов внесения, а также от качества получаемого продукта составляет 31920 руб.

Энергоемкость процесса разбрасывания при использовании разработанного дискового разбрасывателя не увеличивается.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

При выполнении научно-исследовательской работы нами был проанализирован ряд существующих, используемых в сельскохозяйственном производстве конструкций дисковых разбрасывателей гранулированных удобрений.

На основе анализа существующих конструкций машин для разбрасывания минеральных удобрений нами была разработана новая конструкция дискового разбрасывателя гранулированных удобрений с применением ветрозащитного устройства, где увеличение равномерности минеральных удобрений достигается тем, что при попадании удобрений на кожух ветрозащитного устройства происходит распределение удобрений по

заданной траектории. Дополнительно появляется возможность разброса минеральных удобрений в ветреную погоду.

Анализ работы предлагаемого технического решения показал, что применение предлагаемого дискового разбрасывателя с ветрозащитным устройством повышает равномерность разбрасывания, при этом энергоемкость оборудования не увеличивается.

Проведенные технологические и конструктивные расчеты позволяют сделать вывод, что применение предлагаемого дискового разбрасывателя с ветрозащитным устройством от других известных машин такого типа, имеет лучшую равномерность, достаточно мало потребляет электроэнергию и может быть эффективна в работе в любую погоду, как отдельно, так и в комплексе с другими машинами в условиях постоянного роста цен на энергоносители.

Для проведения научных исследований по определению аэродинамических свойств гранулированных минеральных удобрений нами была собрана лабораторная установка, на которой проведены эксперименты по определению аэродинамических свойств в зависимости от его влажности.

Результаты эксперимента показали, что при меньшем содержании влажности в гранулах удобрений их критическая скорость принимает минимальное значение, при более высоком содержании влажности гранул удобрений его критическая скорость принимает максимальное значение, эксперимент проводился в диапазоне влажности от 3% до 5%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артюшин А. М., Тостоусов В. П., Халитов А. Х. Минеральные удобрения и дозы их внесения. М., «Колос», 1967.
2. Догановский М.Г., Козловский Е.В. Машины для внесения удобрений. М., «Машиностроение», 1972. 272 с.
3. Ефимов В.Н. Система применения удобрений /В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, Г.И. Сеницин // – М.: Колос, 1984.– 272 с., ил.
4. Забродин В.П. Контроль и управление процессами внесения минеральных удобрений. Ростов-на-Дону. ООО «Тера»; ИПК «Гефест», 2003. – 124с.: ил.

5. И.Г. Ихсанов., Б.Г. Зиганшин., Д.Т. Халиуллин. Конструктивные особенности дисковых разбрасывателей минеральных удобрений/ Агроинженерия наука XXI века. С.45-50.
6. Ихсанов И.Г., Дисковый разбрасыватель минеральных удобрений / И.Г. Ихсанов., Б.Г. Зиганшин., Д.Т. Халиуллин // Сельский механизатор. 2017 №6 С.15-16.
7. Клятис Л.М. Центробежный разбрасыватель минеральных удобрений // Механизация и электриф. сельского хозяйства - 1964. - №1. - С. 1-4.
8. Комплексная механизация внесения минеральных удобрений: Рекомендации для работников сельского хозяйства. - зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1972. - 16 с.
9. Кругляков М. Л., Кругляков А. М. Механизация подготовки и внесения удобрений. М., «Колос», 1965.
10. Кругляков М. Л., Щербаков А. М. и др. Результаты исследования физико-механических свойств новых минеральных удобрений и их рассеиваемость. Труды НТС ВИСХОМ. М., 1960.
11. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. – М: ГП УСЗ Минсельхозпрома России. –1998.
12. Морин И.В. Некоторые вопросы теории и расчета центробежного аппарата для внесения минеральных удобрений / И.В.Морин // Сборник научных статей. Вып. 1. ВНИИПСЕЛЬХОЗХИМ. Рязань, 1967.
13. Морин И.В. Некоторые закономерности распределения удобрений центробежными аппаратами / И.В. Морин // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. - 1967. - №3. - С. 29-30.

14. Осипов В.Г., Явтушенко В.Е., Устюгов В.М., Крыцкий Г.И. Зависимость эффективности удобрений от равномерности внесения. // Химия в сельском хозяйстве. – 1978 – №1.
15. Павловский И.В. Основы проектирования машин для внесения удобрений в почву. М., Машиностроение, 1965. 120с.
16. Пестов Н. Е. Физико-химические свойства зернистых и порошкообразных химических продуктов. М., изд-во АН СССР, 1947.
17. Полонецкий С.Д. Исследование закономерностей распределения удобрений центробежным диском с применением физического моделирования сектора рассева / С.Д. Полонецкий, В.Д. Переверзев // Материалы НТС. - Вып. 26. -М.: ОНТИ, 1969. -С.57-61.
18. Автоматизированная справочная система «Сельхозтехника» [Электронный ресурс] Сайт: www.AgroBase.ru.
19. Проспекты и презентации фирмы Amazone. [Электронный ресурс] Web: www.amazone.ru.
20. Сендряков И.Ф. Обоснование допустимых показателей неравномерности внесения удобрений центробежными разбрасывателями / И.Ф. Сендряков, Н.Г. Овчинникова, Б.А. Главацкий // Бюллетень ВИУА. - Вып.49. - М., 1980.
21. Скользаев В.А. Методика технологического расчета центробежных дисковых аппаратов / В.А. Скользаев, В.А. Черноволос // Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства: Сб. - Вып. XIII. - Зерноград, ВНИПТИМЭСХ, 1969. -С.135-140.
22. Скользаев В.А. Элементы теории распределения удобрений дисковым центробежным аппаратом / В.А. Скользаев, В.А. Черноволос // Тракторы и сельхозмашины. 1969. -№2. -С.27-29.
23. Сметнев С. Д., Кругляков М. Л., Плащевский М. А. Многоструйный пневмоцентробежный аппарат для высева гранулированных

- минеральных удобрений. «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства», 1969, № 4.
24. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. (В двух томах). Том 1. М., Машгиз. 1962. стр.855 с илл.
 25. СССР 41308 А 01 С 15/00. Прибор для исследования работы разбрасывателей удобрений. /В.А.Скользаев, В.А.Черноволов, А.П.Жилин/ №1758711/30-15 Заявл. 15.0372. Оpubл. "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки", 1974.- №41.
 26. Стратегия машинно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственной продукции России на период до 2010 года. – М.:ВИМ, 2003.
 27. Сысоев И.В. Обоснование параметров диска и направляющего устройства центробежных аппаратов разбрасывателей удобрений / И.В. Сысоев, В.А. Черноволов // Записки Ленинградского СХИ. - Т. 174. - 1973. - С. 10-15.
 28. Усманов Д.Ф., Д.Т. Халиуллин. Равномерное распределение удобрений залог получения качественного урожая /Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики. -С.219.
 29. Филиппов Э.Ф. Влияние размеров гранул и примеси пыли на равномерность внесения удобрений и урожай ячменя / Э.Ф. Филиппов // Вестник сельскохозяйственной науки. -1969.- №7.- С. 93-97.
 30. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины. – М.: КолосС, 2004. – 624 с.: ил.
 31. Хоменко М.С. Исследование технологического процесса рассева минеральных удобрений центробежным аппаратом / М.С. Хоменко // Тракторы и сельхозмашины, 1960.-№9. -С. 31-33.
 32. Черноволов В.А. Аналитический метод проектирования оптимального контура ветрозащитного устройства для центробежного разбрасывателя удобрений.- В сб.: Совершенствование технологических процессов и конструкции сельскохозяйственных,

- машин. - Ростов-на-Дону. Изд. Ростовского университета, 1974, с. 22-30.
33. Черноволов В.А. Корректировка контура ветрозащитного устройства. - В сб.: Совершенствование технологических процессов сельскохозяйственных машин. Записки ЛСХИ - Л., 1972, т.202, с. 27-31.
34. Черноволов В.А. Общие закономерности распределения удобрений центробежным дисковым аппаратом / В.А. Черноволов // Материалы НТС ВИСХОМ. - Вып.26. -М.:ОНТИ, 1969. -С.63-71.
35. Черноволов В.А., Ужахов Т.М. Влияние уклонов поля и координат зоны подачи на направление выброса удобрений машинами с центробежным аппаратом. // Изв.вузов Сев.-Кав. Регион. Технические науки. Спец. вып. Технологии и механизация агропромышленной сферы. – Новочеркасск: 2005. – С. 47 – 51.
36. Черноволов В.А., Ужахов Т.М. Оптимизация перекрытия смежных проходов агрегата при внесении минеральных удобрений. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М.:2005. – №3. –С. 24 – 26.
37. Шихов Н.И. Контроль качества работы машин для внесения твердых минеральных удобрений / Н.И. Шихов, Ю.А. Капустин, Э.А. Шакиров // Техника в сельском хозяйстве. - 1984. - №8. -С. 38.
38. Якимов Ю.И. Исследование факторов, влияющих на распределение удобрений однодисковыми центробежными аппаратами / Ю.И. Якимов // Материалы НТС ВИСХОМ. Вып.26. - М.: ОНТИ, 1969. - С.81-89.
39. Якимов Ю.И. Экспериментальные исследования распределения удобрений центробежными разбрасывателями /Ю.И. Якимов, С.И. Волосников // Тракторы и сельхозмашины, 1967. -№12.-С. 27.
40. Якубаускас В.И. Технологические основы механизированного внесения удобрений / В.И. Якубаускас. - М.: Колос, 1973. -231 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Результаты исследований по определению влажности гранулированных удобрений

Таблица А.1 Результаты исследований по определению влажности двойного суперфосфата.

Номер весового стаканчик а, №	Масса весового стаканчика с крышкой - а, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого зерна до высушивания- в, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого зерна после высушивания- с, г	Влажность w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ $w, \%$	Средняя влажность $w_{cp}, \%$
100	19,85	24,85	24,61	4,8	5
041	21,30	26,30	26,055	4,9	
088	19,90	24,90	24,635	5,3	
017	19,94	24,94	24,7	4,8	
035	19,98	24,98	24,72	5,2	

Таблица А.2 Результаты исследований по определению влажности двойного суперфосфата.

Номер весового стаканчик а, №	Масса весового стаканчика с крышкой - а, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого зерна до высушивания- в, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого зерна после высушивания- с, г	Влажность w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ $w, \%$	Средняя влажность $w_{cp}, \%$
--	--	--	--	--	--------------------------------------

100	19,85	24,85	24,698	3,8	4
041	21,30	26,30	26,136	4,1	
088	19,90	24,90	24,744	3,9	
017	19,94	24,94	24,78	4	
035	19,98	24,98	24,812	4,2	

Таблица А.3 Результаты исследований по определению влажности двойного суперфосфата.

Номер весового стаканчик а, №	Масса весового стаканчи ка с крышкой - а, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого зерна до высушиван ия- в, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолото го зерна после высушива ния- с, г	Влажность w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ $w, \%$	Средняя влажнос ть $w_{\text{ср}}, \%$
100	19,85	24,85	23,98	2,9	3
041	21,30	26,30	25,34	3,2	
088	19,90	24,90	23,97	3,1	
017	19,94	24,94	24,1	2,8	
035	19,98	24,98	24,08	3	

Таблица А.4 Результаты исследований по определению влажности мочевины.

Номер	Масса	Масса	Масса	Влажность	Средняя
-------	-------	-------	-------	-----------	---------

весового стаканчик а, №	весового стаканчи ка с крышкой - а, г	весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого зерна до высушиван ия- в, г	весового стаканчика с крышкой и навеской размолото го зерна после высушива ния- с, г	w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ w, %	влажнос ть $w_{\text{ср}}$, %
100	19,85	24,85	23,275	2,3	2,5
041	21,30	26,30	25,625	2,7	
088	19,90	24,90	24,25	2,6	
017	19,94	24,94	24,34	2,4	

Таблица А. 5 Результаты исследований по определению влажности мочевины.

Номер весового стаканчик а, №	Масса весового стаканчи ка с крышкой - а, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого зерна до высушиван ия- в, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолото го зерна после высушива ния- с, г	Влажность w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ w, %	Средняя влажнос ть $w_{\text{ср}}$, %
100	19,85	24,85	24,01	2,8	3
041	21,30	26,30	25,43	2,9	
088	19,90	24,90	23,97	3,1	
017	19,94	24,94	23,98	3,2	

Таблица А.6 Результаты исследований по определению влажности мочевины.

Номер весового стаканчик а, №	Масса весового стаканчи ка с крышкой - а, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого зерна до высушиван ия- в, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолото го зерна после высушива ния- с, г	Влажность w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ $w, \%$	Средняя влажнос ть $w_{cp}, \%$
100	19,85	24,85	24,73	3,3	3,5
041	21,30	26,30	26,18	3,7	
088	19,90	24,90	23,78	3,4	
017	19,94	24,94	24,81	3,6	

Таблица А.7 Результаты исследований по определению влажности аммофос из фосфоритов Кара-Тау.

Номер весового стаканчик а, №	Масса весового стаканчи ка с крышкой - а, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого зерна до высушиван ия- в, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолото го зерна после высушива ния- с, г	Влажность w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ $w, \%$	Средняя влажнос ть $w_{cp}, \%$
--	--	--	---	--	---------------------------------------

100	19,85	24,85	24,09	2,8	2,7
041	21,30	26,30	25,51	2,9	
088	19,90	24,90	24,06	3,1	
017	19,94	24,94	24,07	3,2	

Таблица А.8 Результаты исследований по определению влажности аммофос из фосфоритов Кара-Тау.

Номер весового стаканчик а, №	Масса весового стаканчи ка с крышкой - а, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого зерна до высушиван ия- в, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолото го зерна после высушива ния- с, г	Влажность w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ $w, \%$	Средняя влажнос ть $w_{ср}, \%$
100	19,85	24,85	23,87	2,8	3,5
041	21,30	26,30	26,19	2,9	
088	19,90	24,90	24,79	3,1	
017	19,94	24,94	24,78	3,2	

Таблица А.9 Результаты исследований по определению влажности аммофос из фосфоритов Кара-Тау.

Номер весового стаканчик а, №	Масса весового стаканчи ка с крышкой	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской	Влажность w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ $w, \%$	Средняя влажнос ть $w_{ср}, \%$
--	--	--	--	--	---------------------------------------

	- а, г	размолотого зерна до высушивания- в, г	размолото го зерна после высушива ния- с, г		
100	19,85	24,85	24,74	2,8	3,8
041	21,30	26,30	25,43	2,9	
088	19,90	24,90	26,19	3,1	
017	19,94	24,94	23,82	3,2	

Таблица А.10 Результаты исследований по определению влажности аммиачной селитры стандартной

Номер весового стаканчик а, №	Масса весового стаканчи ка с крышкой - а, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого зерна до высушиван ия- в, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолото го зерна после высушива ния- с, г	Влажность w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ $w, \%$	Средняя влажнос ть $w_{\text{ср}}, \%$
100	19,85	24,85	24,29	2,8	2
041	21,30	26,30	25,72	2,9	
088	19,90	24,90	24,28	3,1	
017	19,94	24,94	23,3	3,2	

Таблица А.11 Результаты исследований по определению влажности аммиачной селитры стандартной

Номер весового стаканчик а, №	Масса весового стаканчи ка с крышкой - а, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого зерна до высушиван ия- в, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолото го зерна после высушива ния- с, г	Влажность w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ $w, \%$	Средняя влажнос ть $w_{\text{ср}}, \%$
100	19,85	24,85	24,01	24,21	2,2
041	21,30	26,30	25,43	26,02	
088	19,90	24,90	23,97	24,21	
017	19,94	24,94	23,98	24,23	

Таблица А.12 Результаты исследований по определению влажности аммиачной селитры стандартной

Номер весового стаканчик а, №	Масса весового стаканчи ка с крышкой - а, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолотого зерна до высушиван ия- в, г	Масса весового стаканчика с крышкой и навеской размолото го зерна после высушива ния- с, г	Влажность w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ $w, \%$	Средняя влажнос ть $w_{\text{ср}}, \%$
100	19,85	24,85	25,6	2,8	2,5
041	21,30	26,30	25,57	2,9	

088	19,90	24,90	24,12	3,1	
017	19,94	24,94	24,14	3,2	

Приложение Б

Зависимости влияния влажности на аэродинамические свойства
компонентов гранулированного минерального удобрения

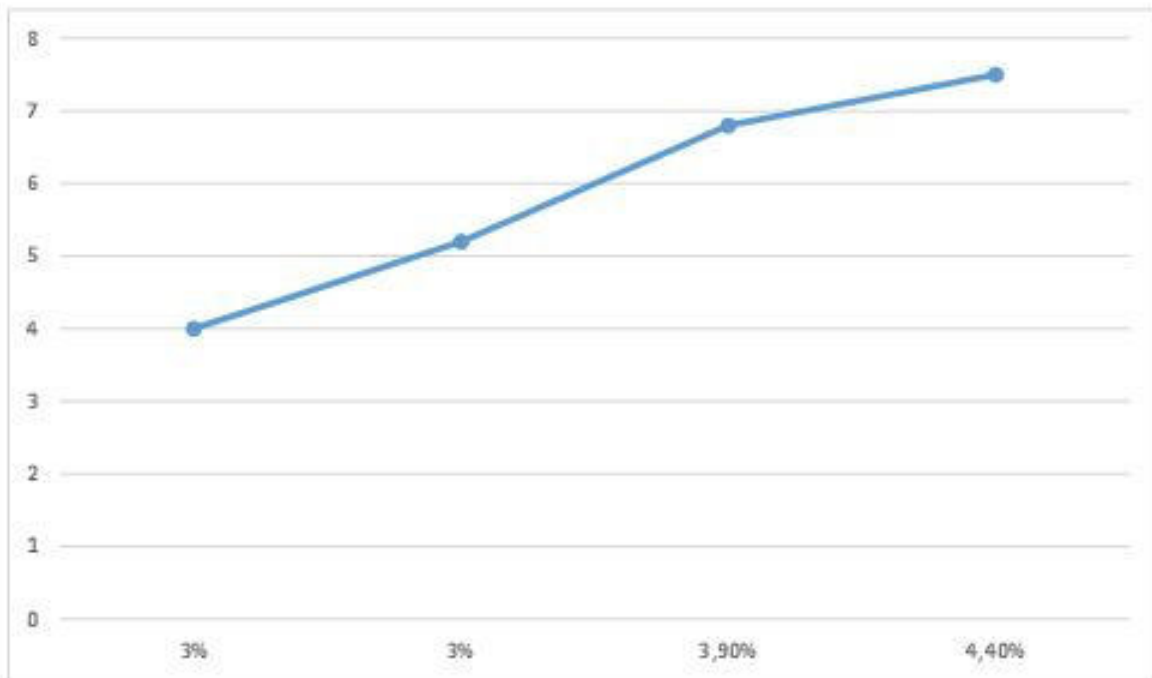


Рисунок Б.1 Влияние влажности на критическую скорость гранулированного двойного суперфосфата

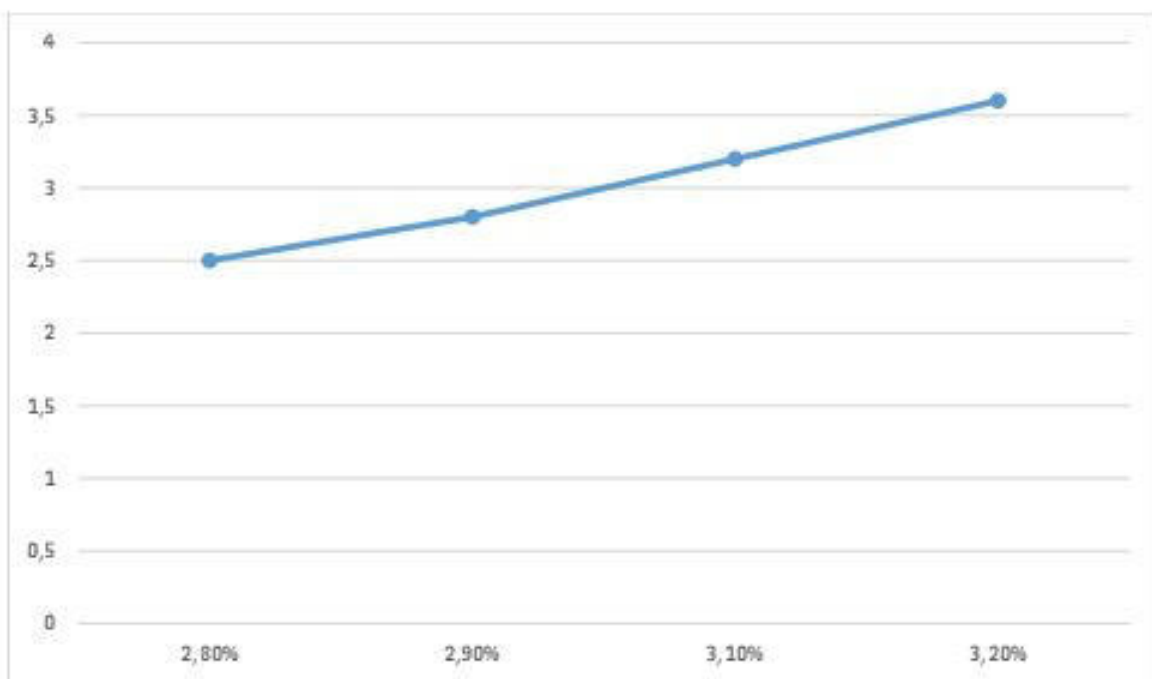


Рисунок Б.2 Влияние влажности на критическую скорость мочевины.

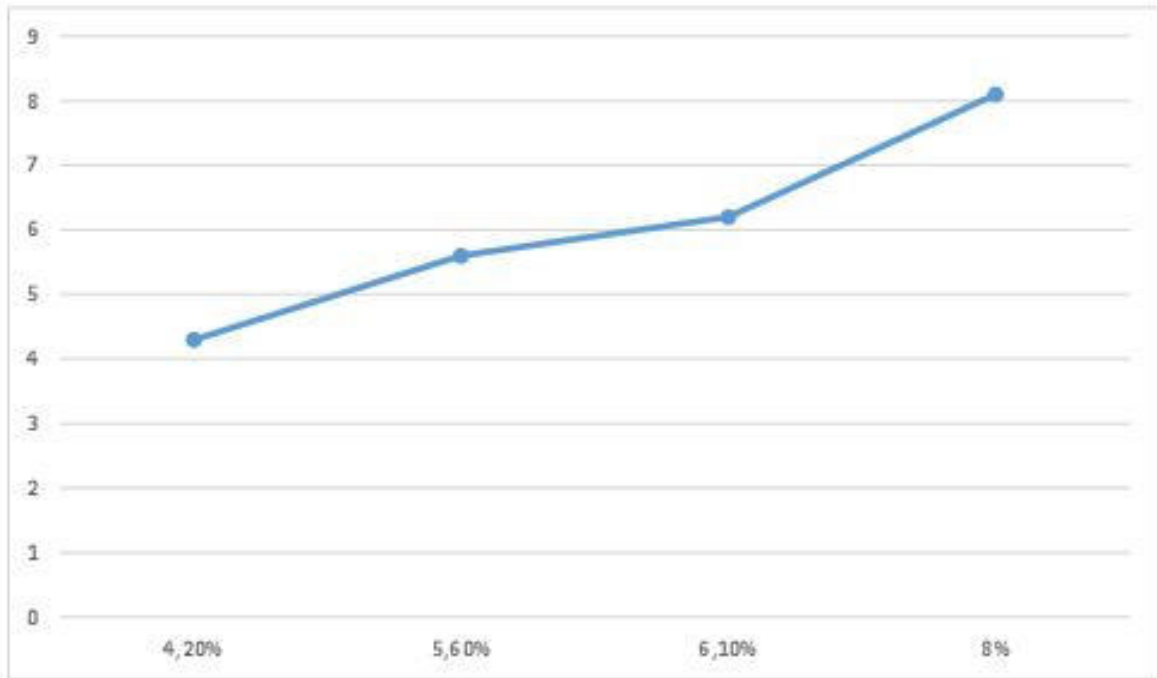


Рисунок Б.3 Влияние влажности на критическую скорость аммофоса из фосфоритов Кара-Тай.

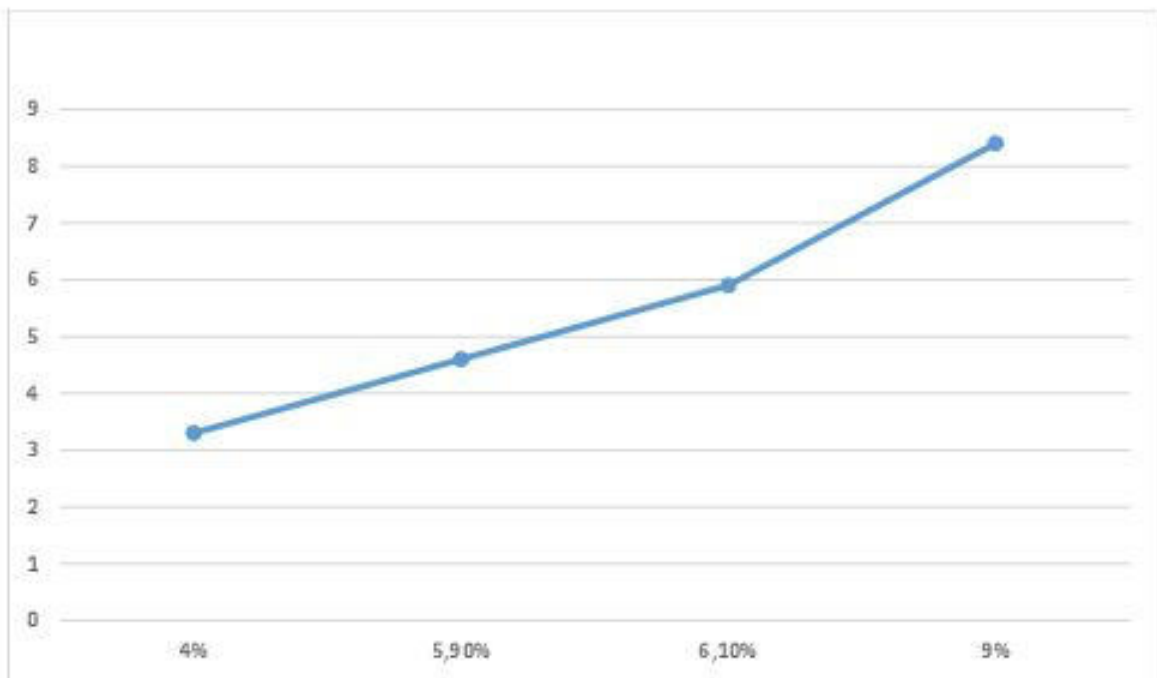


Рисунок Б.4 Влияние влажности на критическую скорость аммиачной селитры.