

**ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»
Институт механизации и технического сервиса**

На правах рукописи

 15.06.2020
(подпись, дата)

Сабиров Раис Фаритович

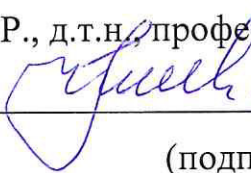
**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
ПРОТРАВЛИТЕЛЯ СЕМЯН
КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ БИОПРЕПАРАТАМИ**

Научно-квалификационная работа (диссертация)

на соискание квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь»
по направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и
энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве

Научный руководитель

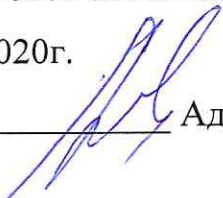
Валиев А.Р., д.т.н., профессор

 15.06.2020
(подпись, дата)

Обсуждена на заседании кафедры и допущена к представлению научного
доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной
работы (диссертации) на государственной итоговой аттестации

(протокол № 21 от 15 июня 2020г.

Зав. кафедрой д.т.н., профессор

 Адигамов Н.Р.

Казань – 2020

СОДЕРЖАНИЕ

	стр
ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	
1.1 Предпосевная обработка семян культурных растений биопрепаратами	13
1.2 Агротехнические требования к процессу протравливания семян биопрепаратами	14
1.3 Способы протравливания семян защитными и стимулирующими биопрепаратами	17
1.4 Анализ существующих технических средств для протравливания семян биопрепаратами	19
1.5 Анализ теоретических исследований влияния рабочих органов на жизнедеятельность биоагентов биопрепаратов	38
1.6 Анализ теоретических исследований по описанию процесса взаимодействия семян с препаратами в жидкой форме	38
1.7 Задачи исследования	39
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРОТРАВЛИВАТЕЛЯ СЕМЯН КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ БИОПРЕПАРАТАМИ	19
2.1 Конструктивно-технологическая схема пневмомеханического протравливателя семян культурных растений биопрепаратами	41
2.2 Обоснование параметров пневмомеханического протравливателя семян культурных растений биопрепаратами	47

2.3 Математическая модель взаимодействия воздушного потока с рабочим раствором в распылителе рабочего состава биопрепарата	50
2.4 Определение параметров случайного взаимодействия твердых частиц и капель суспензии в камере протравливателя зерна	55
ГЛАВА 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	
3.1 Программа и методика исследований	74
3.2 Методика лабораторных исследований	81
3.3 Методика обработки экспериментальных данных	88
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	
4.1 Определение влияния конструктивно-технологических параметров распылителя на жизнедеятельность биологических агентов биопрепаратов	90
4.2 Определение обеспечения создания необходимой среды из рабочего состава биопрепарата для нанесения биологического агента на поверхность семени	97
4.3 Определение равномерности распределения биологического агента по поверхности семени	98
4.4 Определение производительности рабочих органов	100
4.5 Определение расхода рабочей жидкости	101
4.6 Производственные опыты	102
ГЛАВА 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	
5.1 Расчет массы и стоимости конструкции	109

5.2 Расчет технико-экономических показателей конструкции и их сравнение	111
ВЫВОДЫ	117
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	119
ПРИЛОЖЕНИЯ	126

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы.

Перед сельским хозяйством стоит задача полного удовлетворения населения Республики Татарстан продуктами питания. В целях решения этой важной задачи предусматривается дальнейшее развитие научно-технического процесса во всех отраслях агропромышленного комплекса.

Отечественный и мировой опыт показывает, что применение техники для защиты растений обеспечивает 50-70% прироста урожая. Повышение производительности этой техники и экономия дорогостоящих препаратов при малообъемном адаптированном внесении средств защиты растений позволяют не только увеличить объем выращиваемой сельскохозяйственной продукции, но и значительно сократить затраты и загрязнение окружающей среды.

В условиях острого дефицита средств механизации для защиты растений в регионах Российской Федерации идут спонтанные процессы роста производства и модернизации существующей техники.

Этот, казалось бы, положительный фактор промышленного роста на практике приводит к отрицательным результатам. Разработка и производство новой техники для защиты растений в регионах России осуществляется без учета современных достижений отечественной и зарубежной науки, требований государственных и отраслевых стандартов, технологических и экологических требований. При росте номенклатуры технических средств в регионах появляется множество однотипных конструкций, при этом в условиях жесткой конкуренции идет борьба не за качество и высокий технический и технологический уровень машин для защиты растений, а за уменьшение цены путем использования комплектующих низкого качества и недопустимого упрощения конструкции в ущерб требованиям экологической безопасности и безопасности труда.

Так же остро стоит вопрос снижения химической нагрузки на растениеводство в целом и постепенный переход на биологизацию производства продукции растениеводства.

Значительное влияние физико-механических характеристик рабочих процессов машин для защиты растений на динамику численности полезных микроорганизмов биопрепаратов ставит перед нами цель разработать технологический процесс и технические средства для обработки семян защитно-стимулирующими препаратами биологического типа.

Степень разработанности темы.

До настоящего времени в нашей стране проведено недостаточно исследований по разработке рациональной технологии нанесения биологических препаратов на поверхность семян с целью повышения их всхожести и урожайности сельскохозяйственных культур.

Анализ используемых для защиты растений технических средств и литературных источников показал, что специально разработанных для работы с биопрепаратами машин не существует. Поэтому в настоящее время актуальными являются исследования, направленные на совершенствование технических средств для защиты растений приспособленных к работе с биологическими препаратами, учитывающими их особенности и обеспечивающих высокую эффективность их применения.

Теоретические исследования в области протравливания семян биологическими препаратами в настоящее время направлены в основном на рассмотрение отдельных элементов технологических процессов. Теоретическое обоснование взаимодействия биологических препаратов и семян в процессе протравливания в целом практически не рассматривается. Вследствие этого, математическое обоснование процесса протравливания семян биологическими препаратами является актуальной задачей.

Цель исследований.

Повышение эффективности нанесения биопрепаратов на семена растений путём разработки технологий и технических средств для проведения работ по протравливанию семян, возделываемых в сельском хозяйстве культур.

Объект исследования.

Технологический процесс обработки семян биопрепаратами в пневмомеханическом протравливателе.

Предмет исследования.

Закономерности влияния конструктивно технологических параметров пневмомеханического протравливателя на качество обработки семян биопрепаратами.

Методология и методы исследований.

В теоретических исследованиях использованы положения и методы классической механики, а также вероятностно-статистические методы. Экспериментальные исследования выполнены с использованием стандартных и частных методик их проведения.

Моделирование аэродинамических процессов производилось методом конечных элементов, а также в пакетах программ КОМПАС-3D-6.5 и Flow Vision 2.5. Полученные данные обрабатывались методами математической статистики с использованием пакета Microsoft Office Excel 2003.

Научная новизна основных положений, выносимых на защиту.

1. Разработана математическая модель технологического процесса работы пневмомеханического протравливателя семян биопрепаратами с учетом геометрических характеристик (линейных размеров, форм и площади поверхности), физические факторы воздействия на микроорганизмы

биопрепаратов (температура, давление) и вероятностной природы взаимодействия смеси «семена – воздух – капли жидкости биопрепарата».

2. Определено минимальное потребное время взаимодействия семян с каплями жидкости биопрепарата в пневмомеханическом протравливателе для получения равномерного покрытия семян биопрепаратами в соответствии с агротехническими требованиями.

3. Теоретически обоснована возможность взаимодействия потока распыленных частиц биопрепарата с псевдооживленным потоком семян в пневмомеханическом протравливателе

Новизна технического решения предложенного пневмомеханического протравливателя семян биопрепаратами подтверждена патентами РФ на изобретение № 2681640, 2675302 и полезные модели № 195491, 181323, 183231.

Теоретическая значимость работы.

Разработанная математическая модель позволяет определить вероятность попадания на семена жидких биопрепаратов, а также траектории перемещения и время смешивания семян с препаратами внутри пневмомеханического протравливателя.

Практическая значимость работы.

По результатам исследований обоснованы конструктивно-технологические параметры, создан опытный образец пневмомеханического протравливателя, обеспечивающий более качественное выполнение технологического процесса по сравнению с аналогами.

Разработанный пневмомеханический протравливатель позволяет увеличить степень покрытия поверхности обрабатываемых семян биопрепаратами без потери жизнеспособности микроорганизмов.

Степень достоверности и апробация результатов.

Достоверность научных положений и результатов теоретических исследований обеспечена использованием при анализе экспериментальных данных стандартных пакетов прикладных программ, подтверждена совпадением расчетных и экспериментальных данных, а также результатами лабораторно-полевых опытов.

Основные научные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на научно-технических и научно-практических конференциях: Национальная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», посвященная 40-летию Белгородского ГАУ. 2019, Международная научно-практическая конференция Института механизации и технического сервиса. 2019, Региональная научно-практической конференция «АГРОИНЖЕНЕРНАЯ НАУКА XXI ВЕКА» Казань, 18 января 2018 г.

Опытный образец пневмомеханического протравливателя использовался для предпосевной обработки семян в СХП «Авангард» Буинского района Республики Татарстан в 2019-2020 гг.

Вклад автора в проведенные исследования.

Выполнено теоретическое исследование процесса взаимодействия псевдооживленного потока семян с биопрепаратами и произведена его численная реализация, разработан опытный образец пневмомеханического протравливателя и выполнено теоретическое обоснование его конструктивно-технологических параметров, проведены исследования опытного образца в лабораторных и производственных условиях, обработка экспериментальных данных и их анализ, апробация результатов исследований.

На защиту выносятся следующие основные положения:

1. Математическая модель технологического процесса работы протравливателя семян биопрепаратами с учетом геометрических характеристик (линейных

размеров, форм и площади поверхности), Физические факторы воздействия на микроорганизмы биопрепаратов (температура, давление) и вероятностной природы взаимодействия смеси «семена – воздух – капли жидкости».

2. Конструктивно-технологическое обоснование параметров протравливателя семян биопрепаратами.

3. Результаты теоретических и лабораторно-полевых исследований эффективности применения предлагаемых решений.

Перечень публикаций

1. Сабиров Р.Ф. Распылитель жидкости / Сабиров Р.Ф., Валиев А.Р., Зиганшин Б.Г., Халиуллин Д.Т., Дмитриев А.В., Абделфаттах А.Х.А.О., Низамов Р.М., Сафин Р.И. // Патент на полезную модель RU 195491 U1, 29.01.2020. Заявка № 2019123645 от 22.07.2019.

2. Sabirov R.F. Technological factors influence on the work efficiency of the feed grinder / Goma I.M., Kashapov I.I., Khaidarov R.R., Sabirov R.F., Khasanova F.F. // В сборнике: BIO Web of Conferences. 2020. С. 00233.

3. Сабиров Р.Ф. Прогнозирование влияния физических факторов на жизнеспособность микроорганизмов биопрепаратов для защиты растений / Сабиров Р.Ф., Валиев А.Р., Сафин Р.И., Каримова Л.З. // Техника и оборудование для села. 2020. № 4 (274). С. 29-33.

4. Сабиров Р.Ф. Распылитель рабочего состава биопрепарата / Сабиров Р.Ф., Валиев А.Р., Сафин Р.И., Зиганшин Б.Г., Низамов Р.М., Дмитриев А.В., Филиппова Е.А., Каримова Л.З. // Патент на изобретение RU 2681640 C1, 11.03.2019. Заявка № 2018113215 от 11.04.2018.

5. Сабиров Р.Ф. Пневмомеханический протравливатель / Сабиров Р.Ф., Валиев А.Р. // В сборнике: Материалы Национальной научно-практической конференции "Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин

в агропромышленном комплексе", посвященной 40-летию Белгородского ГАУ. 2019. С. 158-162.

6. Сабиров Р.Ф. Нейросетевое моделирование технологических процессов в сельском хозяйстве / Сабиров Р.Ф., Медведев В.М., Яруллин Ф.Ф., Шафигуллин Г.Т. // В сборнике: Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса. Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса. 2019. С. 182-184.

7. Sabirov R. Influence of physical factors on viability of microorganisms for plant protection / Sabirov R., Valiev A., Karimova L., Dmitriev A., Khaliullin D. // В сборнике: Engineering for Rural Development. 2019. С. 555-562.

8. Сабиров Р.Ф. Модульный пневмомеханический протравливатель семян / Сабиров Р.Ф., Валиев А.Р., Сафин Р.И., Зиганшин Б.Г., Низамов Р.М., Дмитриев А.В., Филиппова Е.А., Каримова Л.З., Валиуллин А.Р., Халиуллин Д.Т. // Патент на изобретение RU 2675302 C1, 18.12.2018. Заявка № 2018111383 от 29.03.2018.

9. Сабиров Р.Ф. Форсунка для распыления рабочего состава биопрепарата / Сабиров Р.Ф., Валиев А.Р., Сафин Р.И., Зиганшин Б.Г., Низамов Р.М., Дмитриев А.В., Филиппова Е.А., Каримова Л.З. // Патент на полезную модель RU 181323 U1, 10.07.2018. Заявка № 2018113240 от 11.04.2018.

10. Сабиров Р.Ф. Пневмомеханический протравливатель, адаптированный для работы с биопрепаратами / Сабиров Р.Ф., Валиев А.Р., Сафин Р.И., Зиганшин Б.Г., Низамов Р.М., Дмитриев А.В., Филиппова Е.А., Каримова Л.З., Валиуллин А.Р., Халиуллин Д.Т. // Патент на полезную модель RU 183231 U1, 14.09.2018. Заявка № 2018111370 от 29.03.2018.

11. Сабиров Р.Ф. Технические средства для обработки поверхности семян и их протравливания перед посевом средствами защиты растений / Сабиров Р.Ф., Валиев А.Р., Сёмушкин Н.И. // В сборнике: Агроинженерная наука XXI века.

Научные труды региональной научно-практической конференции. 2018. С. 201-204.

Соответствие научно-квалификационной работы паспорту специальности

Научно-квалификационная работа соответствует пунктам 2 и 7 паспорта научной специальности 05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений; включает 59 рисунков, 19 таблиц.

Основной текст изложен на 131 листах машинописного текста. Список литературы включает 101 источник.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Предпосевная обработка семян культурных растений биопрепаратами

Современные интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур предусматривают применение различных химических средств защиты растений в больших объемах [1,2]

В настоящее время отмечается чрезмерное накопление в растениях и почве химических средств защиты растений, что несомненно приводит к ухудшению экологической обстановки и дополнительной нагрузки на человеческий организм (рисунок 1.1).

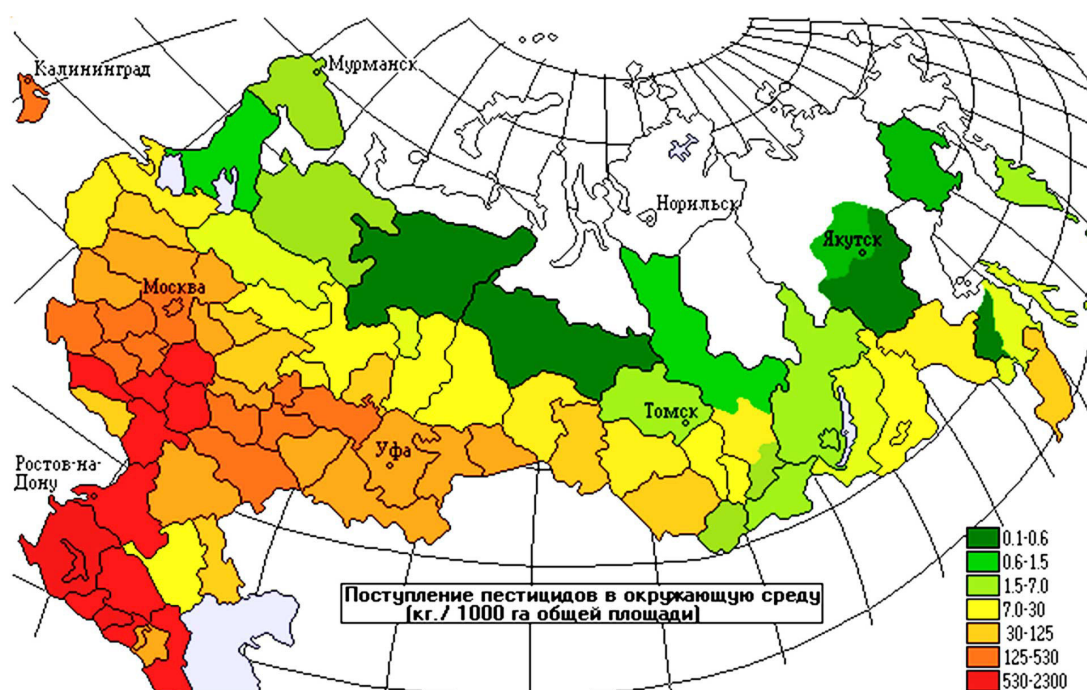


Рисунок 1.1 - Поступление пестицидов в окружающую среду [4]

В связи с этим, в настоящее время во всем мире активно ведутся исследования по созданию различных биологических средств защиты растений, а также совершенствованию технологий их применения.

Более половины от общего объема мирового рынка биологических средств защиты растений потребляется Северной Америкой (прежде всего США), около 40% – европейскими странами. Лидерами по производству биологических средств

защиты растений являются США и Китай, на которые в совокупности приходится более 350 зарегистрированных препаратов.

По прогнозам исследовательской компании «Текарт», мировой рынок биологических средств защиты растений имеет благоприятные перспективы развития. Прежде всего, это связано с ростом платежеспособного спроса на экологически чистую сельскохозяйственную продукцию.[5]

Использование биологических средств защиты ограничивает тот факт, что физико-механическое воздействие на микробиологическую клетку может быть различным. Физические факторы воздействия в виде температуры, давления, света, химических веществ при превышении определенных значений могут приводить к необратимым изменениям в клетках микроорганизмов.

1.2 Агротехнические требования к процессу протравливания семян биопрепаратами

Качественная предпосевная обработка семян прямо зависит от комплексного выполнения необходимых агротехнических требований:

1. своевременность обеззараживания посевного материала;
2. полное и равномерное покрытие семян пестицидами;
3. недопущение травмирования семян в процессе протравливания или предпосевной обработки;
4. соблюдение заданной нормы расхода химических препаратов для данной партии посевного материала;
5. высокая производительность машин, безопасность их в работе, надежность в эксплуатации, удобство в обслуживании;
6. влажность семян не должна превышать установленных стандартов.

Семена с влажностью выше 15 % следует протравливать за два-три дня до посева, а с более низкой влажностью – заблаговременно. Выбор способа протравливания зависит от химического состава протравителей, биологии возбудителей заболевания или вредителей, сорта, состояния и степени зараженности семян, условий их обработки и других факторов.

Эффективность протравливания и предпосевной обработки семян зависит от многих факторов, среди которых важнейшее значение имеет правильная организация технологического процесса.

Перед проведением предпосевной обработки семян, необходимо ознакомить обслуживающий персонал и вспомогательных рабочих с особенностями технологии обработки, а также обучить правилам обращения с пестицидами, устройством и регулировками машин для протравливания, техникой безопасности при работе с пестицидами и агрохимикатами.

Свойства посевного материала – это основа качественного протравливания. Он должен быть чистым, обладать гарантированной высокой способностью к прорастанию и полевой всхожестью. При протравливании семян с влажностью выше 16 % полевая всхожесть семян снижается.

Важнейшей предпосылкой для протравливания является тщательная очистка зерна. В связи с тем, что даже в хорошо очищенном посевном материале после многократной транспортировки вновь образуется зерновая мелочь, в конце транспортного пути перед протравливанием рекомендуется устанавливать дополнительную веялку. Такая дополнительная очистка экономична и надежно предотвращает попадание запыленного зерна в протравитель.

Однако вместе с остями не следует удалять цветковые чешуйки ячменя, поскольку в очищенных от цветковых чешуек зернах накапливается значительно больше действующего вещества, чем в зернах с не удаленными чешуйками. В то же время, если очищенные от цветковых чешуек зерна могут быть повреждены из-за перепротравливания, для остальных зерен может не хватить этого действующего вещества для достаточной защиты. Это относится и к частично очищенному от цветковых чешуек овсу.

Влияние посевного материала на качество протравливания показано в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Влияние свойств семян на качество протравливания

Свойство посевного материала	Причины	Следствие	Способ решения проблемы
Наличие пыли и/или зерновой мелочи	Плохая очистка и длинные пути на складе	Недостаточное протравливание (пыль связывает протравитель) и плохая прилипаемость, пылеобразование	Тщательная очистка зерна (в случае необходимости установление дополнительной веялки перед протравителем)
Низкая объемная масса	Низкая МТЗ и большая доля цветковых чешуек и остей	Неравномерное распределение протравителя и уменьшенная самотечная подача (усиленная водой)	Увеличение количества жидкости путем разбавления ¹ , удаление остей и/или очистка, техническое решение (например, за счет увеличения поперечного сечения ¹)
Низкая МТЗ	Сортовые свойства и метод возделывания	Неравномерное распределение протравителя	Увеличение количества жидкости путем разбавления ²
Шероховатость поверхности	Сортовые свойства и способ возделывания	Уменьшенная самотечная подача (усиленная водой)	Техническое решение (например, за счет увеличения поперечного сечения ¹)
Частично удаленные цветковые чешуйки	Слишком резкое удаление остей	Перепротравливание очищенных и недостаточное протравливание неочищенных от цветковых чешуек зерен	—
Неравномерная окраска зерен	Сортовые свойства	Неравномерный цвет зерна после протравливания	—

1.3 Способы протравливания семян защитными и стимулирующими биопрепаратами

Существует несколько способов протравливания (обработки семян пестицидами). Для каждого из них предназначены свои формы пестицидов.

Микроорганизмы, используемые в биологических препаратах защиты растений, имеют большое разнообразие как по форме выпуска (агрегатное состояние), так и по методу воздействия на болезни и вредителей растений возделываемых в сельскохозяйственном производстве продукции. В сельском хозяйстве применяются биологические средства различной промышленной формы (рисунок 1.2)

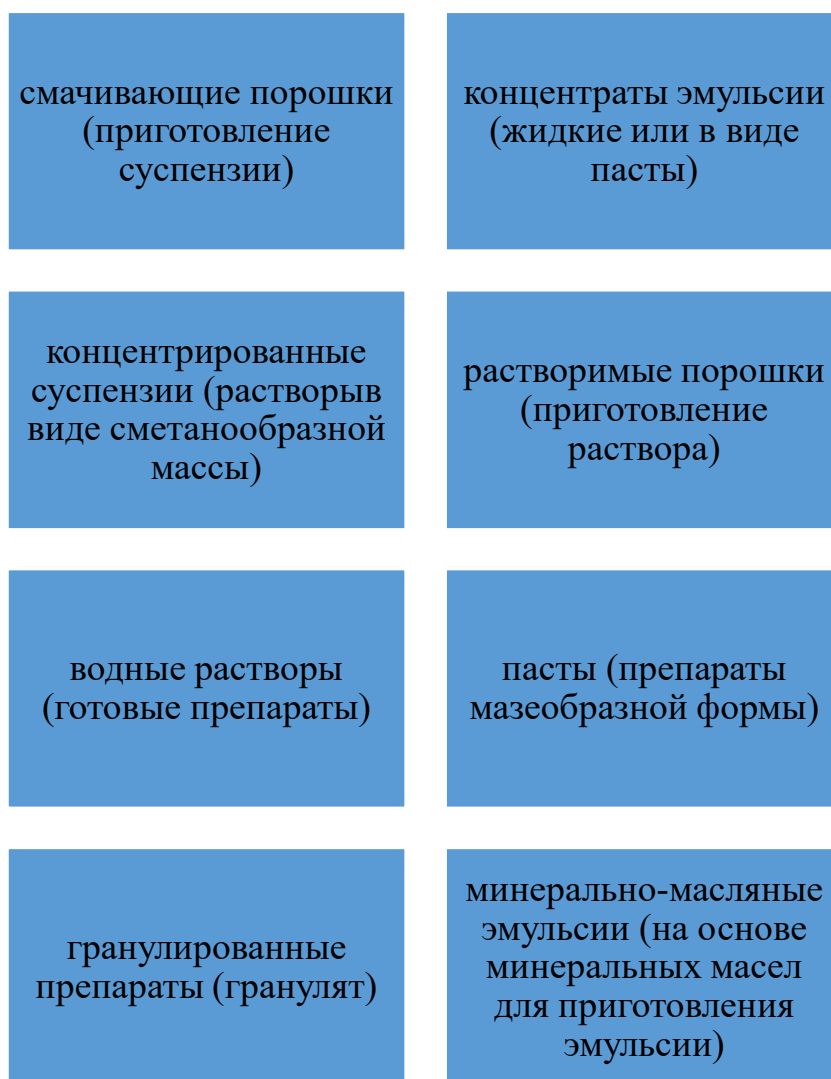


Рисунок 1.2 – Формы биологических средств защиты растений

Растворимые порошки обладают тем преимуществом, что они просты в использовании. Даже в самых простых установках, например в барабанах или в

бетономешалках, обеспечивается очень хорошее и равномерное их распределение на зернах. Кроме того, посевной материал можно обрабатывать независимо от температуры окружающей среды, даже при сильном морозе.

При сухом протравливании, однако, отрицательно сказывается ухудшенная прилипаемость препарата. При определенных условиях это может привести к пылевыведению на местах работы персонала и к значительным потерям действующего вещества (до 30 %). Пыль и зерновая мелочь в посевном материале способствуют увеличению потерь действующего вещества.

Путем добавления воды и прилипателей (например, 500 мл 1%-ного декстрированного раствора на 100 кг) пылевыведение и потери действующего вещества значительно сокращаются.

Смачивающийся порошок – это порошкообразные протравители, которые предварительно разбавляются водой в смесительном сосуде с последующим их использованием в жидком виде. Их прилипаемость лучше, чем сухих протравителей, причем она может быть улучшена за счет добавления специальных прилипателей (например, 5–10 г декстрина на 100 кг посевного материала). Учитывая физические свойства воды, протравители в виде смачивающего порошка должны применяться в соотношении 1000 мл/100 кг, чтобы обеспечить равномерное распределение протравителя. В отдельных случаях это может вызывать ухудшение самотечной подачи протравленного посевного материала, что, однако, технически легко можно исправить.

Свойства основных типов протравителей представлены на рисунке 1.3.

Свойство	сухие порошки	концентраты суспензии	водорастворимая суспензия
растворитель	нет	органические растворители	вода
точность дозирования	от сложной до средней	очень высокая	очень высокая
прилипаемость	плохая	очень хорошая	очень хорошая
распределение	очень хорошее	хорошее	очень хорошее
текучесть протравленного материала	пониженная	пониженная	пониженная
образование пыли	образуется	не образуется	не образуется

Рисунок 1.3 – Свойства основных типов протравителей

1.4 Анализ существующих технических средств для протравливания семян биопрепаратами

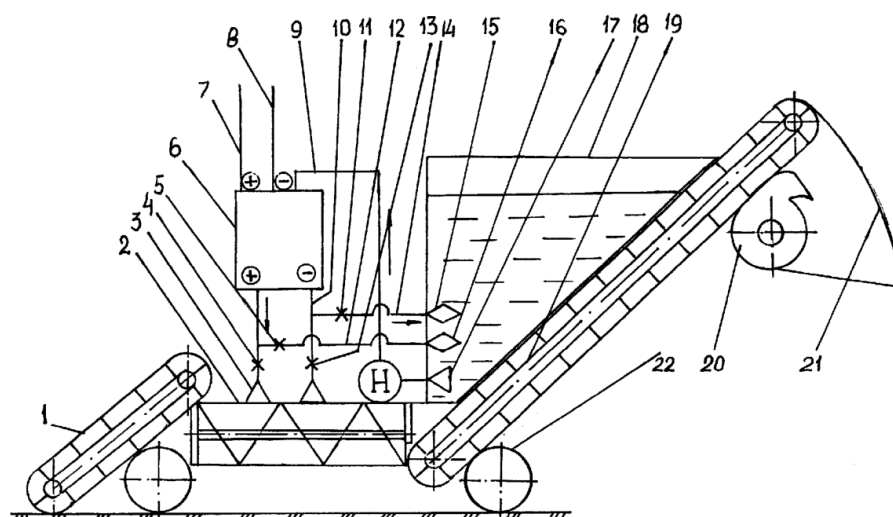
Технология протравливания является одним из решающих факторов, от которого зависит эффективность обработки семян.



Рисунок 1.4 – Организация протравливания семян

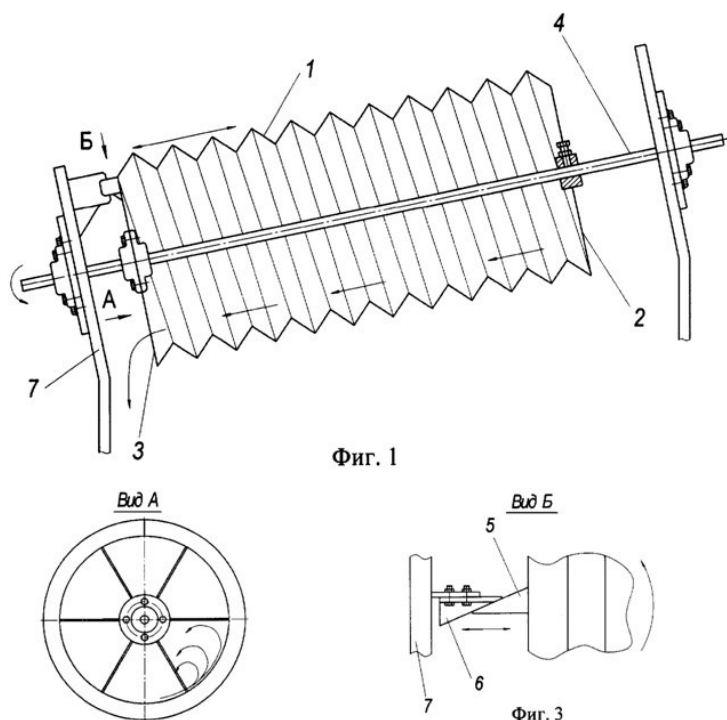
Активное развитие производства биологических средств защиты растений на промышленной основе и широкомасштабное применение их в сельском хозяйстве началось в последние 10-15 лет. При этом для их применения в основном используют средства механизации, предназначенные для работы с химическими препаратами.

Приведем сведения о технических решениях значимых для определения уровня техники в области нанесения средств защиты растений на семена.



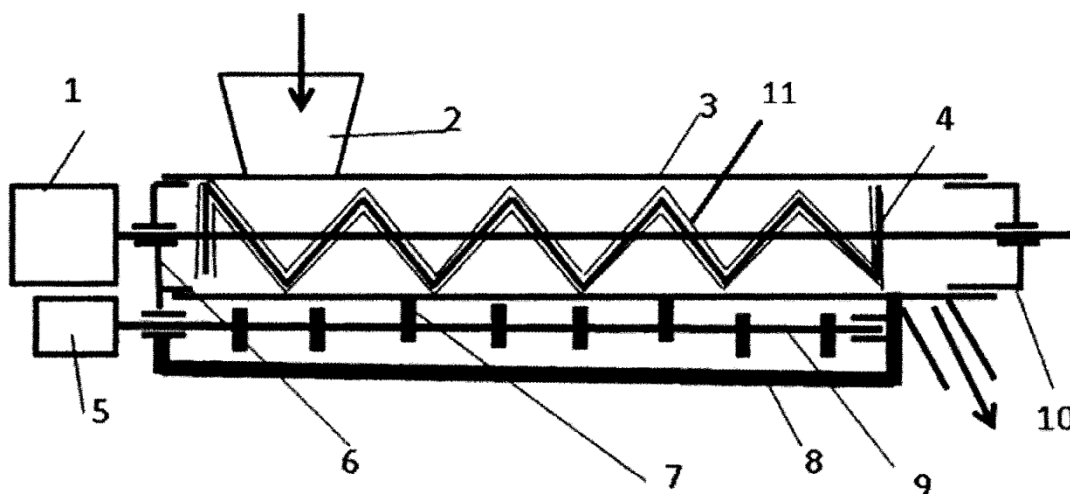
1 – питающий транспортер; 2 – рабочая камера; 3 – трубопровод; 4 – регулировочный вентиль; 5 – электроактиватор; 6, 7 – токопроводы; 8 – бак; 9 – трубопровод; 10 – регулировочный вентиль; 11 – трубопровод; 12 – регулировочный вентиль; 13 – трубопровод; 14 – регулировочный вентиль; 15, 16 – гидромешалка; 17 – насос; 18 – водозаборник; 19 – напорный трубопровод; 20 – выгрузной транспортер; 21 – отбойный щиток; 22 – вентилятор; 23 – гидромотор; 24 – привод тележки; 25 – мотор-редуктор.

Рисунок 1.5 – Установка для обработки семян сельскохозяйственных культур преимущественно электроактивированной водой патент РФ №2307493



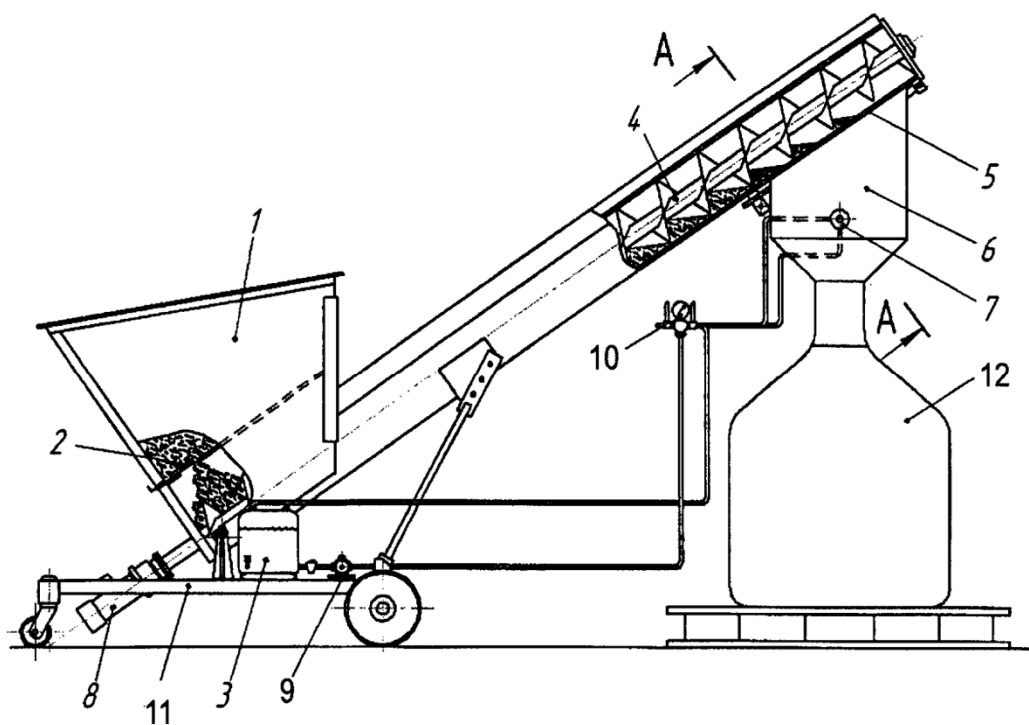
1 – барабан; 2 – приводной диск; 3 – выходной диск; 4 – вал; 5 – упор; 6 – фиксатор; 7 – рама.

Рисунок 1.6 – Устройство для протравливания семян патент РФ №2346422



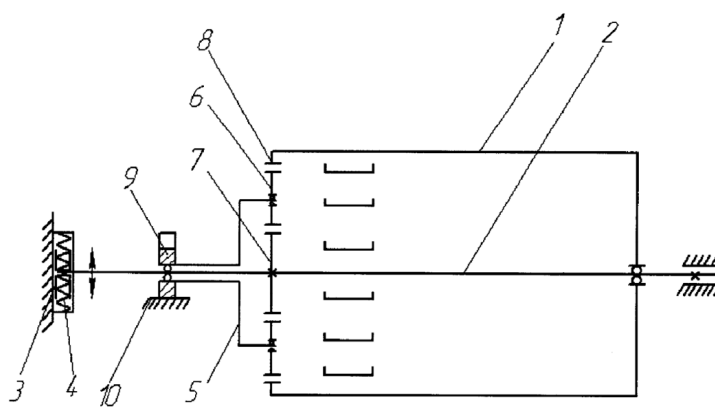
1 – привод шнека; 2 – бункер; 3 – камера обработки; 4 – шнек; 5 – привод побудителя; 6 – опора; 7 – цилиндрические кулачки; 8 – рама; 9 – вал побудителя; 10 – опора; 11 – чехол.

Рисунок 1.7 – Способ предпосевной обработки семян и устройство для его осуществления патент РФ №2618106



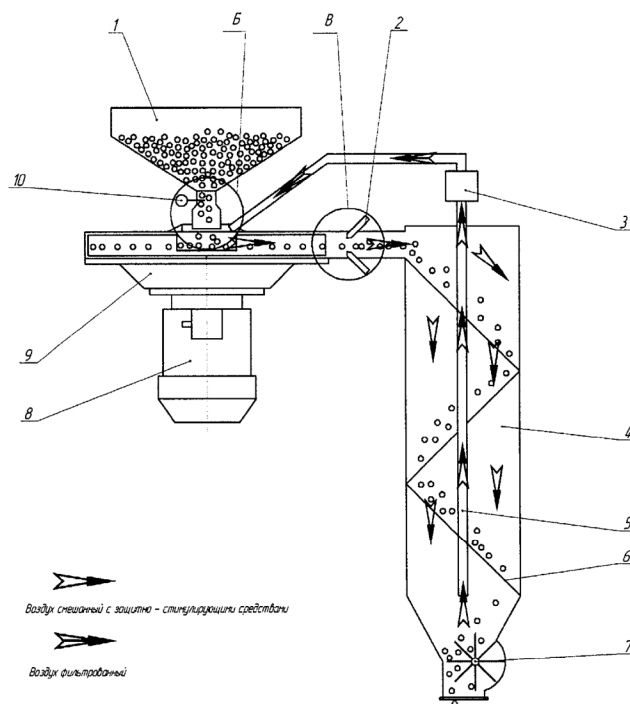
1 –загрузочный бункер; 2 – дозатор семян; 3 – бак; 4 – шнек; 5 – решето; 6 – камера распыливания; 7 – форсунка; 8 – электропривод; 9 – насос; 10 – регулятор давления; 11 – рама; 12 – выгрузной бункер.

Рисунок 1.8 – Протравливатель семян патент РФ №2603514

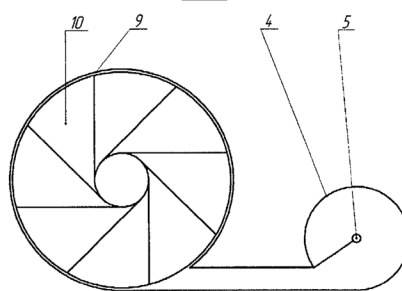


1 – барабан; 2 – ось; 3 – опора; 4 – демпфер; 5 –

Рисунок 1.9 – Устройство для предпосевной обработки семян патент РФ
№2395953

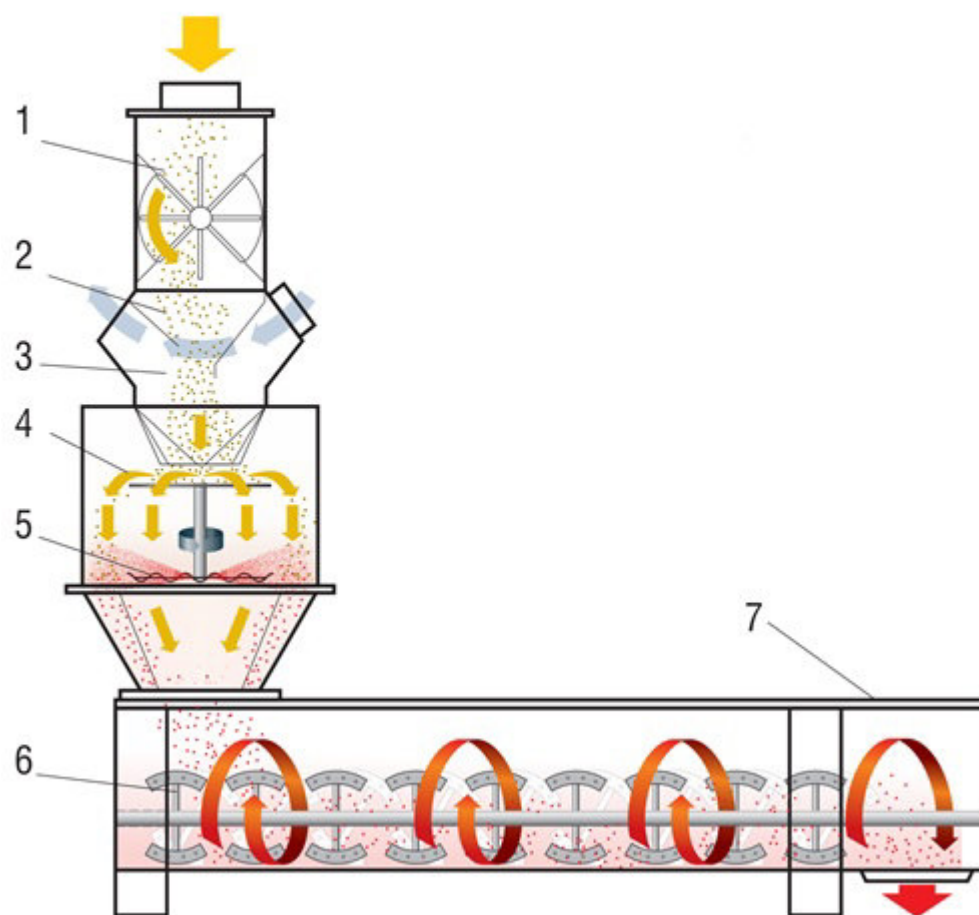


Фиг. 2
А - А



Фиг. 3

Рисунок 1.10 – Протравливатель семян пневмомеханического типа патент РФ
№2380876



1 – шлюзовой дозатор; 2 – загрузочная воронка; 3 – поперечный воздушный сепаратор; 4 – диск распределения продукта; 5 – диск-распылитель протравителя; 6 – дополнительный смеситель со сменными лопастями; 7 – выход протравленных семян.

Рисунок 1.11 – Протравливатель СТ 25 PETKUS Technologie GmbH

Протравливатель состоит из загрузочного отверстия, камеры протравливания с распределительным и распылительным диском, дозатором с насосом и дополнительным шнековым смесителем. В качестве привода используются моторы-редукторы. Управление протравливателем осуществляется с помощью сенсорного экрана на электрошкафу.



Рисунок 1.12 – Протравливатель G40
Graham Seed Treating Systems Factory

Протравливатель выполнен в виде отдельной камеры протравливания цилиндрической формы, которая монтируется на погрузочный шнек в зоне разгрузочного окна. В камеру протравливания под давлением через распылители подается рабочий состав. В камере установлен пассивный дисковый распределитель потока семян, обеспечивающий равномерное распределение их по периметру рабочей камеры.



Рисунок 1.13 – Протравливатель STROM WestfieldIndustries

Протравливатель спроектирован на базе шнекового транспортера семян. Он включает выгрузной шнек, нижняя часть которого подсоединена к контейнеру с протравливателем, дозирующий ленточный конвейер, электронную систему управления с сенсорным экраном, два перистальтических насоса, которые подают рабочую жидкость в камеру смешивания.

Анализ выявленных охраняемых технических решений показывает, что:

- для обработки поверхности семян сельскохозяйственных культур и их протравливания перед посевом средствами защиты растений от стрессов разработаны шнековые, камерные, барабанные, пневмомеханические и комбинированные протравливающие машины. Известные протравливающие машины обеспечивают следующие способы протравливания семян: с увлажнением, сухой, полусухой, мокрый, мелкодисперсный, пленкообразующий, универсальный.

Протравливающие машины выполнены мобильными или стационарными, и как правило, оснащены загрузочным бункером или подающим устройством, делителем потока семян, камерой протравливания, смесителем рабочего состава, распылителями рабочего состава, дозирующими устройства подачи семян и рабочего состава, выгрузным устройством, приводами рабочих органов.

Подача семян в камеру протравливания обеспечивается из специального бункера или непосредственно из бурта посредством транспортирующих устройств механического или пневматического типа. Перемещение

протравливаемой массы семян обеспечивается воздушным потоком, самотеком под действием силы тяжести, шнеком или транспортером.

Равномерность покрытия поверхности семян рабочим составом обеспечивается установкой устройства для распределения потока семян, поступающего в камеру протравливания. Они выполнены в виде плоских или сферических дисков, имеющих гладкую или ребристую поверхность. Для этих целей также часто применяются рабочие органы конической формы. В большинстве протравливающих машинах рабочие органы для распределения потока семян выполнены вращающимися вокруг своей оси и имеют электрический или гидравлический привод.

Подача рабочего состава в камеру протравливания в большинстве машинах осуществляется под давлением через распылители. В качестве распылителей применяются щелевые форсунки, эжекторы, центробежные распределители. В отдельных случаях применяется подача рабочего раствора самотеком.

Камеры протравливания семян, в случае, когда они составляют отдельный рабочий орган, выполнены цилиндрической формы с вертикальным или горизонтальным расположением. Они также могут быть совмещены с транспортирующим рабочим органом протравливателя. В этом случае они имеют наклонное расположение.

Некоторые протравливатели оснащены аспирационно-очистительной системой, которая обеспечивает удаление излишнего количества рабочего состава из камеры протравливания для использования ее по замкнутому циклу.

По результатам анализа выявленных патентных и иных документов установлено, что повышение производительности и снижение затрат на протравливание семян достигается совмещением его с процессом погрузки семян путем установки камеры протравливания на транспортирующих рабочих органах погрузочных машин. Равномерность обработки поверхности семян рабочим составом достигается подачей рабочего состава в камеру протравливания под давлением через распылители различной конструкции и установкой

распределителей потока семян, подаваемых в камеру протравливания, для обеспечения максимального контакта каждой семени с рабочим составом.

Наиболее значимыми разработками, которые следует рассматривать в качестве ориентиров достигнутого уровня технического совершенства в исследуемой области, являются патенты России № 131562 (авторы: Исаев Юрий Михайлович, Семашкин Николай Михайлович, Злобин Вадим Александрович, Писчаскин Антон Владимирович), № 2346422 (авторы: Камалетдинов Рим Рашитович, Хайруллин Рамиль Магзинурович, Хасанов Эдуард Рифович, Сираев Рустам Хамитович), № 2618106 (авторы: Суханова Майя Викторовна, Суханов Андрей Валерьевич, Малиновский Станислав Владиславович), № 2603514 (авторы: Сорокин Николай Тимофеевич, Рычков Виктор Анатольевич, Глазунов Иван Сергеевич, Васильев Сергей Сергеевич, Филатов Виктор Алексеевич), № 2380876 (авторы: Нуруллин Эльмас Габбасович, Дмитриев Андрей Владимирович, Халиуллин Дамир Тагирович, Маланичев Игорь Вячеславович, Чернявский Сергей Алексеевич, Нуруллин Эльнар Эльмасович), патенты США № 9392739 (авторы: Greg Renyer, Jim Renyer), № 9302231 (авторы: Jerry DuBois, Scott Bohemann), патенты Китайской народной республики № 104396381 (авторы Sunyong Го), а также протравливатели, выпускаемые компанией «Ростсельмаш» - ПШ-5 (Россия), компанией «PETKUSTechnologieGmbH» – СТ 25 (Германия), компанией «GrahamSeedTreatingSystemsFactory» –G40 (Канада), компанией «WestfieldIndustries» – STROM (Канада).

Результаты анализов показали, что абсолютное большинство технических средств для обработки поверхности семян сельскохозяйственных культур и их протравливания перед посевом предназначены для работы с химическими средствами защиты растений. Поэтому целесообразным является создание новых технических решений в данной области, которые учитывают особенности применения биологических средств защиты растений от стрессов. При этом, для нанесения биологического агента с максимальным сохранением его активности и соблюдением агротехнических требований к качеству обработки семян необходимо совершенствовать рабочие органы протравливателей, где происходит

подача рабочего состава и непосредственное сопряжение его с обрабатываемыми семенами, то есть - распылителей рабочего состава и камеры протравливания.

Анализ выявленных охраняемых технических решений указывает на следующие, значимые для выполнения ПНИЭР тенденции развития в области:

-технических средств для обработки поверхности семян и их протравливания перед посевом биологическими средствами защиты растений от стрессов:

а) В последние годы все активнее ведется совершенствование и разработка новых конструктивных решений, направленных на повышение эффективности машин, а также их отдельных узлов и деталей, предназначенных для протравливания семян сельскохозяйственных культур. Так, общее количество зарегистрированных патентов в области протравливающих машин и их рабочих органов имеет стабильный восходящий тренд за последние 10 лет (рисунок 1.14).

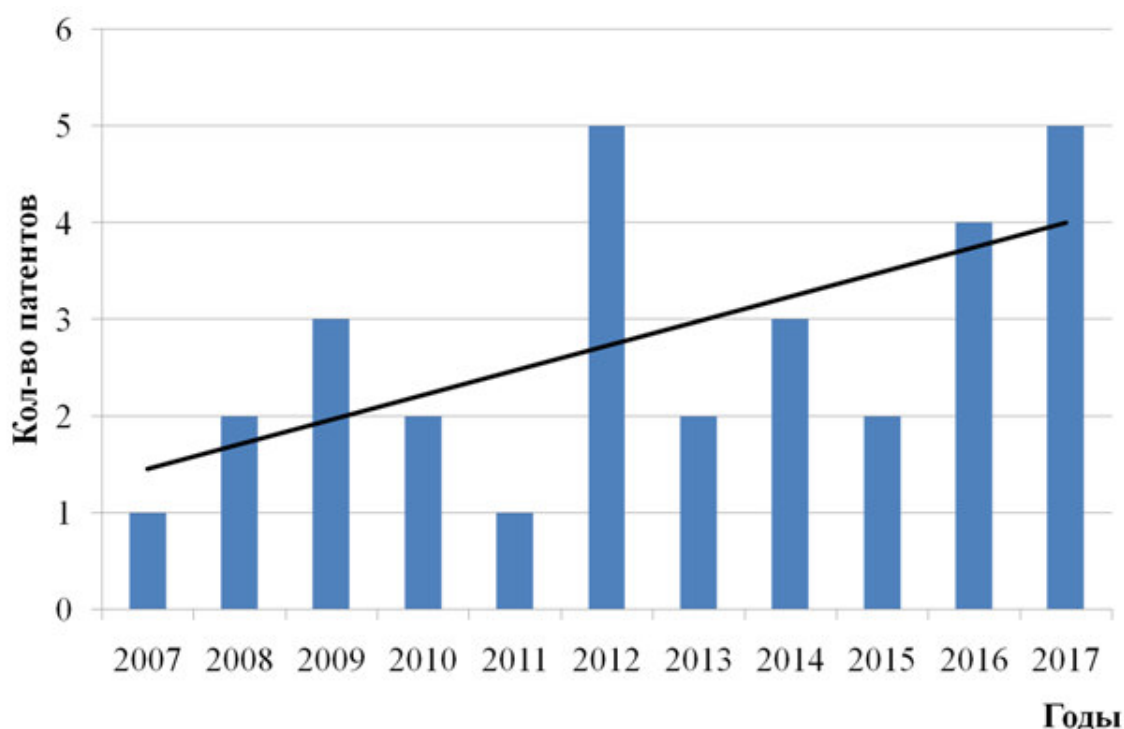


Рисунок 1.14 - Количество выявленных патентов по годам публикации

б) При этом активные исследования в этой области ведутся научными институтами и вузами России, что подтверждается значительным количеством выявленных охранных документов на технические решения в исследуемой

области (24 патента из 30), зарегистрированных в Российской Федерации (рисунок 1.15).

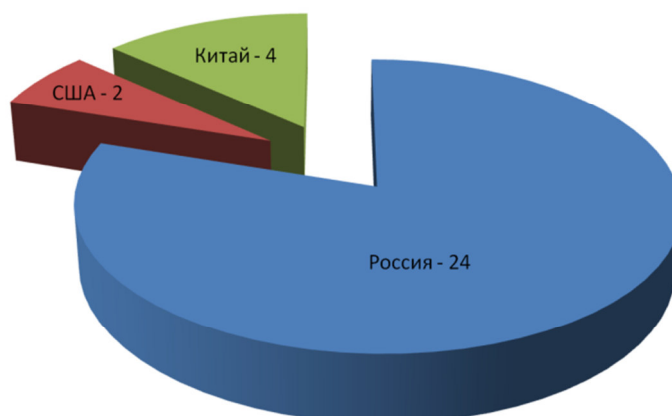


Рисунок 1.15 – Количество выявленных патентов по странам регистрации

в) Совершенствование технических средств для предпосевной обработки семян осуществляется преимущественно путем создания протравливателей, имеющих смешивающего устройства шнекового и камерного типа. Так, большинство проанализированных устройств для нанесения рабочего раствора на семена имеют шнековые (8 патентов), либо камерные (9 патентов) рабочие органы (рисунок 1.16). Небольшое количество разработанных машин имеют в своем составе как камеру протравливания, конструктивно расположенную отдельно от транспортирующих узлов, так и устройство домешивания обрабатываемого семенного материала в виде шнековых рабочих органов. Такое распределение типов выявленных протравливающих машин позволяет сделать вывод о необходимости комбинированного подхода в разработке машины для протравливания семян в процессе подготовки семенного материала к посеву.

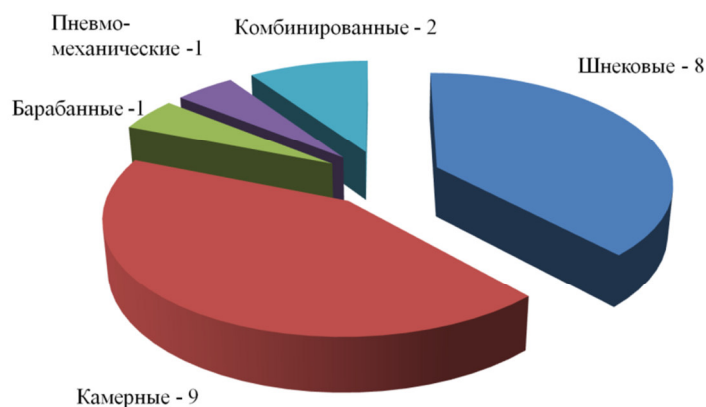


Рисунок 1.16 – Количество выявленных патентов по типам смешивающих устройств

г) Стабильное количество зарегистрированных патентов по годам на протравливающие машины с камерой протравливания со шнековыми рабочими органами (рисунок 1.17) свидетельствует о потенциале дальнейшего развития технических средств для предпосевной обработки семян на основе рабочих органов данного типа.

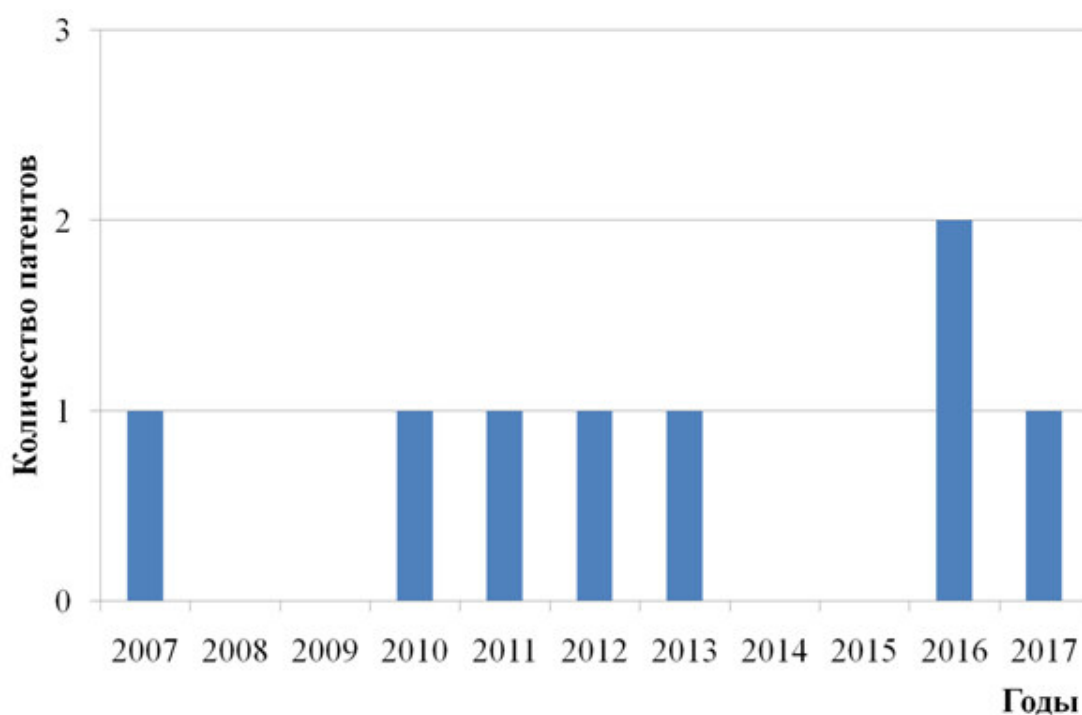


Рисунок 1.17 – Количество шнековых патентов по годам публикации

д) Большинство проанализированных устройств для протравливания позволят проводить нанесение рабочего раствора на семенной материал полусухим и мокрым способом (таблица 1). Только 2 протравливающие машины и 4 распылителя пневматического типа позволяют использовать экономичный мелкодисперсный способ протравливания. Это свидетельствует о том, что существующие разработки не всегда обеспечивают экономичное использование протравителей в процессе обработки.

Таблица 1.2 – Способы подачи рабочего состава в камеру протравливания

Патент	Способы протравливания			
	Сухой	Полусухой (с увлажнением)	Мокрый	Мелкодисперсный
RU2483514		+	+	+
RU2462016	+	+	+	
RU2446657		+	+	
RU2444882		+	+	
RU2316164		+	+	
RU2370937		+	+	
RU2373677		+	+	+
RU2346422	+	+	+	
RU2618106	+	+	+	
RU2619756			+	
RU2330399			+	
RU2307493		+	+	
RU107661	+	+	+	
RU131562	+	+	+	
RU2603514	+	+	+	
US 9392739 B2	+	+	+	
US 9302231 B2		+	+	
CN 104396381	+	+	+	
CN 204069678	+	+	+	
RU2631293		+	+	+
RU2612631		+	+	
RU2536957		+	+	+
RU2445172		+	+	
RU2503505		+	+	
RU2513428		+	+	+
RU2636721		+	+	+
CN105454201		+	+	
CN102630660		+	+	

е) Абсолютное большинство выявленных технических решений направлены на совершенствование машин для работы с химическими средствами защиты растений, и только 5 патентов, зарегистрированных за последние 5 лет, указывают на возможность работы с биологическими препаратами. Это свидетельствует об актуальности разработки в ближайшей перспективе технических средств, специально предназначенных для работы с биологическими препаратами и учитывающих особенности их применения.

Анализ выявленных охраняемых технических решений даёт основание выстроить:

- среднесрочный на 10 лет прогноз развития в области технических средств для обработки поверхности семян и их протравливания перед посевом биологическими средствами защиты растений от стрессов.

Для получения прогнозных оценок был выбран метод экспертной оценки, основанной на анализе тенденций, состояний и путей развития прогнозируемого объекта.

- среднесрочный на 10 лет прогноз в области технических средств для обработки поверхности семян и их протравливания перед посевом биологическими средствами защиты растений от стрессов:

- перспективным является разработка и совершенствование технических средств и их рабочих органов, предназначенных для обработки поверхности семян и их протравливания перед посевом биологическими средствами защиты растений от стрессов, которые учитывают влияние физико-механических факторов на жизнеспособность биоагентов биологических средств защиты растений и обеспечивают минимальное отрицательное воздействие на их жизнеспособность.

- обеспечение повышения производительности, снижение энергетических и трудовых затрат при предпосевной подготовке семян может быть достигнуто за счет разработки технических средств комбинированного типа, обеспечивающих одновременно очистки, калибровки, протравливания и погрузки семян.

- равномерное нанесение биологического агента на поверхность семени, а также экономичное расходование рабочего состава может быть достигнуто путем совершенствования камеры протравливания на основе шнековых смесителей и распылителей рабочего состава протравливающей машины.

Изменение изобретательской активности в области технических средств для обработки поверхности семян и их протравливания перед посевом за последние 10 лет о чем указывает постепенное увеличение ежегодно патентуемых охранно-лицензионных документов. Очередной восходящий линейный тренд получил свое начало с 2011 года и, при использовании метода экстраполяции, имеет хорошие перспективы на свое продолжение в будущем.

Наибольшее количество зарегистрированных патентов и производимых новых технических устройств для протравливания семян (25) приходится на Евразийский континент (Россия, Германия). Большую активность так же проявляют США и Китай, где ежегодно регистрируется 1-2 патента на изобретения технических устройств для протравливания семян перед посевом.

В Российской Федерации наибольшее количество охранно-патентных документов зарегистрированы авторами, относящимися к государственным научным и образовательным учреждениям, таким как: ГНУ ПНИИЭМТ РАСХН – 2 шт., ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ – 2 шт., ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ- 2 шт. Так же исследованиями в области машин для проведения предпосевной обработки семенного материала занимаются коммерческие организации: ООО "Биофорт", ООО "Севзапагро", ООО «Татагрохимсервис». Довольно активно занимаются разработками частные лица: Богданов Василий Николаевич, Дричик Степан Тимофеевич, Дубровский Андрей Николаевич, Кочетов Олег Савельевич, Реутова Светлана Федоровна, Ходакова Татьяна Дмитриевна.

Мировое изобретательское сообщество в области устройств и их рабочих органов для протравливания семян представлены организациями и частными лицами: Dubois Agricultural Engineering Incorporated. Nanjing forestry university, Sunyong Го, Usc, Llc, СтронгФортрессТулКо., ЛТД. (TW)

По результатам патентного поиска были выявлены 30 патентов и 3 технических устройства, характеризующие современный уровень разработок в области технических средств для обработки поверхности семян и их протравливания перед посевом средствами защиты растений от стрессов.

Большинство устройств имеют схожее строение конструкции, различаясь по типам протравливающих камер и способов протравливания.

Абсолютное большинство технических средств для протравливания семян предназначены для работы с химическими средствами защиты растений и не в полной мере учитывают особенности применения биологических средств защиты растений.

Дальнейшее развитие технических средств для нанесения биологических препаратов на поверхность семян при предпосевной обработки должно идти путем совершенствования рабочих органов протравливателей – камеры протравливания и распылительных устройств, учитывающих особенности микроорганизмов биологических средств защиты растений и оказывающих минимальное отрицательное воздействие на их жизнеспособность. Кроме того, необходимо разрабатывать технические средства комбинированного типа, обеспечивающие одновременно очистку, калибровку, протравливание и погрузку семян.

Патентно-лицензионная ситуация позволяет сделать вывод об отсутствии значимых препятствий для патентования разрабатываемых в рамках проекта технических решений и дальнейшей их реализации.

Таким образом необходимо сосредоточить усилия на разработке устройств и рабочих органов для протравливания семян, учитывающих особенности применения биологических средств защиты растений, в целях уменьшения отрицательного воздействия различных физико-механических факторов на активность биоагентов биопрепаратов, а также повышения производительности и снижение энергозатрат путем совмещения и оптимальной комбинации технологических процессов предпосевной подготовки семенного материала.

Качество протравливания зависит от типа протравителя, установки для протравливания и процесса протравливания. Эти взаимосвязи представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Качество протравливания в зависимости от протравителя, установки для протравливания и его проведения

Показатель	Качество протравливания		
	среднее	хорошее	очень хорошее
дополнительное распределение	слабое, протравитель быстро высыхает, например, некоторые протравители группы с	слабое, к концу протравливания высыхает в.р.с.	очень хорошее, к концу протравливания высыхающий в.р.с. + вода
норма расхода, мл/ц	100–200	200–300	400–1000
способ распыления	гидравлическое	гидравлическое	быстро вращающийся и тонко распыляющий ротационный
место нахождения распылителя	на смесительном и транспортирующем шнеке	в смесительном барабане или в камере	в специальной распылительной камере
текучесть посевного материала	плотное, непрерывное течение зерна, например, в транспортном шнеке	«разрыхленное» течение зерна, например, в смесительном барабане	тонко разрыхленное течение зерна, например, в распылительной камере
дополнительное смешивание	смесительный шнек малого диаметра	смесительный барабан большого объема	крупнообъемный шнек-щетка или другой аналогичный смесительный агрегат
проходимость и длительность нахождения посевного материала в установке	полная проходимость, непродолжительное нахождение в установке для протравливания	75%-ная проходимость, более длительное нахождение в установке для протравливания	50 %-ная проходимость, возрастающая продолжительность нахождения посевного материала в установке для протравливания

подготовка посевного материала	очистка без отвода пыли до протравливания	очистка без отвода пыли до протравливания	очистка с отводом пыли до протравливания
--------------------------------------	--	---	---

На практике при протравливании часто нарушается режим работ. В табл. 6 приведены результаты анализа причин отклонения степени протравливания от необходимого расхода. Из этой таблицы видно, что при отрицательных условиях сумма отклонений может достигать 35 % и более. Уровень современной техники и технологий позволяет достигать снижения отклонений до 15 % (табл. 7), т.е. степень протравливания может составлять по крайней мере 85 %, а при оптимально проведенной работе – 90–95 %. Это и должно быть ориентиром при протравливании посевного материала.

Таблица 1.4 – Возможные причины отклонения от необходимого уровня протравливания

Источник отклонений	Возможные отклонения, %
Установка для протравливания	
протравливание (отклонение от среднего заданного расхода)	менее 10
транспортировка по установке (привод)	менее 3
Свойства посевного материала	
текучесть (величина семян, их поверхность, МТЗ)	менее 3
степень чистоты (пыль, крупный сор)	менее 5
Свойства протравителей	
содержание красителей	менее 3
сила прилипания	менее 3
Методы определения степени протравливания	
взятие (место, время) и транспортировка проб	менее 5
ошибки исследования в лаборатории	менее 3
сумма возможных отклонений в результате отрицательных влияний	35

**Таблица 1.5 – Допустимые отклонения от заданной степени протравливания
посевного материала и их причины**

Причина	Отклонение от заданной величины, %
дозировка протравителя и его распределение	± 10
прилипаемость и содержание	± 3
потери действующего вещества в установке для протравливания	± 1
ошибка измерения в лаборатории	± 1
максимальная сумма отклонений	± 15

1.5 Анализ теоретических исследований влияния рабочих органов на жизнедеятельность биоагентов биопрепаратов

Вопросами биологической защиты растений занимаются ученые Сафин Р.И., Котляров В.В, Галлямов Ф.Н., Камалетдинов Р.Р., Мударисов С.Г., Гараев Р.Р., Морозова Е.В., Злыгостев А.С., Сединина Н.В., Донченко Д.Ю, Е.Н. Павловский, А.А. Ячевский, В.П. Поспелов, В.Н. Щеголев, Н.А. Наумов, Г.Я. Бей-Биенко, Павлюшин В. А., Данилов Л. Г., Исси И. В., Новикова И. И., Токарев Ю. С. и многие другие.

Анализ используемых для защиты растений технических средств и литературных источников показал, что специально разработанных для работы с биопрепаратами машин не существует. Поэтому в настоящее время актуальными являются исследования, направленные на совершенствование технических средств для защиты растений приспособленных к работе с биологическими препаратами, учитывающими их особенности и обеспечивающих высокую эффективность их применения.

Камалетдинов Р.Р. описывает механическое воздействие на микроорганизмы следующим образом: эксперименты показали, что воздействие шестерёнчатых насосов в течение часа снижает показатель КОЕ микроорганизмов на 30%, а механическое перемешивание - на 12% [10].

Исследованиями Котлярова В.В. установлено, что при применении баковой смеси микроорганизмов для опрыскивания необходимо ограничиться давлением 4,5 атм. Применение более высоких режимов опрыскивания сказывается на снижении числа жизнеспособных бактерий. В отношении грибов данный факт установлению не был [6].

Из результатов исследования Сергеевой К.С. следует, что необходимо также учитывать правила транспортировки биопрепаратов. Поскольку качество биопрепаратов снижается и даже полностью теряется при промерзании, под воздействием высокой температуры, повышенной влажности, прямого солнечного света. Биопрепараты нужно как транспортировать, так и хранить в соответствующих условиях. Очень важно это соблюдать по отношению особенно к жидким препаратам [11].

Нами были проанализированы конструктивные особенности применяемых в настоящее время машин для защиты растений, проведен патентный поиск, анализ новых технических решений в этой области [12, 13, 14,15, 16, 17,18, 19]. Результаты анализов показали, что абсолютное большинство их предназначены для работы с химическими средствами защиты растений и не учитывают особенности применения биопрепаратов.

При использовании биологических средств защиты растений основными общими недостатками существующих конструкций протравливателей являются:

1. Отсутствие конструктивных решений для поддержания микроклимата, необходимого для жизнедеятельности микроорганизмов;
2. Негативное влияние механизмов протравливателя на численность КОЕ;
3. Забивание и залипание распылителей;
4. Отсутствие смесительных устройств, специально разработанных для работы с биопрепаратами, производимыми на различной основе и агрегатных состояниях.

1.6 Задачи исследования

Для повышения эффективности применения биопрепаратов необходимо разработать решения выявленных недостатков. Для этого необходимо

рассмотреть работу каждого функционального блока в отдельности и системы протравливания в целом, а также решить следующие задачи:

1. Провести анализ влияния физико-механических факторов процесса подготовки рабочего раствора и протравливания на жизнеспособность микроорганизмов биопрепаратов;

2. Разработать конструкцию и создать прототип протравливателя семян культурных растений биопрепаратами;

3. Разработать математическую модель нанесения рабочей жидкости биопрепарата на семена при различных режимах работы механизмов протравливателя;

4. Исследовать работу экспериментальной установки при защите растений биопрепаратами.

5. Провести технико-экономическую оценку эффективных показателей разработанных конструктивных решений для защиты растений биопрепаратами.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРОТРАВЛИВАТЕЛЯ СЕМЯН КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ БИОПРЕПАРАТАМИ

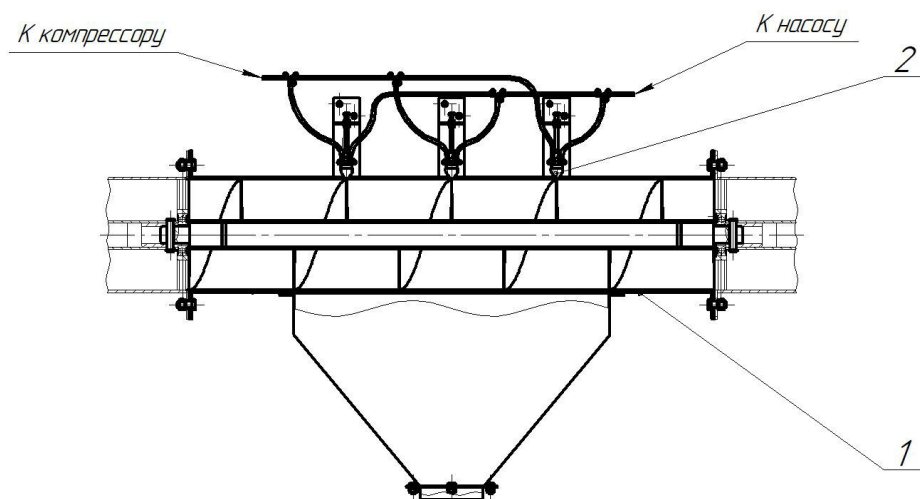
2.1 Конструктивно-технологическая схема пневмомеханического протравливателя семян культурных растений биопрепаратами

Абсолютное большинство технических средств для обработки поверхности семян сельскохозяйственных культур и их протравливания перед посевом предназначены для работы с химическими средствами защиты растений. Поэтому необходимо создание новых технических средств в данной области, с учетом особенностей применения биологических средств защиты растений от стрессов. При этом для нанесения биологического агента с максимальным сохранением его активности и соблюдением агротехнических требований к качеству обработки семян необходимо совершенствовать рабочие органы протравливателей, где происходит подача рабочего состава и непосредственное сопряжение его с обрабатываемыми семенами, то есть - распылителей рабочего состава биопрепаратов и камеры протравливания.

Учитывая вышеизложенное, были разработаны технические средства для обработки поверхности семян сельскохозяйственных культур и их протравливания перед посевом учитывающие требуемые физико-механические параметры для получения следующих характеристик:

- снижение энергоемкости процесса предпосевной подготовки семян сельскохозяйственных культур биологическими препаратами;
- обеспечение полноты и равномерности протравливания семян биологическими препаратами;
- повышение эффективности применения биологических препаратов для протравливания семян.

Рассмотрим конструкцию разработанного пневматического протравливателя семян (рисунок 2.1).



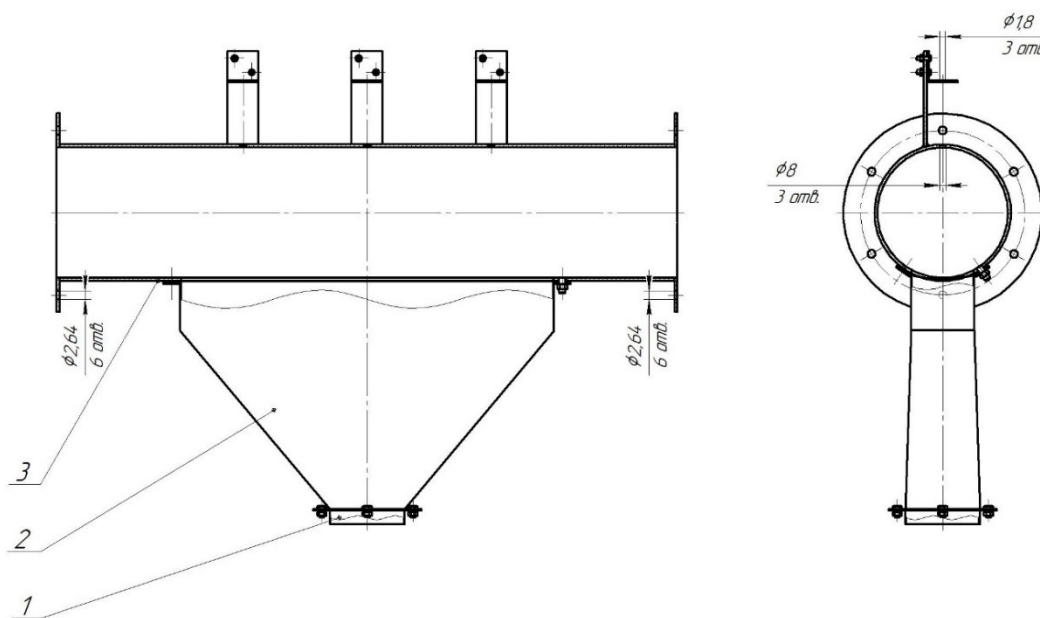
1 – камера протравливания; 2 – распылитель

Рисунок 2.1 – Схема пневматического протравливателя семян

Пневматический протравливатель работает следующим образом. Семенной материал подаётся в камеру протравливания 1, где на него действует воздушный поток, величина давления которого регулируется для достижения семенами скорости витания, тем самым создается псевдосжиженный поток семян, навстречу которому распыляется рабочая жидкость распылителями 2. Рабочий препарат на распылителе 2 подается под давлением от насоса рабочей жидкости из бака рабочей жидкости. Происходит нанесение распыленного препарата на семена.

Широкий диапазон регулировки давления распыления, а также щадящий пневматический способ нанесения рабочего препарата на семена, позволяет использовать биологические препараты для проведения работ по подготовке семян к посеву. Наиболее важными рабочими органами представленного пневматического протравливателя, от работы которых зависит качество выполняемого процесса в целом, являются камера протравливания и распылитель рабочего состава биопрепаратов.

Камера протравливания (рисунок 2.2) пневматического протравливателя семян предназначена для создания условий равномерного распределения жидких биологических средств защиты растений на семенной материал перед посевом в пневматическом протравливателе.



1 – патрубок; 2 – диффузор; 3 – корпус

Рисунок 2.2 – Камера протравливания

Камера протравливания работает следующим образом:

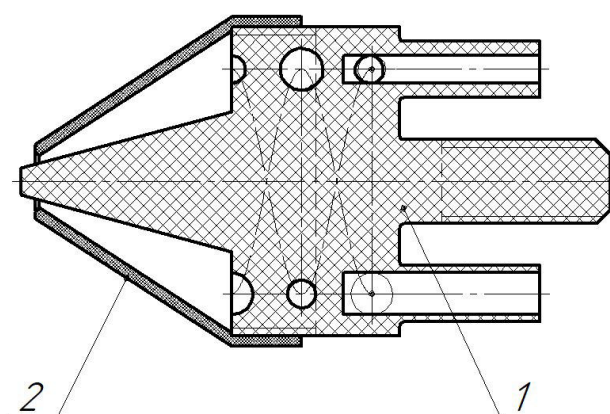
Посредством патрубка 1 подается воздушный поток на диффузор 2, который далее через отверстие подаётся в корпус 3, величина давления воздуха регулируется для достижения семенами скорости витания, тем самым создается псевдосжиженный поток семян. Рабочий раствор подается через отверстия в корпусе 3.

Конструкция камеры протравливания обеспечивает: оптимальное использование типовых и (или) повторно применяемых конструктивных решений, рационально ограниченную номенклатуру изделий, марок и сортамента материалов; взаимозаменяемость однотипных и комплектующих изделий без дополнительной подгонки; сочленяемость деталей и сборку без использования дополнительного инструмента.

Камера протравливания обеспечивает достижение следующих параметров процесса протравливания:

- полное и равномерное покрытие семян, % 95, не менее;
- травмирования семян в процессе протравливания, % 0,1, не более;
- увеличение влажности семян при протравливании, % 0,5 ... 1, не более;
- производительность однозаходного шнека, т/ч 10 ± 2 .

Распылитель рабочего состава биопрепарата предназначен для распыления жидких биологических средств защиты растений на семенной материал в пневматическом протравливателе и создания условий сохранения жизнеспособности биологических агентов.



1 – корпус; 2 - сопло

Рисунок 2.3 – Распылитель 14.610.21.0017.02

За счёт того, что, рабочий раствор обогащен воздухом не происходит губительного для бактерий перепада давления, так как для распыления не приходится подавать раствор с высоким давлением, а можно использовать давление не более 1,5...2 Атм. Также распыление происходит в виде вращающегося конуса, что создает внутреннюю область пониженного давления, что приводит к притягиванию внутрь конуса рабочего раствора, снижается его снос ветром или набегающим воздухом. Размер щели между соплом и регулировочным конусом корпуса

распылителя рабочего состава биопрепарата возможно регулировать при помощи закручивании корпуса сопла относительно корпуса распылителя по резьбе.

Распылитель рабочего состава биопрепарата обеспечивает достижение следующих параметров процесса распыления:

- рабочее давление воздуха на входе в распылитель, МПа 0,05 ... 0,2;
- рабочее давление биопрепарата на входе в распылитель, МПа 0,1 ... 0,5;
- рабочее давление воздушно-биопрепаратной смеси на выходе из распылителя, МПа 0,1 ... 0,7;
- угол распыла воздушно-биопрепаратной смеси на выходе из распылителя, град. 80 ... 120;
- размеры капель воздушно-биопрепаратной смеси на выходе из распылителя, мкм 50 ... 200;
- массовая концентрация воздушно-биопрепаратной смеси, % 60 ... 90;
- однородность воздушно-биопрепаратной смеси, % 80 ... 95;
- обеспечение суммарного расхода рабочей жидкости, л/т 5 ... 10.

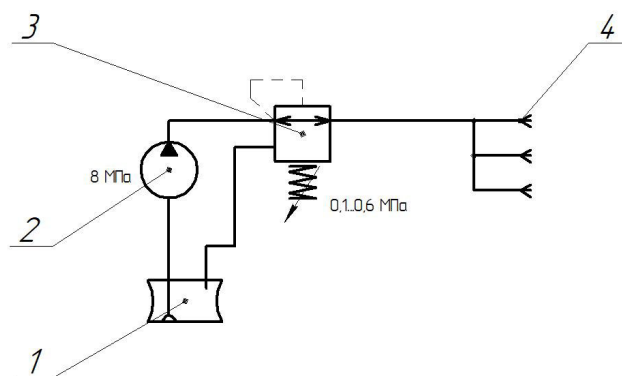
Рабочие условия применения распылителей:

- температура окружающего воздуха, °С +5°С ... +40;
- относительная влажность воздуха при + 25°С, % 60 ... 80;
- атмосферное давление, кПа (мм. рт. ст.) 84...106 (630...795).

Температура биопрепарата в распылителе должна быть не менее +15°С.

Распылитель обеспечивает работоспособность в условиях повышенной запыленности и возможность технического обслуживания на эксплуатирующих предприятиях.

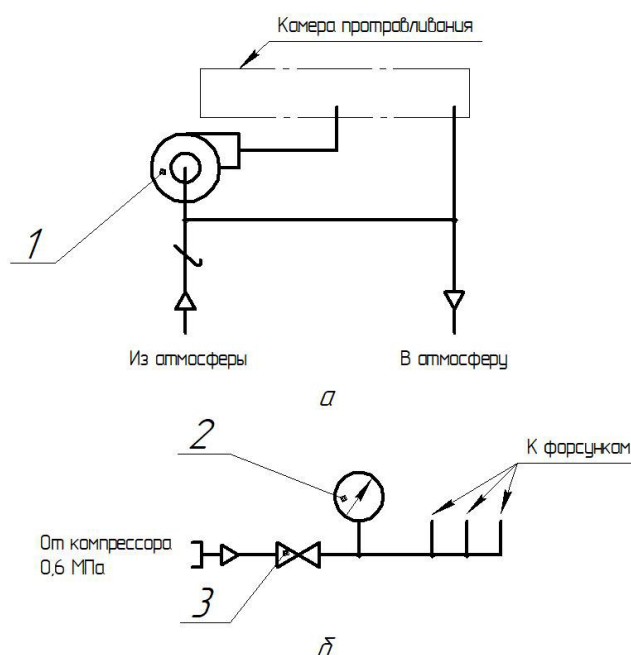
На рисунках 2.4 и 2.5 показаны гидравлическая и пневматическая схемы работы пневматического протравливателя семян.



1 – бак; 2 – насос; 3 – регулятор; 4 - распылитель

Рисунок 2.4 – Схема гидравлическая 14.610.21.0017.00.СГ

Рабочий раствор из бака 1 посредством насоса рабочей жидкости 2 подается на регулятор 3, где регулируется необходимый поток жидкости для проведения процесса нанесения его на семенной материал. Далее рабочий раствор подается на распылители 4



а - схема подвода воздуха к камере протравливания; б - схема подвода воздуха к форсункам; 1 – вентилятор центробежный; 2 – манометр; 3 –
вентиль запорный

Рисунок 2.5 –Схема пневматическая 14.610.21.0017.00.СП

Забор воздуха для камеры протравливания происходит из атмосферы и из патрубка рециркуляции отработанного воздуха, в котором имеется остаток распыленного рабочего раствора центробежным вентилятором 1 и подается под оптимальным давлением в камеру протравливания.

Сжатый поток воздуха для распылителей создается посредством компрессора. Контроль величины давления осуществляется с помощью манометра 2, а регулирование давления и расхода вентилем запорным 3.

2.2 Обоснование параметров пневмомеханического протравливателя семян культурных растений биопрепаратами

Камера протравливания пневмомеханического протравливателя семян должна обеспечивать создание псевдоожиженного слоя, для приведем необходимые расчеты, связывающие подачу зерна в камеру протравливания, обороты транспортирующего шнека, скорость перемещения материала, площадь живого сечения сетки.

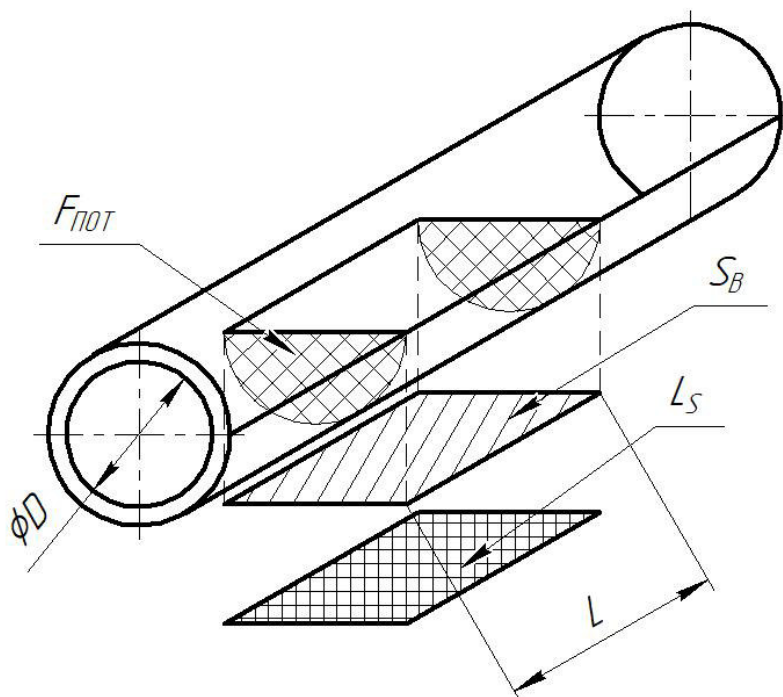


Рисунок 2.6 – Схема к расчету параметров пневмомеханического протравливателя

Исходные данные расчета шнекового конвейера камеры протравливания, следующие:

- диаметр винта, $D, м$;
- шаг винта, $S, м$;
- производительность транспортера, $\Pi, м^3/ч$;

Приведем расчет шнекового конвейера камеры протравливания.

Скорость вращения винта ($n_g, об / мин$) определяется из формулы определения производительности шнекового транспортера:

$$\Pi = 60 \frac{\pi D^2}{4} S \cdot n_g \cdot \rho \cdot \psi, \quad (2.1)$$

где ρ - насыпная плотность материала, $т/м^3$, для пшеницы $\rho = 0,78$;

ψ - коэффициент заполнения желоба, для зерновых материалов $\psi = 0,4$;

Площадь сечения потока материала:

$$F_{nom} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \psi}{4} \quad (2.2)$$

Скорость перемещения материала на конвейере:

$$v = \frac{S \cdot n_g}{60} \quad (2.3)$$

Максимальная частота вращения винта:

$$n_{max} = \frac{60}{\sqrt{D}}, об/мин \quad (2.4)$$

Основные технологические параметры вентилятора, создающего необходимый для создания псевдоожиженного слоя можно определить исходя из необходимой скорости воздушного потока, при которой происходит витание зёрен пшеницы, которая составляет $V_z = 8 \dots 11,5 м/с$ и площади сечения отверстий воздуховода, $S_B, м^2$,

Производительность вентилятора определяется по следующей формуле:

$$Q = S_B \cdot V_z, м^3/ч \quad (2.5)$$

Необходимое минимальное давление можно определить по формуле:

$$p_{\partial} = \frac{\rho \cdot V_3^2}{2 \cdot L_s}, \text{Па} \quad (2.6)$$

Коэффициент «живого сечения» сетки L_s (для квадратных отверстий) определяется по формуле:

$$L_s = \frac{l^2}{(l+a)^2} \quad (2.7)$$

где l – длина отверстия ячейки сетки, м;

a – диаметр проволоки, м.

Минимальное давление P_d должно удовлетворять условию:

$$P_d \geq P_3 \quad (2.8)$$

где P_3 – гидравлическое сопротивление слоя зерна, Па.

$$P_3 = \frac{F_{nom} \cdot L \cdot \rho \cdot g}{S_B}, \text{Па} \quad (2.9)$$

где L – длина отверстия воздуховода, м.

Интенсивность «кипения» слоя семян K_{Π} устанавливает зависимость между рабочей скоростью воздуха V_p и скоростью витания зерна V_3 :

$$K_{\Pi} = \frac{V_p}{V_3} \quad (2.10)$$

Вполне достаточное псевдооживление происходит при значении интенсивности «кипения» $K_{\Pi}=2$.

Используя вышеприведенные формулы после преобразования запишем формулу для определения площади сечения отверстий воздуховода:

$$S_B = \frac{\Pi \cdot L \cdot L_s \cdot g}{120 \cdot S \cdot n_B \cdot \rho \cdot V_3^2}, \text{м}^2 \quad (2.11)$$

По полученным зависимостям при различных значениях производительности шнекового конвейера камеры протравливания и его геометрических характеристик, вычисляем теоретически необходимую

площадь сечения отверстий воздуховода для создания псевдооживленного слоя семян (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Теоретическая необходимая площадь сечения отверстий воздуховода для создания псевдооживленного слоя семян

Производительность шнекового конвейера, т/ч	Диаметр винта, м	Шаг винта, м	Площадь сечения отверстий воздуховода , м ²	Коэффициент «живого сечения» сетки	Производительность вентилятора, м ³ /ч	Минимальное необходимое давление, Па
5	0,2	0,2	$8,4 \cdot 10^{-5}$	0,4	0,0168	9,72
6	0,2	0,2	$9,85 \cdot 10^{-5}$	0,4	0,0197	9,75
7	0,2	0,2	$11,83 \cdot 10^{-5}$	0,4	0,0236	9,74
8	0,2	0,2	$13,3 \cdot 10^{-5}$	0,4	0,0266	9,75
9	0,2	0,2	$14,7 \cdot 10^{-5}$	0,4	0,0294	9,8
10	0,2	0,2	$16,7 \cdot 10^{-5}$	0,4	0,0334	9,78

Полученные результаты позволяют после экспериментальной проверки построить таблицу настройки пневмомеханического протравливателя на производительность по семенам.

2.3 Математическая модель взаимодействия воздушного потока с рабочим раствором распылителя рабочего состава биопрепарата

Потенциальное течение жидкости удовлетворяет условию неразрывности, которое запишется так:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0 \quad (2.12)$$

То есть значения скоростей потока описываются уравнением для невязкой несжимаемой жидкости, для которого возможно записать уравнение Лапласа:

$$\nabla^2 u = 0,$$

где ∇ - оператор Гамильтона, u - потенциал скорости.

Это уравнение имеет вид:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0. \quad (2.13)$$

В рабочей зоне слой взвешенных частиц или пористого материала, или решетки создают дополнительное сопротивление движению жидкости (или воздуха при малых избыточных давлениях), и течение в этой зоне существенно отличается от остальной области.

Применяется допущение о том, что течение в слое твердых частиц подчинено закону Дарси, который описывает течение в пористых средах:

$$\vec{v} = h \nabla u, \quad (2.14)$$

где h - коэффициент фильтрации, который является функцией плотности пористой среды и свойств потока жидкости. При ламинарном течении в порах существует соотношение для определения коэффициента h :

$$h = \frac{\varepsilon c d^2}{\mu} \rho, \quad (2.15)$$

где ε - пористость объема ($\varepsilon = \frac{V_{пор}}{V}$, $V_{пор}$ - объем пор; V - полный объем);
 C - безразмерный параметр; d - средний диаметр пор; ρ - плотность воздуха.

Таким образом, плоское течение в пористых средах описывается уравнением Лапласа вида

$$h_x \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + h_y \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0, \quad (2.16)$$

где h_x, h_y - коэффициенты фильтрации, которые могут быть различными в разных направлениях (например для моделирования решетки с жалюзи).

Течение в камере в целом может быть описано уравнением (2.16), если коэффициенты h_x, h_y будут различными в разных областях течения.

Функция u имеет физический смысл величины, пропорциональной избыточному статическому давлению в потоке, взятому с противоположным знаком. Граничные условия для уравнения (5.4) бывают двух типов:

а) главные граничные условия на S_1 (рисунок 2.7) вида $u = \bar{u}$;

б) естественные граничные условия на S_2 с заданием нормальной составляющей скорости $\bar{q}_n = h \frac{\partial u}{\partial n}$, где $\vec{n}$ - нормаль к границе.

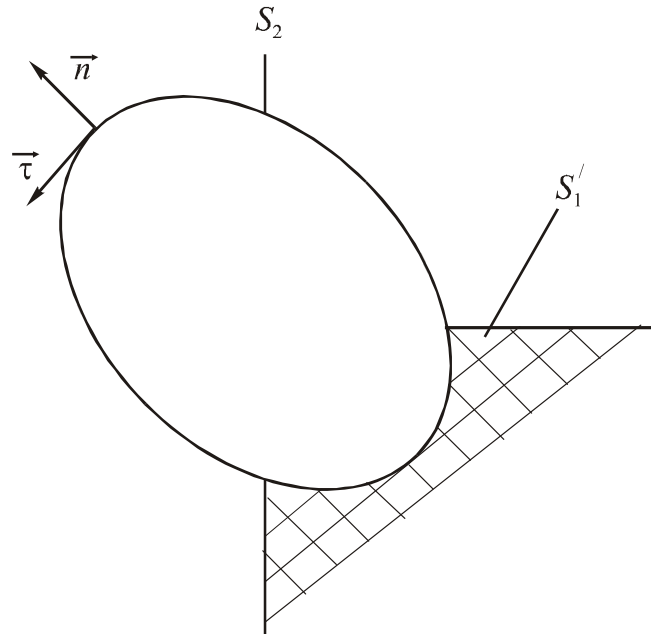


Рисунок 2.7 Граничные условия в объеме воздуха: S_1 - поверхность с главными; S_2 - с естественными граничными условиями.

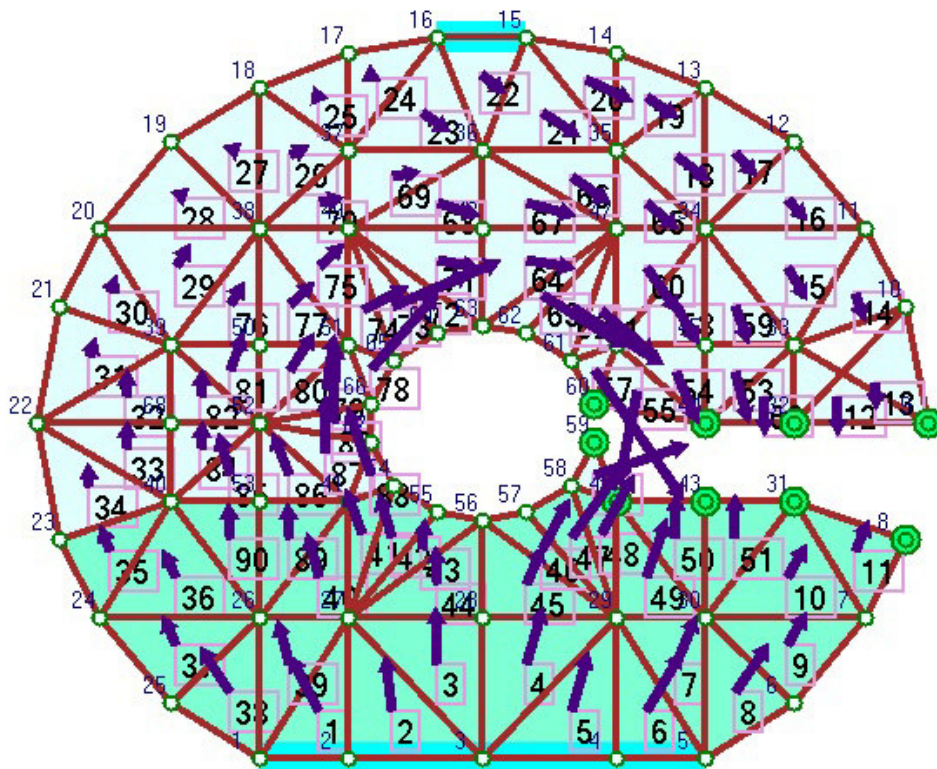


Рисунок 2.8 Схема скоростей воздушного потока в первом витке шнека

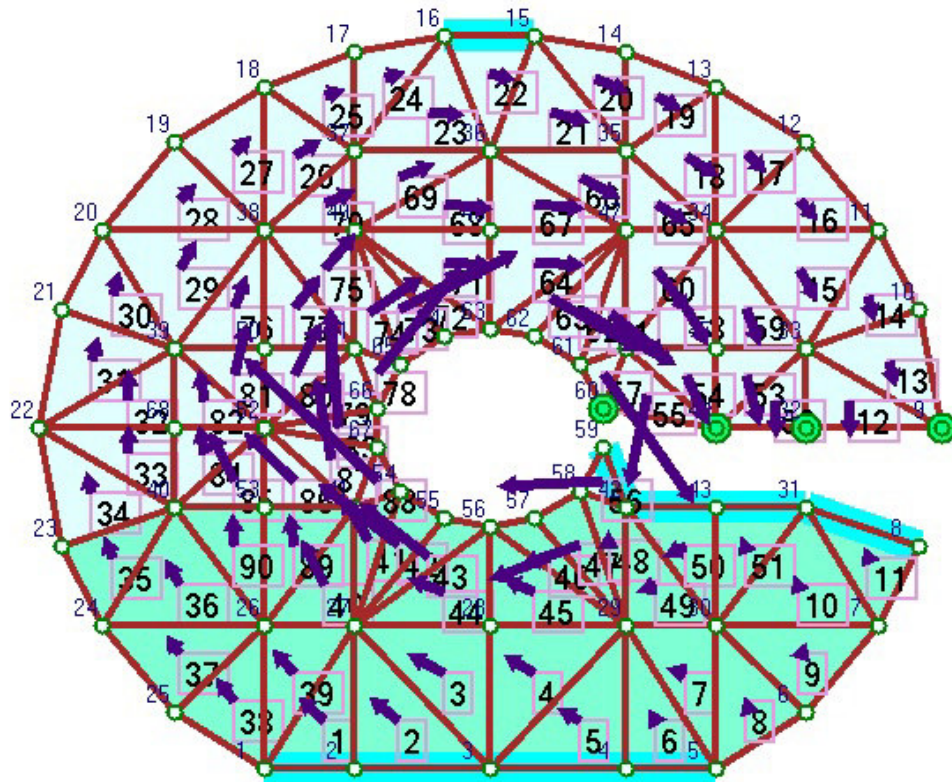


Рисунок 2.9 Схема скоростей воздушного потока во втором витке шнека

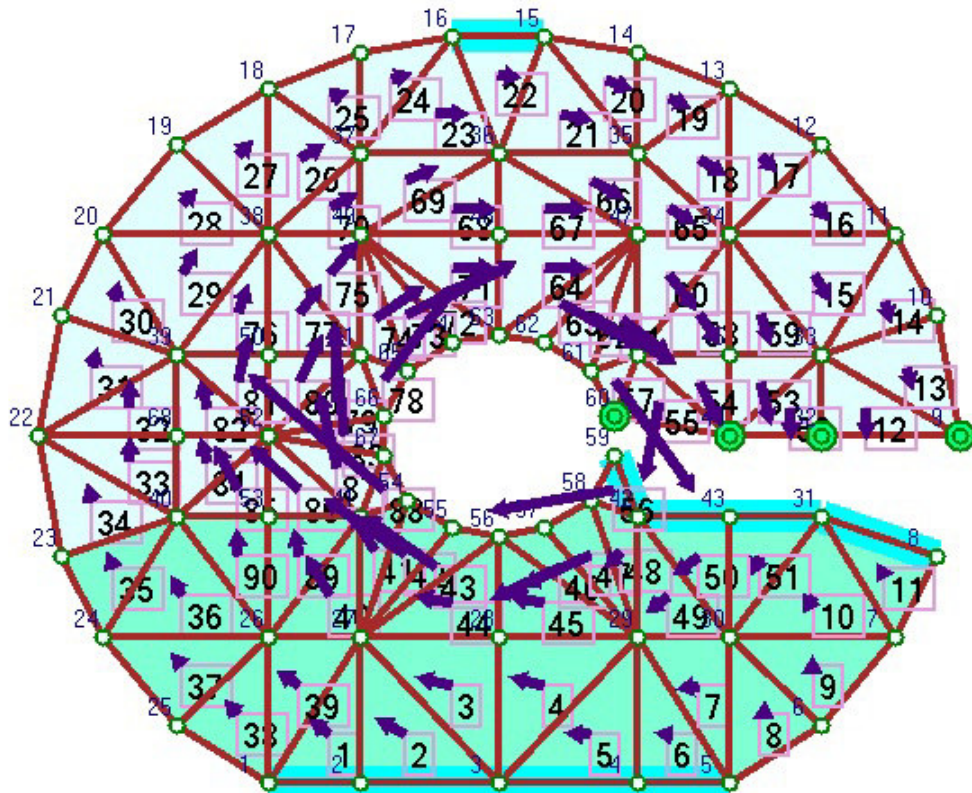


Рисунок 2.10 Схема скоростей воздушного потока в третьем витке шнека

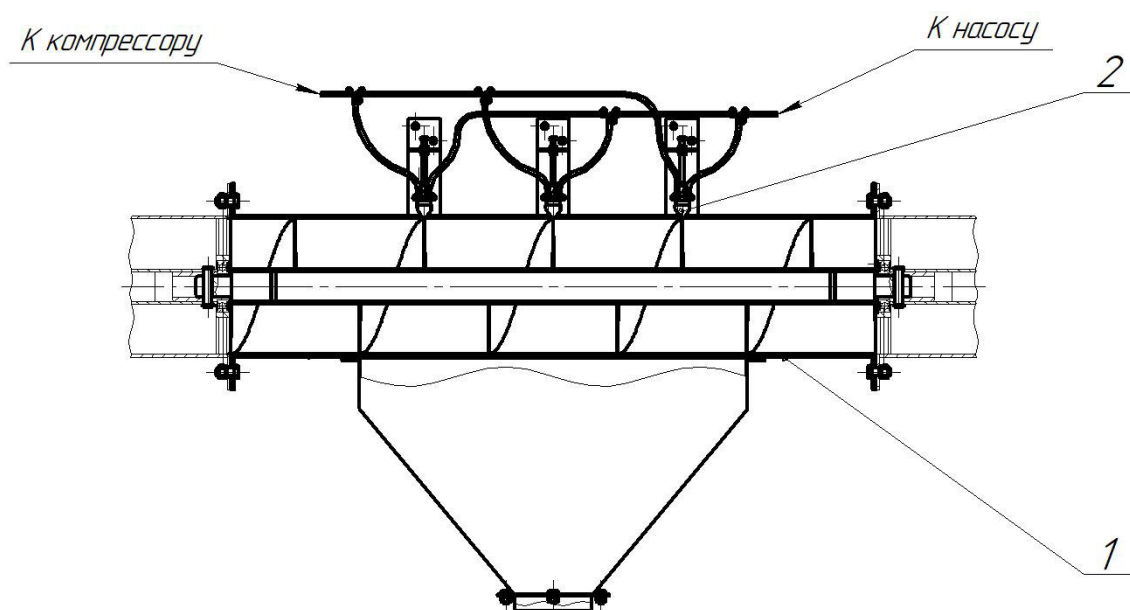
На рисунках 2.8, 2.9, 2.10 показана реализация метода конечных элементов для движения воздушного потока в протравливателе семян культурных растений биологическим препаратом.

Воздушный поток имеет более высокую скорость ближе к центру витка и более низкую скорость к наружной стенке корпуса камеры протравливания.

Движение воздушного потока во втором и третьем витках не увеличивает показатель скорости и соответственно не может быть использован для создания псевдооживленного слоя семян, но способствует перемешиванию взвешенных семян и воздушно биопрепаратной смеси. Что в конечном итоге положительно скажется на степени покрываемости зерен препаратом.

2.4 Определение параметров случайного взаимодействия твердых частиц и капель суспензии в камере протравливателя зерна

Семенной материал подаётся шнеком в камеру протравливания 1, где на него действует воздушный поток, величина давления которого регулируется для достижения семенами скорости витания, тем самым создается псевдооживленный поток семян, навстречу которому распыляется рабочая жидкость распылителями 2. Рабочий препарат на распылители 2 подается под давлением от насоса рабочей жидкости из бака рабочей жидкости. Происходит нанесение распыленного препарата на семена.



1 – камера протравливания; 2 – распылитель

Рисунок 2.11 – Схема пневматического протравливателя семян.

Взаимодействие капель суспензии и твердых частиц можно разделить на этапы:

- первичный контакт – это столкновение потока капель с частицами распределенными в псевдооживленном слое, которые в данный момент времени находятся под факелом форсунки;
- вторичное смачивание частиц – при перемешивании в процессе кипения псевдооживленного слоя и перемещения шнеком к выгрузному патрубку.

Целью данного исследования является теоретическое определение равномерности распределения капель жидкости по зерновкам при первичном контакте в зависимости от пористости псевдооживленного слоя, угла установки форсунки, степени заполнения камеры протравливания и её геометрических параметров.

Построим модель случайного взаимодействия капель и частиц, полагая равномерную пористость псевдооживленного слоя в камере протравливания и нормальное Гауссово распределение капель жидкости в поперечном сечении факела форсунки.

Распределение твердых частиц

Пористость определяется степенью заполнения шнека и скоростью воздушного потока через решетку в нижней части камеры протравливания, из-за которой высота объема, занимаемая частицами больше, чем при насыпной плотности.

Высоту объема, занимаемого частицами в камере h_{z1} выберем в качестве одного из варьируемых факторов. Её связь со скоростью воздушного потока является отдельной задачей и подлежит экспериментальному уточнению.

Заполнение шнека Δ_{sh} также выберем в качестве варьируемого фактора. Он определяет количество частиц в камере протравливания, так как:

$$\Delta_{sh} = \frac{V_n}{V}, \quad (2.17)$$

где V_n - объем слоя частиц при отсутствии воздушного потока, $V = \pi R^2 L$ - объем камеры протравливания (R - радиус камеры, L - её длина, Рисунок 2.12).

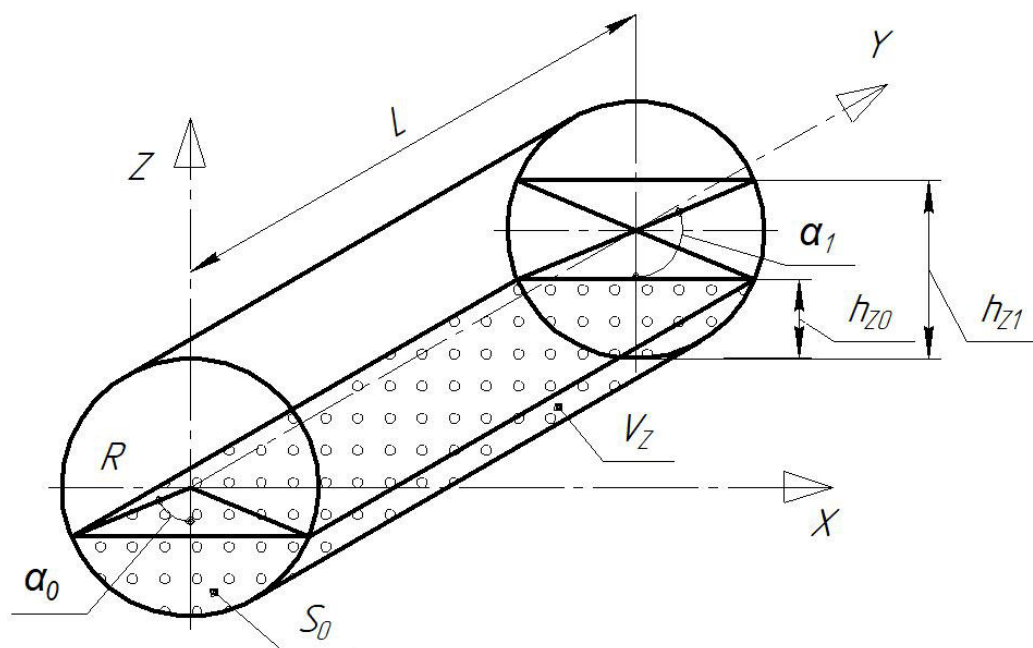


Рис. 2.12. Схема заполнения камеры протравливания зерном

Тогда

$$V_n = \Delta_{sh} V = \pi R^2 L \cdot \Delta_{sh}; \quad (2.18)$$

Если задана насыпная плотность зерна ρ_n , то масса всех частиц в камере равна

$$M = \rho_n V_n; \quad (2.19)$$

Плотность зерновки ρ_z и её среднегеометрический диаметр d определяют массу одной частицы

$$m = \rho_z \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 \quad (2.20)$$

и их количество в камере

$$n = \frac{M}{m} = \frac{\rho_n R^2 L \cdot \Delta_{sh}}{\rho_z \frac{4}{3} \left(\frac{d}{2}\right)^3}, \quad (2.21)$$

По заполнению шнека и размерам камеры протравливания вычисляем α_0 - половину центрального угла, соответствующего массе зерна насыпной плотности и высоту h_{z0} этого зернового объема:

$$h_{z0} = R(1 - \cos(\alpha_0)); \quad (2.22)$$

где α вычисляется, как результат численного решения уравнения

$$S_0 = R^2(\alpha_0 - \sin(\alpha_0) \cos(\alpha_0)), \quad (2.23)$$

где $S_0 = \frac{V_n}{L}$ - площадь поперечного сечения массы зерна насыпной плотности в камере в форме сегмента круга.

Высота объема частиц в камере под воздействием воздушного потока h_{z1} , которую выбрали в качестве варьируемого фактора, определяет угол α_1 - половину центрального угла, соответствующего массе зерна в «кипящем» состоянии:

$$\alpha_1 = \arccos\left(\frac{R-h_{z1}}{R}\right); \quad (2.24)$$

Площадь поперечного сечения объема зерна в «кипящем» состоянии выразим аналогично площади сечения при насыпной плотности

$$S_1 = R^2(\alpha_1 - \sin(\alpha_1) \cos(\alpha_1)), \quad (2.25)$$

объем зерна в камере протравливания равен

$$V_1 = S_1 L; \quad (2.26)$$

Разобьем этот объем V_1 по высоте h_{z1} на слои, толщиной в один эквивалентный диаметр зерновки d . Количество слоев

$$n_z = \frac{h_{z1}}{d}. \quad (2.27)$$

Высота расположения каждого из них

$$h_{zi} = \frac{d}{2} + i \cdot d, \quad (2.28)$$

где i номер слоя принимает значения $i = 0 \dots n_z$

Половина ширины слоя равна

$$x_{zi} = R \sqrt{1 - \left(\frac{R-h_{zi}}{R}\right)^2} \quad (2.29)$$

С целью обеспечения равномерной пористости ε , распределим количество всех частиц по N_{zi} - количеству частиц в каждом слое пропорционально значению x_{zi} , так как длина всех горизонтальных слоев одинакова и равна L ,

$$N_{zi} = \frac{n \cdot x_{zi}}{\sum_{i=0}^{n_z} x_{zi}}; \quad (2.30)$$

При этом производим округление до целого значения число частиц в каждом слое. После определения количества частиц в каждом слое N_{zi} генерируем случайные координаты по горизонтальным осям для каждой частицы в слое в диапазоне по

$$x: [-x_{zi} \dots x_{zi}]$$

и по $y: [0 \dots L]$.

Используем генератор случайных действительных чисел для величины r с равномерным законом распределения с диапазоном $r \in [0 \dots 1]$, встроенный в среду разработки приложений MS Visual Studio:

$$x = 2x_{zi} \cdot r(0 \dots 1) - x_{zi}; \quad (2.31)$$

$$y = L \cdot r(0 \dots 1); \quad (2.32)$$

где $r(0 \dots 1)$ при каждом следующем обращении генерируется новым случайным числом из диапазона $[0 \dots 1]$.

Координата z , для каждой частицы определяется уровнем слоя по высоте:

$$z = h_{zi} - R; \quad (2.33)$$

После создания неподвижного распределения частиц по камере протравливания необходимо задать N_{step} дискретных шагов $l_{step} = \frac{L}{N_{step}}$ по оси y для имитации перемещения всех частиц шнеком вдоль камеры протравливания

Если на очередном шаге по оси y частица выходит за пределы камеры $y > L$, то задаем вычитание L :

$$\begin{cases} y_j = y_{j-1} + l_{step}; & \text{при } y_j \leq L \\ y_j = y_{j-1} + l_{step} - L; & \text{при } y_j > L \end{cases} \quad (2.34)$$

где индекс j - номер шага, причем количество шагов и величина смещения за каждый шаг обеспечивают прохождение всей длины камеры каждой частицей, что отражает непрерывность и стационарность процесса протравливания.

Распределение капель жидкости

Форсунка для распыления жидкости установлена в верхней части камеры протравливания под углом γ к вертикали. Угол γ является фактором для совместного исследования вместе с заполнением шнека Δ_{sh}

и высотой псевдооживленного слоя h_{z1} . Прочие параметры форсунки, такие как угол раскрытия факела и расположение по горизонтальной оси камеры устанавливаем на значениях, обеспечивающих ширину горизонтального сечения конуса факела плоскостью (x, y) равную $2R$ (малая ось эллипса), а длину в пределах длины камеры протравливания L . То есть прочие параметры установки и настройки форсунки обеспечивают равные условия численного эксперимента для исследования варьируемых факторов: $\gamma, h_{z1}, \Delta_{sh}$.

Все капли факела форсунки распределены по нормальному закону в двух направлениях: по осям x_3 и y_3 (рисунок 2.13) с одинаковой дисперсией. Ось z_3 является осью форсунки и отклонена от вертикали на угол γ . Угол β_1 , который соответствует максимальному отклонению капель от оси форсунки z_3 , определяется из условия попадания всех капель в эллипс с малой полуосью R на плоскости (x, y) .

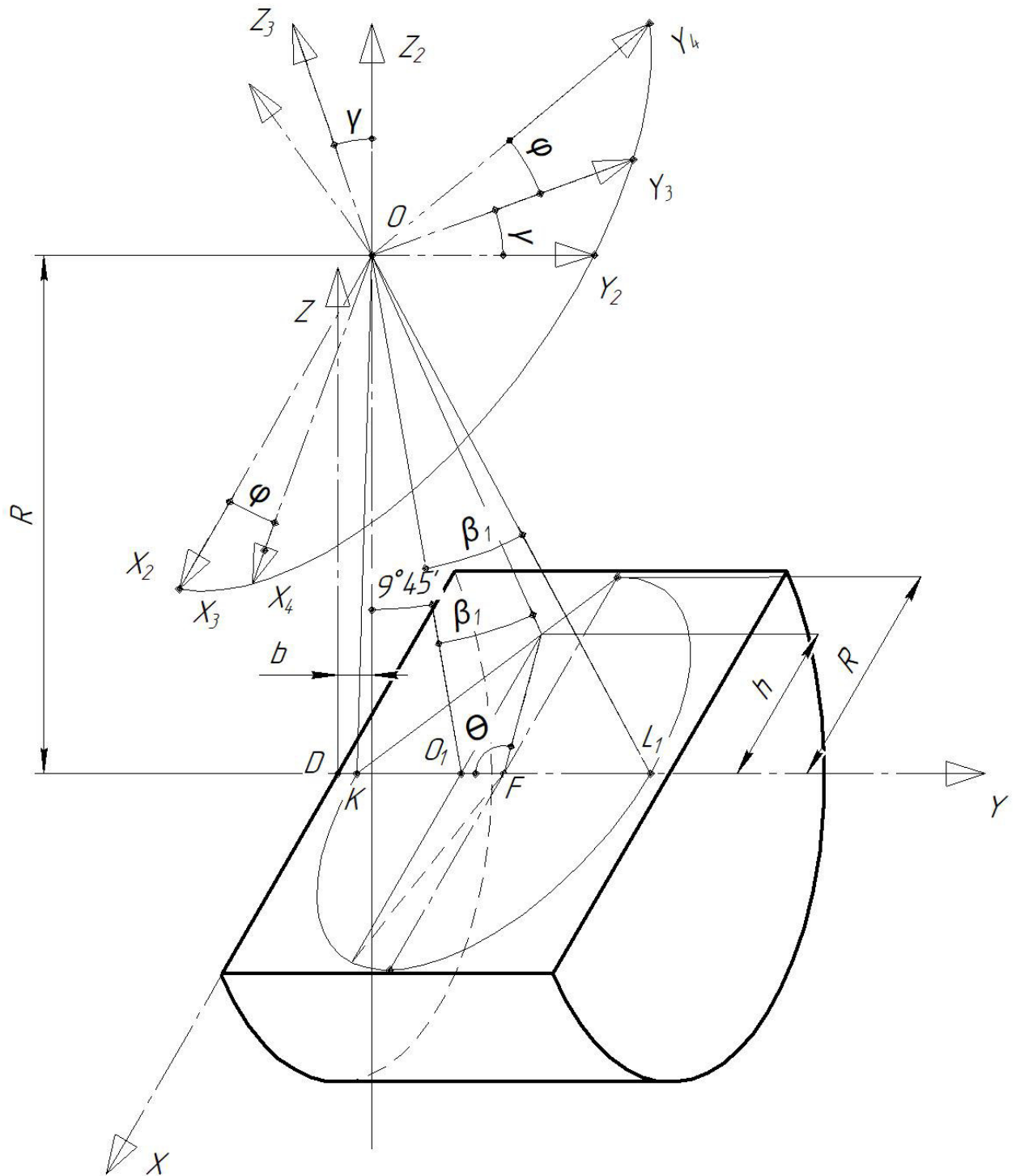


Рис. 2.13. Схема установки форсунки

В поперечном сечении $|BT|$ (точка O_1 на уровне оси y -оси камеры) радиус факела равен $h \leq R$ (рисунок 2.14).

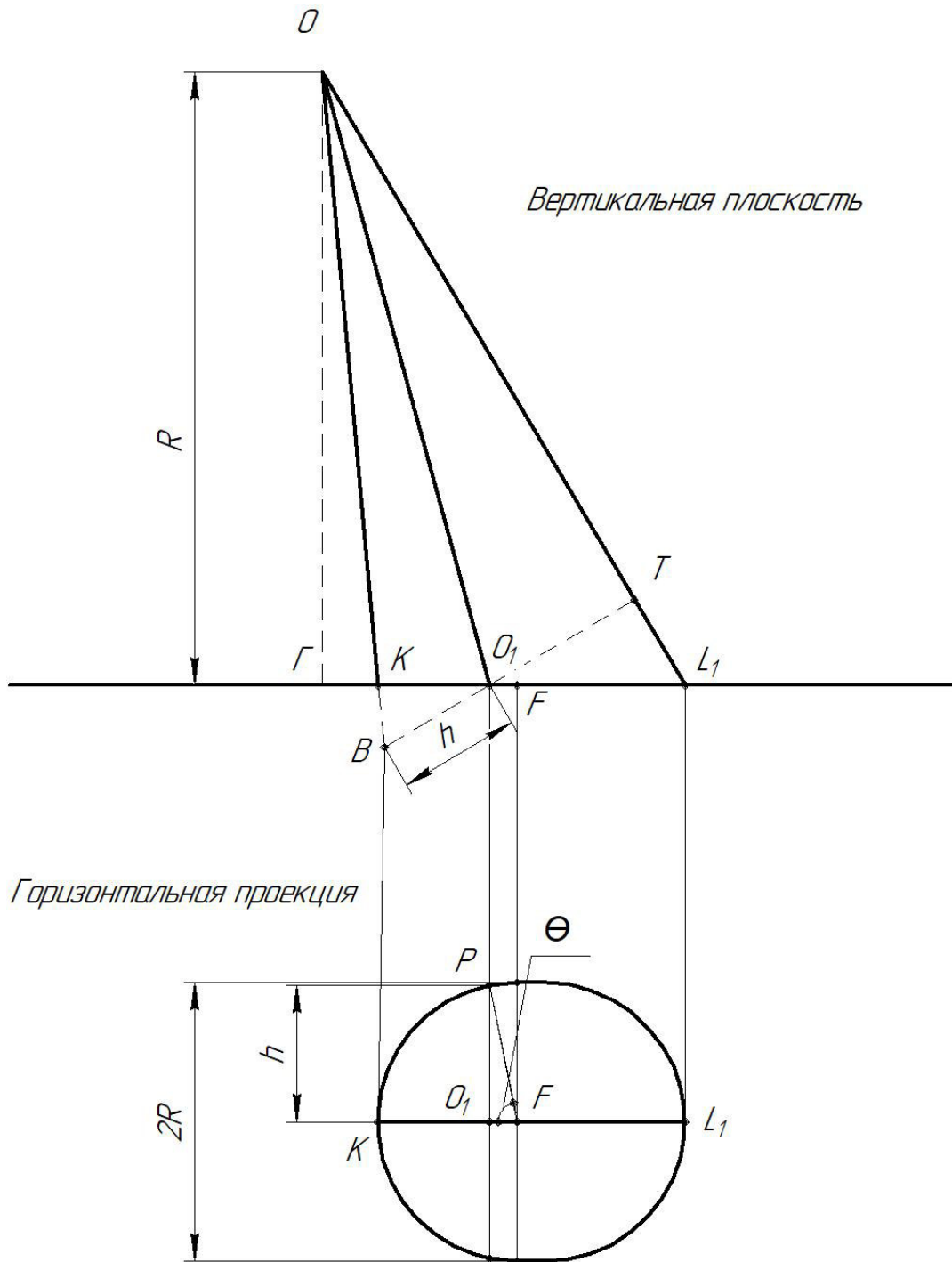


Рис. 2.14. Схема факела форсунки

Определим расстояние h для заданного угла γ . По горизонтальной проекции запишем

$$h = |FP| \cdot \sin(\theta) = |FP| \sqrt{1 - (\cos(\theta))^2}; \quad (2.35)$$

где $|FP|$ - радиус эллипса в точке P , соответствующей по вертикальному поперечному сечению шнека точке O_1 (пересечению оси факела форсунки и оси шнека). θ - угол между большой полуосью эллипса $|FK|$ и радиусом $|FP|$. По свойства эллипса радиус точки P равен:

$$|FP| = \frac{|FK| \cdot R}{\sqrt{R^2(\cos(\theta))^2 + |FK|^2(\sin(\theta))^2}}; \quad (2.36)$$

Угол θ определим через его косинус

$$\cos(\theta) = \frac{|FK| - |O_1K|}{|FK|}; \quad (2.37)$$

Необходимые размеры выразим из треугольников в вертикальной плоскости (рисунок 2.14), используя теорему синусов. Из треугольника O_1OK

$$|O_1K| = \sin(\beta_1) \frac{|O_1O|}{\sin(\frac{\pi}{2} + \gamma - \beta_1)}; \quad (2.38)$$

где

$$|O_1O| = \frac{R}{\cos(\gamma)}; \quad (2.39)$$

$$\beta_1 = \arctg\left(\frac{h}{|O_1O|}\right) = \arctg\left(h \frac{\cos(\gamma)}{R}\right); \quad (2.40)$$

Из треугольника O_1OL_1

$$|O_1L_1| = \sin(\beta_1) \frac{|O_1O|}{\sin(\frac{\pi}{2} - \gamma - \beta_1)}; \quad (2.41)$$

Тогда большая полуось эллипса равна

$$|FK| = \frac{|O_1K| + |O_1L_1|}{2} \quad (2.42)$$

Подставляя все найденные зависимости в исходное выражение для h , получим громоздкое трансцендентное уравнение в правой части

которого также присутствует значение h , так как через него выражен угол β_1 . Численное решение трансцендентного уравнения в диапазоне корней $[0 \dots R]$ дает искомую величину h .

Радиус ρ на плоскости (x_3, y_3) в проекции на сечение факела форсунки $|BT|$ (рис. 4) определяет отклонение траектории капли от оси факела и текущее значение угла β в диапазоне $[0 \dots \beta_1]$.

$$\beta = \arctg \left(\rho \frac{\cos(\gamma)}{R} \right); \quad (2.43)$$

Так как $|OO_1| = \frac{R}{\cos(\gamma)}$,

Среднеквадратическое отклонение σ радиуса ρ выберем равным

$$\sigma = \frac{h}{3}. \quad (2.44)$$

С генерируем двумерный нормальный закон распределения, используя комбинацию равномерного и экспоненциального одномерных законов.

$$\rho = \sigma \sqrt{-2 \cdot \ln(r(0 \dots 1))}; \quad (2.45)$$

Отложим длину ρ по оси y_4 (рис. 3), которая вращается вокруг оси z_3 , так что угол φ принимает случайные значения в диапазоне $[0 \dots 2\pi]$ по равномерному закону

$$\varphi = 2\pi \cdot r(0 \dots 1); \quad (2.46)$$

Тогда при равномерном φ - распределении отклонения ρ от оси y_3 , при ρ распределенном по экспоненциальному закону, получим нормальное двумерное распределение капель в сечении $|BT|$ с максимальным отклонением от точки O_1 равным $\pm 3\sigma$ с вероятностью 0,997.

Прямолинейная траектория капли в системе координат (x_4, y_4, z_4) определяется через угол β , зависящий от ρ . Направляющий единичный вектор траектории капли имеет проекции:

$$\begin{cases} x_4 = 0; \\ y_4 = \sin(\beta); \\ z_4 = -\cos(\beta); \end{cases} \quad (2.47)$$

Преобразуем координаты (x_4, y_4, z_4) в систему (x_3, y_3, z_3) , используя обратную матрицу поворота вокруг оси z_3 :

$$\begin{Bmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\varphi) & \sin(\varphi) & 0 \\ -\sin(\varphi) & \cos(\varphi) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_4 \\ y_4 \\ z_4 \end{Bmatrix}; \quad (2.48)$$

Аналогично координаты единичного вектора преобразуем к осям (x_2, y_2, z_2) , используя угол γ поворота вокруг оси x_2 :

$$\begin{Bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\gamma) & \sin(\gamma) \\ 0 & -\sin(\gamma) & \cos(\gamma) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{Bmatrix}; \quad (2.49)$$

$$\begin{Bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\varphi) & \sin(\varphi) & 0 \\ -\sin(\varphi) & \cos(\varphi) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\gamma) & \sin(\gamma) \\ 0 & -\sin(\gamma) & \cos(\gamma) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_4 \\ y_4 \\ z_4 \end{Bmatrix}; \quad (2.50)$$

В развернутом виде с учетом выражений для x_4, y_4, z_4 , получим

$$\begin{cases} x_2 = \sin(\varphi) \sin(\beta); \\ y_2 = \cos(\varphi) \cos(\gamma) \sin(\beta) - \sin(\gamma) \cos(\beta); \\ z_2 = -\cos(\varphi) \sin(\gamma) \sin(\beta) - \cos(\gamma) \cos(\beta); \end{cases} \quad (2.51)$$

В координатных осях, связанных с осью шнека (x, y, z) , которые параллельны осям (x_2, y_2, z_2) параметрические уравнения траектории капли запишем так

$$\begin{cases} x = x_2 t; \\ y = y_2 t + b; \\ z = z_2 t + R; \end{cases} \quad (2.52)$$

где t независимый параметр, b - смещение форсунки по оси y , обеспечивающее нахождение сечения факела форсунки плоскостью (x, y) внутри камеры протравливания длины L .

$$b = \frac{L}{2} - R \cdot \operatorname{tg}(\gamma); \quad (2.53)$$

Уравнения траектории капли в явном виде представим в виде

$$\frac{x}{x_2} = \frac{y-b}{y_2} = \frac{z-R}{z_2}; \quad (2.54)$$

Организуем цикл генерации капель и определения их траекторий в камере протравливания.

Взаимодействие капель и твердых частиц

Определим расстояние от траектории капли до центра зерновки $|H_1 M|$ (рисунок 2.15). Направляющий единичный вектор траектории капли $\vec{q}$ имеет проекции на оси координат (x_2, y_2, z_2) , определяемые соотношениями (38) ($|\vec{q}| = 1$). Для произвольной точки M , в которой находится центр зерновки координаты в осях (x_2, y_2, z_2) выразим через координаты в осях (x, y, z) , определенные по выражениям (2.31), (2.32), (2.33) и (2.34):

$$M(x, y - b, z - R);$$

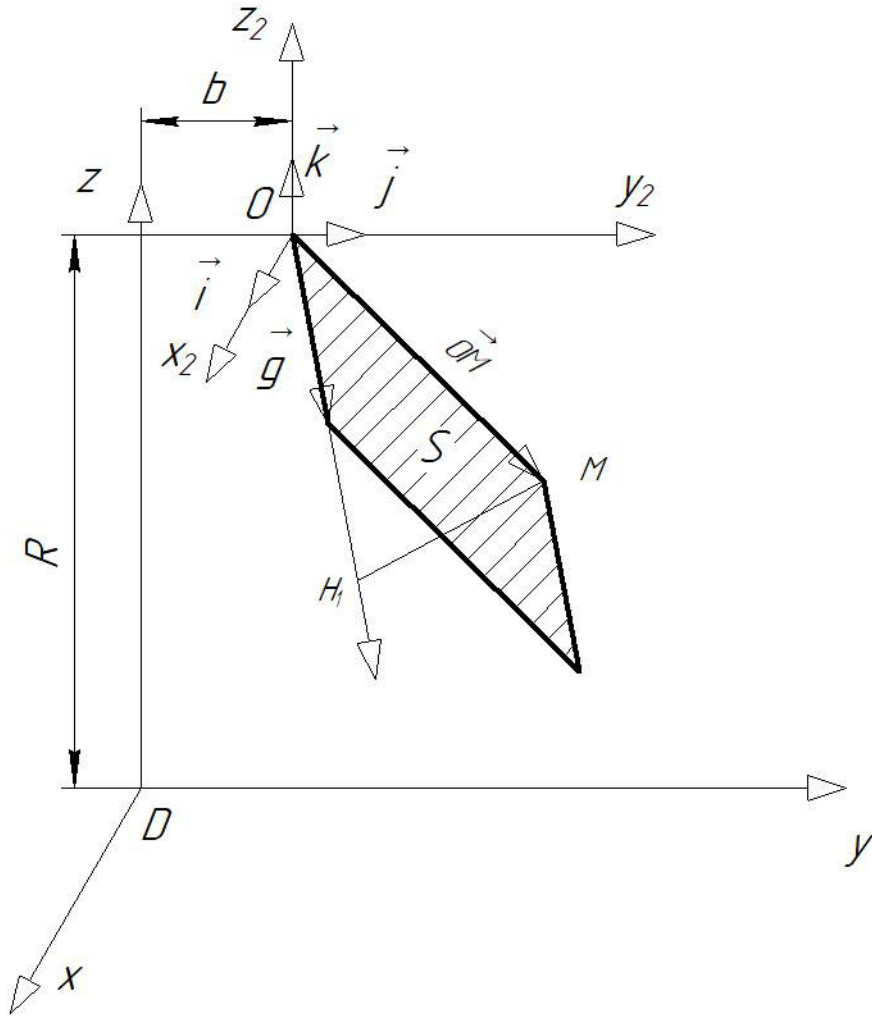


Рис. 2.15. Определение расстояния от траектории капли до зерновки

Составим векторное произведение $\vec{q} \times \overrightarrow{OM}$ для нахождения площади параллелограмма S , высота которого $|H_1M|$ является искомым расстоянием от траектории капли до зерновки:

$$\vec{q} \times \overrightarrow{OM} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x & y - b & z - R \end{vmatrix}; \quad (2.55)$$

$$\vec{q} \times \overrightarrow{OM} = \vec{i}(y_2(z - R) - z_2(y - b)) + \vec{j}(z_2x - x_2(z - R)) + \vec{k}(x_2(y - b) - y_2x); \quad (2.56)$$

где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ - единичные векторы осей x_2, y_2, z_2 , соответственно.

Площадь параллелограмма $S = |\vec{q} \times \overrightarrow{OM}|$, тогда его высота

$$|H_1 M| = \frac{S}{|\vec{q}|} = \frac{S}{1}; \quad (2.57)$$

$$|H_1 M| =$$

$$\sqrt{(y_2(z - R) - z_2(y - b))^2 + (z_2x - x_2(z - R))^2 + (x_2(y - b) - y_2x)^2}; \quad (42)$$

Таким образом для вероятного поглощения капли зерновкой, с учетом того, что капля существенно меньше зерновки, необходимо выполнение условия

$$|H_1 M| < \frac{d}{2}; \quad (2.58)$$

где $d = \sqrt[3]{d_1 d_2 d_3}$, здесь d_1, d_2, d_3 - главные диаметры эллипсоида, в который вписана зерновка. Условие поглощение капли – траектория её центра проходит через эквивалентную зерновке сферу.

Кроме данного условия, требуется, чтобы капля не была поглощена ранее другими частицами. Для проверки условия (2.58) организуем двойной цикл – внешний по всем каплям, а внутренний по зерновкам, начиная с верхних слоев. Если для очередной частицы выполнилось условие (2.58), то капля суммируется в ячейку массива данной частицы и происходит выход из внутреннего цикла, чтобы для других частиц условие не проверялось.

Двойной цикл помещен еще в один цикл - шагов по оси камеры протравливания, чтобы учесть перемещение частиц шнеком в соответствии с выражением (2.34).

В численном эксперименте используем все частицы зернового объема в камере (примерно 180000 зерновок), чтобы обеспечить соответствующую пористость псевдооживленного слоя. Количество капель на каждом шаге по выражению (2.34) выбиралось одинаковым $n_k \geq 1000$ для каждого сочетания факторов: $\gamma, \Delta_{sh}, h_{z1}$. Число шагов $N_{step} \geq 10$ и на каждом проводилась новая генерация n_k капель.

После суммирования капель на каждой зерновке в численном эксперименте проводилась статистическая обработка по расчету: вариационного ряда распределения (полигона частот), количества смоченных частиц, среднего значения, среднеквадратического отклонения и коэффициента вариации капель на частице. Так как моделировалось первичное взаимодействие, без учета последующего перемешивания частиц, показатели вычислялись, как по всей совокупности зерен, так и отдельно только для смоченных частиц.

В результате численного эксперимента получаем массив A из ячеек A_i , размером по числу зерен в камере $i = 1 \dots n$, содержимое каждой ячейки которого, равно числу капель на каждой зерновке после распределения $(n_k \cdot N_{step})$ капель.

Вариационный ряд получаем суммируя количество зерен, на которые попало одинаковое количество капель. Среднее значение капель на зерновке равно

$$A_{sr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i; \quad (2.59)$$

Среднеквадратическое отклонение определим из соотношения

$$s_{kv} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (A_i - A_{sr})^2}; \quad (2.60)$$

Коэффициент вариации находим как отношение среднеквадратического отклонения к среднему

$$k_{var} = \frac{s_{kv}}{A_{sr}}. \quad (2.61)$$

Эти характеристики вычисляем как для всей совокупности зерновок n , так и только для смоченных частиц, исключая номера ячеек массива A , у которых $A_i = 0$. Кроме этого для каждого сочетания факторов вычисляем количество смоченных зерновок для которых $A_i > 0$.

По изложенному алгоритму на языке C# в среде VisualStudio разработано приложение для Windows - программа, реализующая численный эксперимент и его статистическую обработку.

На рисунке 2.16. представлен результат численного эксперимента взаимодействия 179734 зерновок на 1000 шагах по оси y с 1000 каплями на каждом из них. На рисунке 2.17 показан вариационный ряд распределения капель по смоченным зерновкам.

Генерация частиц: $alf = 80,9216941952939$ $n = 179734$ $m = 3,46873716858361E-05$ $kon = 0,576923076923077$ $z_n = 0,0884326604316923$ $R = 0,105$

Задание высоты слоя: $0,125$ $A1f1 = 100,980575427612$ $Sv = 0,0214924926403265$ $V1 = 0,0128954955841959$ $ro1 = 483,462661852998$

Расчет распределения по слоям: $nz = 34$ $k = 179731$ $Заполнение: 0,4$ $Бетта1: 45,0014323586722$ $Количество шагов по Y: 1000$

Генерация капель: $Гамма = 0$ $h = 0,1050052499$ $Количество капель: 1000$ **Взаимодействие**

Тысяча частиц, начиная с: 200

N	X	Y	Z
200	-0,00940915...	0,506382404...	-0,10314627...
201	-0,00343787...	0,341203975...	-0,10314627...
202	-0,01094952...	0,148666706...	-0,10314627...
203	0,001027278...	0,365764814...	-0,10314627...
204	0,013504232...	0,476161662...	-0,10314627...
205	0,017567497...	0,412037984...	-0,10314627...
206	-0,01276478...	0,222025269...	-0,10314627...
207	-0,01288809...	0,211771260...	-0,10314627...
208	0,002142797...	0,179912563...	-0,10314627...
209	0,014860143...	0,404115127...	-0,10314627...

Nk	x2	y2	z2
0	-0,25460494...	-0,16316012...	-0,95318156...
1	-0,25064415...	-0,20256239...	-0,94664987...
2	0,063476713...	0,040970364...	-0,99714198...
3	-0,01533932...	-0,05128687...	-0,99856615...
4	-0,43052447...	-0,22822439...	-0,87324813...
5	-0,49401154...	0,239654026...	-0,83577421...
6	0,311542477...	-0,46868431...	-0,82660528...
7	0,267789503...	-0,19525431...	-0,94348531...
8	-0,17939713...	0,265833748...	-0,94717954...
9	0,020267286...	0,055414430...	-0,99825772...

N	X	Y	Z	A4
179733	0	0,299999999999...	0	248
179732	0	0,299999999999...	0	0
179731	0	0,299999999999...	0	0
179730	0,010378174365...	0,590614090808...	0,019199909717...	239
179729	0,088280758575...	0,161232410958...	0,019199909717...	4

n	Средина интервала	Количество
0	0	143765
1	1	7499
2	2	3900
3	3	2444

Статистика по всем частицам
Sum= 999506 Среднее= 5,56102907630165 SrKv= 24,9047208285888 Kvar= 4,47843744150168

Статистика без сухих частиц
Summ1= 999506 Среднее1= 27,7879840974172 SrKv1= 49,7377932098845 Kvar1= 1,78990289599696

Количество смоченных зерен: 35969

Рисунок 2.16 Результат численного эксперимента

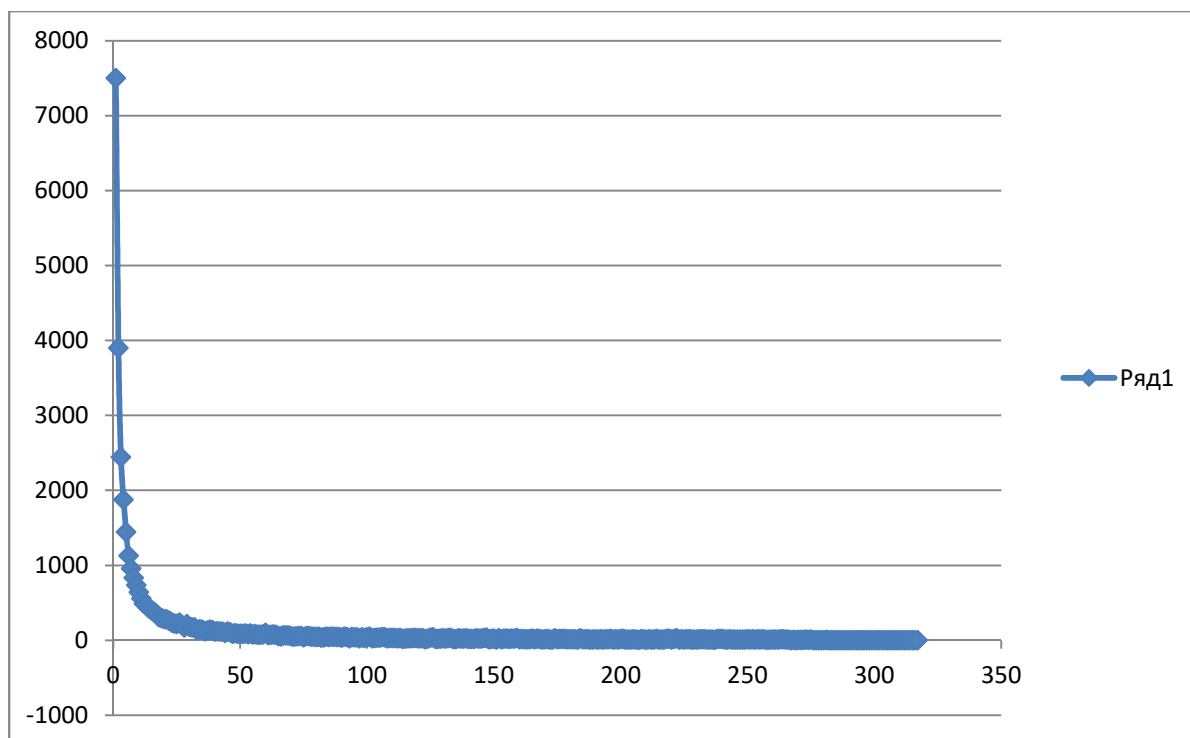


Рисунок 2.17 Вариационный ряд распределения 1000000 капель по 35969 смоченным зерновкам при $\gamma = 0$; $\Delta_{sh} = 0,4$; $h_{z1} = 0,125$ м.

В таблице 2.2 представлено изменение параметров распределения 10000 капель по всем частицам при $\gamma = 0$; $\Delta_{sh} = 0,4$ в зависимости от h_{z1}

Таблица 2.2 Изменение параметров распределения 10000 капель по всем частицам при $\gamma = 0$; $\Delta_{sh} = 0,4$ в зависимости от h_{z1}

Высота слоя зерна h_{z1}	Кол-во смоченных зерен	Ср.кв.откл. отклонение	Коэфф. вариации
0,09	6575	0,33078	6,024868
0,105	6406	0,3428267	6,1977098
0,115	6086	0,36095	6,49402
0,125	5784	0,3773	6,784
0,135	5504	0,398644	7,1657168
0,15	4854	0,4365808	7,846842

В таблице 2.3 представлено изменение параметров распределения 10000 капель по всем частицам при $h_{z1} = 0,125$; $\Delta_{sh} = 0,4$ в зависимости от угла γ

Таблица 2.3 Изменение параметров распределения 10000 капель по всем частицам при $h_{z1} = 0,125$; $\Delta_{sh} = 0,4$ в зависимости от угла γ

Угол γ	Кол-во смоченных зерен	Ср.кв.отклонение	Коэфф. вариации
0	5784	0,3773	6,784
15	5400	0,398162	7,16277333
30	4458	0,46233456	8,32387
45	801	1,456528	26,2865

В таблице 2.4 представлено изменение параметров распределения 10000 капель по всем частицам при $h_{z1} = 0,125$; $\gamma = 0$ в зависимости от заполнения Δ_{sh}

Таблица 2.4 Изменение параметров распределения 10000 капель по всем частицам при $h_{z1} = 0,125$; $\gamma = 0$ в зависимости от заполнения Δ_{sh}

Заполнение Δ_{sh}	Кол-во смоченных зерен	Ср.кв.отклонение	Коэфф. вариации
0,1	6033	0,6888	3,15244
0,2	5993	0,512458289	4,613151
0,3	5793	0,436631	5,8893
0,4	5760	0,37957	6,8242

ГЛАВА 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа и методика исследований

При разработке программы и методики исследовательских испытаний рабочих органов протравливающей машины пневматического типа за основу были взяты ГОСТ Р 54783-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Основные положения» и ГОСТ Р 54784-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки технических параметров».

В связи с отсутствием государственных стандартов, регламентирующих испытания рабочих органов протравливающих машин, в частности камеры протравливания и распылителя рабочего состава биопрепарата, при разработке программы и методики также был использован ГОСТ Р 53053-2008. «Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний», в связи с близостью регламентируемых им конструкций рабочих органов с испытываемыми в настоящем проекте.

Одним из основных параметров, определяющих качество протравливания семян биопрепаратами является активность биологических агентов, входящих в его состав в процессе нанесения на обрабатываемые семена. Известно, что на биологические агенты биопрепаратов существенное влияние оказывают давление в системе распыления, температура рабочей жидкости и конструкция распылителя, а также их совместное взаимодействие.

Якупов А.М. в 2019 г. при исследовании влияния распылителей на жизнедеятельность микроорганизмов биологических препаратов использовал изготовленную им установку, состоящую из бака, насоса, манометра, распылителей и колб. Им исследовано влияние давления в системе распыления на рост и развитие бактерий *Bacillus* 26Д. Недостатком является отсутствие исследований на совместное влияние температуры и давления рабочей жидкости на активность биологических агентов входящих в состав биопрепаратов.

Для оценки влияния распылителя и технологических параметров распыления биопрепарата необходимо провести сравнение его конструкции с различными видами стандартных распылителей используемых при проведении работ по протравливанию в приближенных к реальным условиям.

При протравливании семян используются различные машины со схожими техническими характеристиками и технологическими процессами распыления, где давление в системе распыления для получения необходимой дисперсности распыления 0,3 ... 0,5 МПа. Нагрев рабочей жидкости в таких машинах не предусмотрен.

Для оценки совместного влияния температуры рабочей жидкости и давления в системе распыления, а также конструкции распылителя разработана и изготовлена лабораторная установка, имитирующая работу системы распыления рабочего состава биопрепарата на семена при протравливании позволяющая изменять и контролировать параметры температуры рабочей жидкости, давления в системе распыления и изменять виды распылителей.

В качестве распылителей биопрепарата для сравнения с экспериментальным были выбраны два известных и подходящих по параметрам дисперсности распылителя – инжекторный и щелевой.

В качестве испытываемых штаммов были использованы: RECB-50B (на основе *Bacillus* sp.), RECB-14B (на основе *Pseudomonas putida*), RECB-74F (*Trichoderma viride*).

При создании необходимой среды из рабочего состава биопрепарата для нанесения биологического агента на поверхность семени происходит его распыление на частицы размером 50...200 мкм, что обусловлено требованиями к технологическому процессу протравливания семян защитно-стимулирующими препаратами.

Для оценки дисперсности распыла используют различные методы, основные из них: получение отпечатков капель на воспринимающей поверхности и улавливание капель в жидкость. В качестве имитирующего

рабочего состава может использоваться расплавленный парафин.

Например, для испытания и калибровки распылителей средств защиты растений разработан стенд (АС №41149), имитирующий полевые испытания, который содержит ленточный транспортер с регулируемой скоростью движения и штангу, установленную с возможностью свободного перемещения на гибких гидрокommunikациях как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости, и расположенную над «бегущей» поверхностью (транспортером), на которой помещаются карточки для исследования распылителей в соответствии с ОСТом 10 6.1-2000. Осевшие капли рассматривают при помощи ручного микрокопирования. Недостатком является большая трудоемкость метода.

Другой метод (Голоцуцких В.И., 2004) основан на вышеприведенном, но после высыхания карточки сканируют в черно-белом спектре на компьютере и наносят на изображение миллиметровую сетку, далее производят замер и расчет среднего медианного размера следа капель. Недостатком является трудоемкость метода и удаление части информации о размере капель в процессе конвертирования изображения.

Так же существует метод определения дисперсности распыла с использованием пластинок, покрытых слоем сажи или окиси магния, капли ударяясь о поверхность оставляют следы, которые можно измерить под микроскопом.

Одним из методов является распыление окрашенной жидкости на пластинки из стекла с нанесенным слоем трансформаторного масла, которые затем рассматривают под микроскопом.

Известен так же метод фотографирования летящих капель в высоком разрешении с последующей обработкой графическими программами (Горохов В.Д., 2015).

Так же известен метод улавливания распыленных частиц в жидкость, для этого используют пластинки из стекла, на которые наносится глицерин. Попавшие частицы в глицерин рассматриваются под микроскопом.

Общие недостатки указанных выше методов – большая трудоёмкость и субъективность полученных результатов.

При определении размера распыленных частиц был использован ГОСТ Р 53053-2008. «Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний» описывающий методику проведения испытания распылителей опрыскивателей с использованием пропитанных парафином мелованных карточек, на которые распыляется раствор красителя с последующим их анализом. Данным стандартом предусмотрено в качестве рабочей жидкости использование одно-, двухпроцентного водного раствора красителя черного или одно-, двухпроцентного раствора нигрозина или другого интенсивного водорастворимого красителя.

В нашем случае в качестве красителя был применен синий водорастворимый краситель в виду его более простой идентификации при цветном сканировании карточек в высоком разрешении 1200x1200 dpi.

Растекание капель по поверхности карточек может являться фактором, снижающим качество проведения испытаний на дисперсность распыла, поэтому было предусмотрено использование карточек из мелованной бумаги, обработанных трех-, пятипроцентным раствором парафина для уменьшения растекания улавливаемых капель. При обработке каждая карточка погружалась в раствор, а после помещалась в сушилку.

Распыление препарата производилось согласно ГОСТ Р 53053-2008. Затем производили цветное сканирование карточек с разрешением 1200x1200 dpi.

Карточки всех повторностей, распределяли на три группы:

- условно мелкие — до 100 мкм;
- средние — от 100 до 200 мкм;
- крупные — свыше 200 мкм.

Размеры капель на сканированных снимках определялись путем выделения окрашенных областей и вычисления размеров вписанных в области

окружностей.

По результатам обработки данных сканирования вычисляли средневзвешенное значение медианно-массового диаметра осевших капель.

Для определения равномерности распределения биологического агента по поверхности семени, производительности рабочих органов и расхода рабочей жидкости необходимо провести испытания рабочих органов комплексно, так как возникает необходимость поддержания необходимого качества протравливания при требуемой производительности по зерну и расхода рабочей жидкости.

Для осуществления контроля равномерности обработки семян Ганеев Р.В. и Хасанов Э.Р. в 2015 г. использовали метод, основанный на технике газожидкостной хроматографии. Метод базируется на экстракции флудиоксона из образцов либо малых проб семян органическим растворителем с последующим количественным определением действующего вещества методом газожидкостной хроматографии с использованием термоионного детектора. Полноту протравливания и фактический расход препарата оценивают по фактическому содержанию препарата в 1 т посевного материала, степень равномерности обработки – по величине коэффициента вариации распределения протравителя по семенам. Метод не дает однозначного ответа на вопрос относительно процентного соотношения площади покрытой раствором и без такового и является косвенным.

Салахов И.М. в 2014 г. для определения равномерности распределения рабочего раствора по поверхности семени использовал метод визуального осмотра с помощью увеличительного стекла и группировал по степени покрытия на 2 группы: первая группа – семена покрыты на 80...100%; вторая группа – семена покрытые менее чем на 80%. Данный метод не дает возможности оценить установленную ТЗ степень покрываемости.

Разработанный и изготовленный экспериментальный образец пневматического протравливателя позволяет провести испытания экспериментальных образцов рабочих органов.

Равномерность распределения биологического агента по поверхности семян определялась путем визуального осмотра протравленных семян под увеличительным стеклом. В качестве рабочих технологических параметров протравливателя были выбраны требуемые величины производительность 10 т/ч, расход рабочей жидкости 5 ... 10 л/т.

После протравливания семян отобрали 10 порций в бьюксы, затем из каждой бьюксы брали 100 семян и рассматривали под увеличительным стеклом. Осмотренные семена распределяли на две группы: покрытые на 95 ... 100%, покрытые менее чем на 95%. Для определения среднего значения равномерности распределения биологического агента по поверхности семян производилась статистическая обработка данных.

Производительность машин для протравливания исследователями (Ганеев Р.В, 2015 и Салахов И.М., 2014) определялось путем расчета времени прохождения заранее взвешенного объема семян от бункера с открытой на определенную величину заслонки до выхода из разгрузочного шнека. Недостатком такого метода является тот факт, что ими не учитывалось начальное заполнение и выход остатков семян из протравливателя, что снижает точность определения пропускной способности камеры протравливания.

Производительность рабочих органов по зерну определялась путем замера фактической пропускной способности изготовленного экспериментального образца пневматического протравливателя. Фактическая пропускная способность машины определялась как количество обрабатываемого материала прошедшего через камеру протравливания за определенный промежуток времени при соблюдении необходимых технологических требований к процессу обработки семян защитно-стимулирующими препаратами. Для определения среднего значения массы семян, прошедших через камеру протравливания ожидали стабильного потока семян из выгрузного патрубка, затем производили наполнение мешков семенами в течение одной минуты. Далее проводилось взвешивание и расчет

среднего арифметического значения массы семян в мешках. Такая методика позволяет точно определить фактическую производительность экспериментальных рабочих органов.

Количество рабочей жидкости необходимой для протравливания семян определяется путем замера её количества в баке до и после проведения протравливания, а так же методом газожидкостной хроматографии (Ганеев Р.В. и Хасанов Э.Р. в 2015). Однако было использовано более точное определение расхода рабочей жидкости с обеспечением равномерности покрытия семян согласно ТЗ (95...100 %) путем взвешивания обрабатываемых семян до и после протравливания. Таким образом, определялось количество жидкости, находящейся на поверхности семян. Данный подход определения фактического расхода рабочей жидкости позволяет учитывать количество жидкости, оставшейся на внутренних поверхностях рабочих органов протравливателя.

Объектами исследовательских испытаний являются камеры протравливания и распылителя рабочего состава биопрепарата.

В связи с тем, что во время исследовательских испытаний использовались биопрепараты, при разработке программы и методики особое внимание было уделено разработке требований к условиям, обеспечению и проведению исследовательских испытаний, а также требованиям безопасности.

Определены и систематизированы требования нормативных документов по обеспечению безопасных условий проведения исследовательских испытаний, в том числе защите персонала и окружающей среды.

Большое внимание было уделено разработке программы исследовательских испытаний.

Ниже в таблице 3.1 приведены виды исследовательских испытаний (проверок) и требования к измеряемым параметрам.

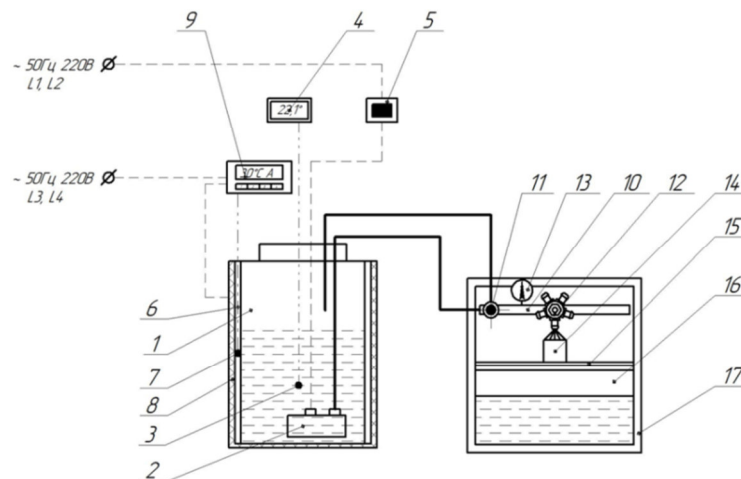
Таблица 3.1 виды исследовательских испытаний и требования к измеряемым параметрам

Пункт программы испытаний	Вид испытаний (проверок)	Ед. изм.	Номинальное значение
1	Проверка воздействия рабочих органов на жизнеспособность биоагентов биологических средств защиты растений с максимальным сохранением его активности	Титр КОЕ	10^8
2	Проверка обеспечения создания необходимой среды из рабочего состава биопрепарата для нанесения биологического агента на поверхность семени	мкм	50...200
3	Проверка равномерности распределения биологического агента по поверхности семени	%	95
	Проверка производительности рабочих органов	т/ч	10
	Проверка расхода рабочей жидкости	л/т	5 ...10

3.2 Методика лабораторных исследований

3.2.1 Определение влияния конструктивно-технологических параметров распылителя на жизнедеятельность биологических агентов биопрепаратов.

Для проверки воздействия рабочих органов на жизнеспособность биоагентов была изготовлена лабораторная установка (рисунок 3.1, 3.2).



1 – бак рабочей жидкости; 2 – мембранный насос; 3 – датчик температуры жидкости;
 4 – указатель температуры жидкости; 5 – клавиша включения насоса; 6 – нагревательный элемент; 7 – датчик температуры нагревательного элемента; 8 – утеплитель; 9 – регулятор температуры; 10 – трубопровод; 11 – регулятор давления жидкости; 12 – держатель распылителей; 13 – манометр; 14 – бюкса; 15 – подставка; 16 – бак для слива жидкости;
 17 – рама

Рисунок 3.1 – Схема лабораторной установки для испытания распылителей



Рисунок 3.2 – Общий вид установки для испытания распылителей

Лабораторная установка состоит из бака рабочей жидкости 1, в котором установлен мембранный насос 2 и датчик температуры жидкости 3, данные с которого отображаются на указателе температуры жидкости 4. Включение и выключение насоса 2 осуществляется посредством клавиши 5. На внешней стороне бака рабочей жидкости 1 послойно установлен нагревательный элемент 6, между слоями которого установлен датчик

температуры 7 нагревательного элемента 6. Поверх нагревательного элемента 6 закреплен утеплитель 8, который также закреплен по всей поверхности бака 1. Температура нагрева нагревательного элемента 6 регулируется регулятором 9. Рабочая жидкость из насоса 2 подается в трубопровод 10 и через регулятор давления жидкости 11 подаётся на держатель распылителей 12, который имеет пять распыляющих наконечников. Поворотом держателя по ось производится быстрая смена распылителя без необходимости их разборки-сборки. Давление в трубопроводе 10 контролируется по манометру 13. Распыленная жидкость из распылителя подается в емкость бюкса 14 установленную на подставке 15, которая в свою очередь установлена в раме 17. Так же на раме 17 установлен бак для слива жидкости 16 и проведения настройки давления в трубопроводе 10.

Данная лабораторная установка дает возможность имитации рабочего процесса нанесения биопрепарата на семена растений при протравливании, изменяя при этом давление в системе распределения, виды распылителей, температуру рабочего состава биопрепарата с дальнейшим его исследованием с целью определения количества живых микроорганизмов, оставшихся в нем после воздействия выше обозначенных факторов.

Лабораторная установка позволяет изменять и контролировать следующие параметры: температура рабочей жидкости, T (диапазон изменения $0...90\text{ }^{\circ}\text{C}$, диапазон измерения $0...90\text{ }^{\circ}\text{C}$, шаг изменения и контроля $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, погрешность измерения $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$); Давление в системе распыления, P (диапазон изменения $0...0,6\text{ МПа}$, диапазон измерения $0...0,6\text{ МПа}$, шаг изменения и контроля $0,01\text{ МПа}$, погрешность измерения $0,01\text{ МПа}$); виды распылителей: все типы распылителей совместимые с держателями распылителей производства фирмы ARAG S.r.l.

Созданная лабораторная установка позволяет производить обеззараживание входящую в его конструкцию системы распыления путем нагрева входящих в его состав компонентов до максимальной температуры

жизнеспособности тестируемых микроорганизмов и промывки специализированными препаратами.

Лабораторная установка работает следующим образом: в бак 1 наливается раствор рабочей жидкости. Затем производят контроль температуры жидкости по указателю 4, который получает ее от датчика температуры жидкости 3, если по условиям опытов необходимо нагреть рабочую жидкость, включают регулятор нагрева 9 и устанавливают требуемую температуру. Нагрев производится нагревательным элементом 6 пленочного типа. Жидкости в баке ограждена от снижения температуры утеплителем 8. Датчик температуры 7 не даёт нагревательному элементу перегреваться, подавая показания температуры регулятору 9 для принятия последним необходимого решения для продолжения или остановки нагрева. Температура нагревательного элемента также контролируется визуальным способом по показаниям ее величины на табло регулятора 9 и может быть скорректирована оператором установки. После нагрева рабочей жидкости до необходимой температуры, оператору необходимо настроить величину давления на выходе из распылителя 12. Давление рабочей жидкости регулируется регулятором 11 и контролируется манометром 13. Поставив рукоятку регулятора 11 в одно из положений от 0 до 12, оператор кратковременно включает мембранный насос 2 посредством нажатия на клавишу 5 и контролирует давление в трубопроводе 10 визуальным по манометру 13. Распыленная жидкость из распылителя подается в емкость бюксу 14 установленную на подставке 15. При проведении настройки давления в трубопроводе жидкость из распылителя 12 подается в бак 16 установленный в раме 17. Опустив клавишу 5 производится остановка мембранного насоса 2 путем размыкания соединения линий электропитания. Настроив необходимое давление, оператор проводит необходимые опыты.

Используя вышеизложенную методику проведения экспериментов, возможно определить влияние давления (Р) в системе опрыскивателя (протравливателя) в диапазоне 0...0,6 МПа, температуры (Т) биопрепарата в

диапазоне 0...90 °C и типа (N) распыляющего устройства на жизнеспособность микроорганизмов в биопрепарате ($KOE = f(P, T, N)$).

В качестве распылителей биопрепарата, при проведении исследований, используют два известных по конструкции распылителя – инжекторный и щелевой, и третий – экспериментальный распылитель новой конструкции – распылитель, адаптированный для работы с биопрепаратами.

3.2.2 Методика определения обеспечения создания необходимой среды из рабочего состава биопрепарата для нанесения биологического агента на поверхность семени

Проверку обеспечения создания необходимой среды из рабочего состава биопрепарата для нанесения биологического агента на поверхность семени дисперсность распыла жидкости опрыскивателями определяют, измеряя дисперсность распыла по методике, изложенной в ГОСТ Р 53053-2008.

В качестве рабочей жидкости используют одно-, двухпроцентный водный раствор красителя черного. Допускается применение одно-, двухпроцентного раствора нигрозина или другого интенсивного водорастворимого красителя.

Дисперсность распыла определяют на карточках из мелованной бумаги, обработанных трех-, пятипроцентным раствором парафина для уменьшения растекания улавливаемых капель. При обработке каждую карточку погружают в раствор, вынимают из него и помещают в сушилку.

Перед проведением опытов учетные карточки размещают на участке прохождения распылителя. Испытуемый распылитель проходит по участку и проводит обработку поверхности карточками.

После подсыхания карточки собирают, аккуратно укладывают и отправляют в лабораторию для анализа.

Обработку карточек для определения дисперсности проводят методом микроскопирования или сканированием и последующей обработкой на ПЭВМ по специальной программе.

Карточки всех повторностей, распределяют на три группы:

- условно мелкие — до 100 мкм;
- средние — от 100 до 200 мкм;
- крупные — свыше 200 мкм.

По результатам распределения карточек по группам капель вычисляют количественную долю каждой группы от общего числа карточек и записывают в протокол проведения проверки

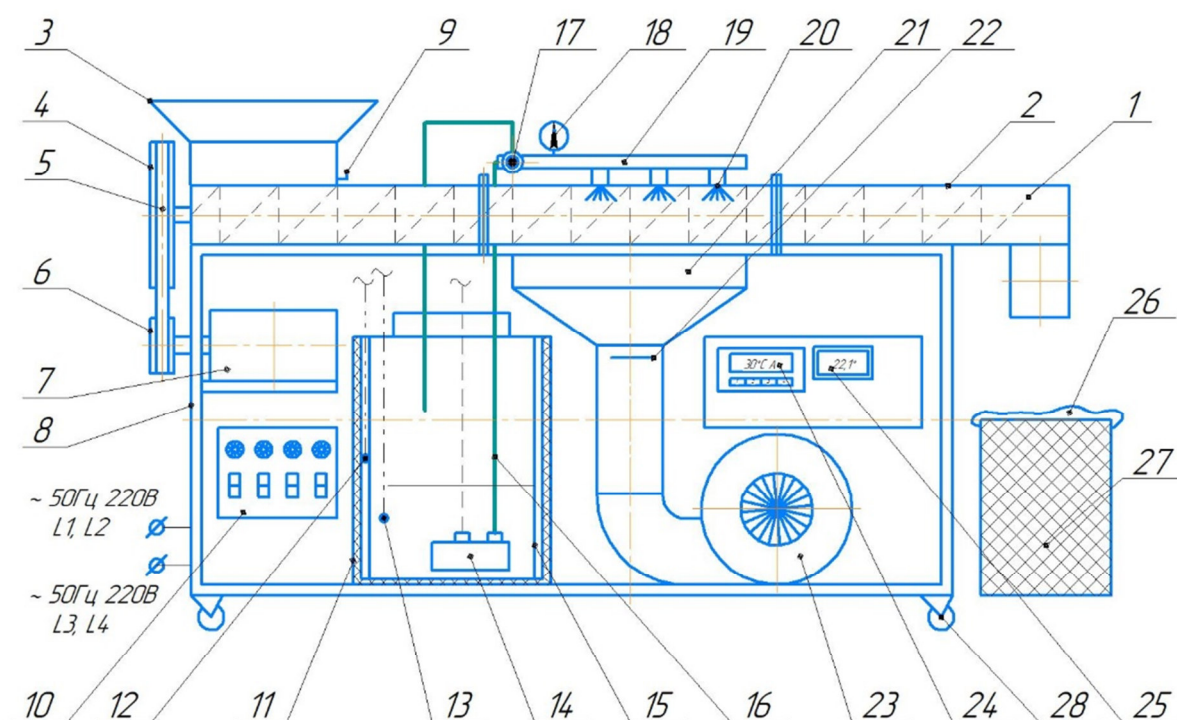
При сканировании обрабатывают все карточки. При обработке данных сканирования капли по диаметру распределяют на три группы и вычисляют количественную долю каждой группы.

По результатам обработки данных сканирования вычисляют средневзвешенное значение медианно-массового диаметра осевших капель.

3.2.3 Методика определения равномерности распределения

биологического агента по поверхности семени

Для проведения проверки изготовлен экспериментальный образец пневмомеханического протравливателя (рисунок 3.3, 3.4).



- 1 – шнек; 2 – корпус шнека (3 части); 3 – загрузочный лоток; 4 – шкив шнека; 5 – ремень;
 6 – шкив электродвигателя; 7 – электродвигатель; 8 – рама; 9 – заслонка регулировки
 подачи зерна. 10 – блок управления (шнек, насос, нагрев жидкости, вентилятор);
 11 – нагревательный элемент. 12 – датчик температуры нагревательного элемента;
 13 – датчик температуры жидкости; 14 – насос мембранный; 15 – бак рабочей жидкости;
 16 – трубопровод подачи жидкости; 17 – регулятор давления жидкости; 18 – манометр;
 19 – труба подачи жидкости. 20 – форсунка с распылителем; 21 – кожух для подачи
 воздуха; 22 – заслонка регулировки подачи воздуха; 23 – вентилятор; 24 – регулятор
 температуры; 25 – указатель температуры жидкости; 26 – мешок; 27 – корзина для мешка;
 28 – колесо

Рисунок 3.3 – Схема экспериментального образца пневмомеханического протравливателя



Рисунок 3.4 – Экспериментальный образец пневмомеханического протравливателя

Для определения равномерности распределения по семенам используют протравленные партии семян. Эксперименты проводят в следующем порядке. Из каждого буюкса протравленных семян отбирается 100 семян и рассматривается под увеличительным стеклом. Они группируются по степени покрытия на 2 группы: первая группа – семена покрыты на 95...100%; вторая группа – семена, покрытые менее чем на 95%. Затем проводится статистическая обработка полученных данных.

3.2.4 Методика определения производительности рабочих органов

Определение производительности протравливателя проводят в следующей последовательности. Загрузочный лоток наполняют семенами. Включают шнек и вентилятор протравливателя. Насос подачи рабочей жидкости не включают. Открывают заслонку загрузочного лотка и ждут стабильного потока и ровного потока семян из выгрузного

отверстия. Затем собирают семена выгружаемые из выгрузного отверстия в течении минуты в мешки. Затем заслонку закрывают. Семена взвешивают на весах, рассчитывают среднеарифметическое значение и находят фактическую производительность протравливателя.

3.2.5 Методика определения расхода рабочей жидкости

Определение расхода рабочей жидкости проводят в следующей последовательности. Берут 10 порций, не протравленных семян и определяют их массу. Затем берут 10 порций протравленных семян и определяют их массу. Среднеарифметическая значение разницы до и после протравливания принимают за фактический расход рабочей жидкости.

3.3 Методика обработки экспериментальных данных

Полученные данные обрабатывались известными методами математической статистики с использованием пакета Microsoft Office Excel 2003.

Наблюдая и измеряя характеристики объекта во время экспериментов собирается первичный статистический материал. Дальнейшая задача состоит в обработке первичных данных, которые позволили бы оценить результаты проверки и выявить свойства и закономерности процесса. Достаточную информацию об эксперименте можно получить по таким характеристикам: среднее значение – $\bar{x}$; стандартное отклонение (среднее квадратическое отклонение) – S ; стандартная ошибка (ошибка средней) – $S_{\bar{x}}$; коэффициент вариации – V .

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Определение влияния конструктивно-технологических параметров распылителя на жизнедеятельность биологических агентов биопрепаратов

На основе изложенной выше методики были проведены соответствующие экспериментальные исследования по определению степени влияния физических факторов на жизнеспособность микроорганизмов.

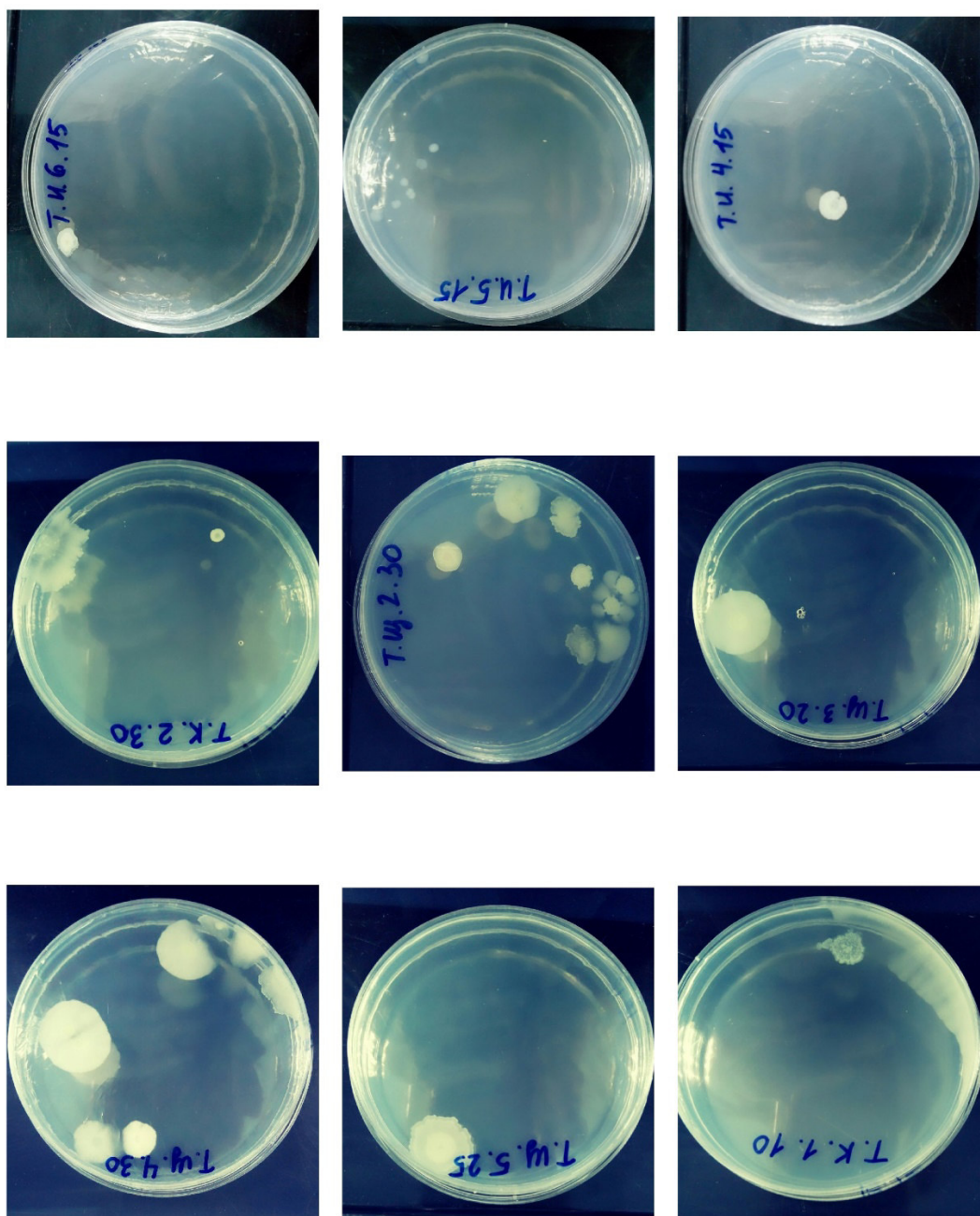


Рисунок 4.1 Колонии штаммов микроорганизмов

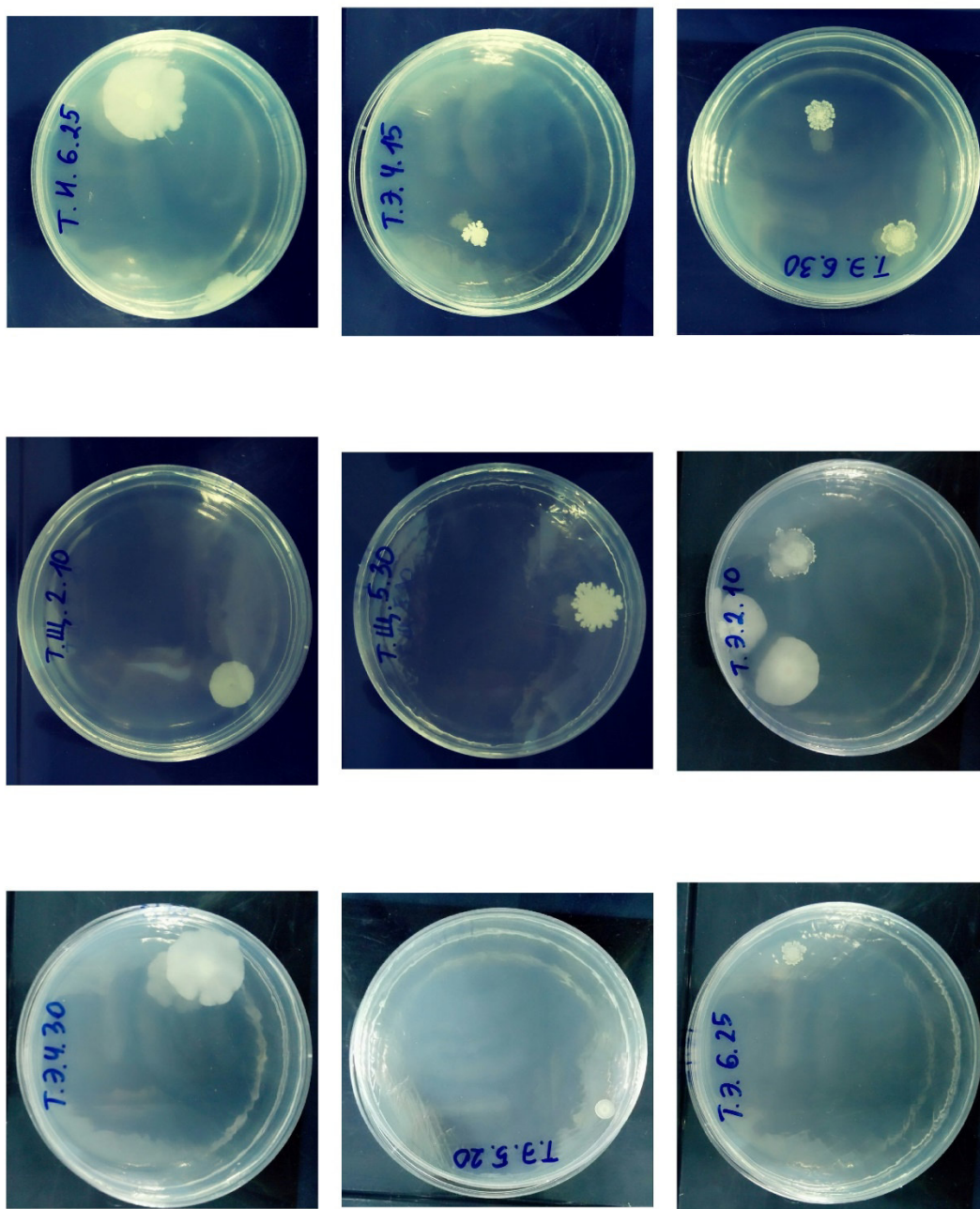


Рисунок 4.2 Колонии штаммов микроорганизмов

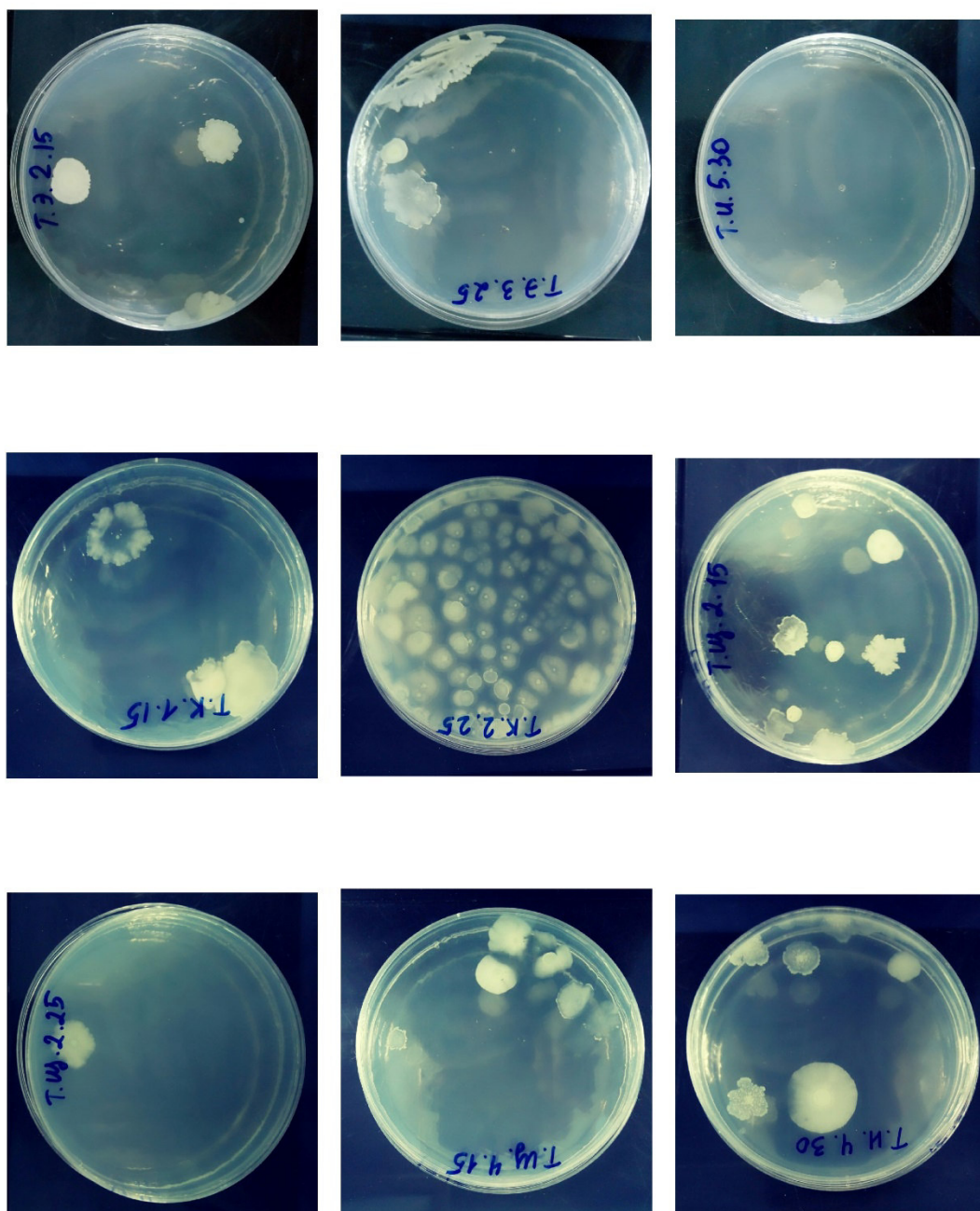


Рисунок 4.3 Колонии штаммов микроорганизмов

По каждой серии экспериментов, с использованием определенного типа распылителя и биопрепарата, после статистической обработки, были получены результаты, представленные в табличном виде.

Таблица 4.1 Количество выживших микроорганизмов при обработке семян с использованием экспериментального распылителя, КОЕ $\times 10^8$

Температура (Т), °С	Давление (Р), Мпа				
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
<i>Pseudomonas putida</i>					
10	15	16	15	13	9
15	20	20	19	16	13
20	34	33	29	27	20
25	35	34	34	30	24
30	34	33	25	24	22
<i>Bacillus sp.</i>					
10	22	20	20	16	11
15	36	32	25	18	16
20	48	45	40	36	34
25	48	46	44	32	31
30	41	38	36	32	27
<i>Trichoderma viride</i>					
10	16	15	13	13	12
15	26	26	24	23	18
20	38	37	37	36	35
25	38	35	36	34	31
30	39	37	36	32	29

По результатам полученных данных были построены графические зависимости, показывающие влияние давления в системе опрыскивателя, температуры биопрепарата и типа распыливающего устройства на жизнеспособность микроорганизмов после их нанесения на семенной материал механическим способом (рисунки 4.4-4.9).

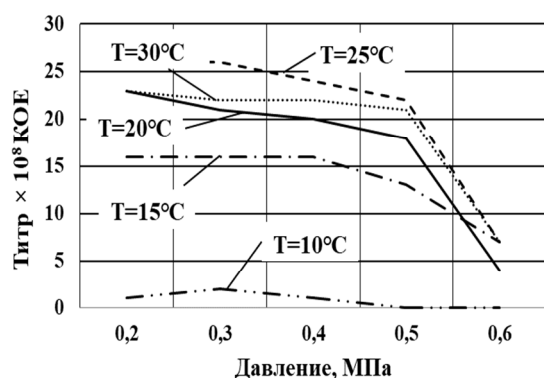


Рисунок 4.4 Влияние давления (P) и температуры (T) на жизнеспособность (КОЕ) *Pseudomonas putida*, (инжекторный распылитель)

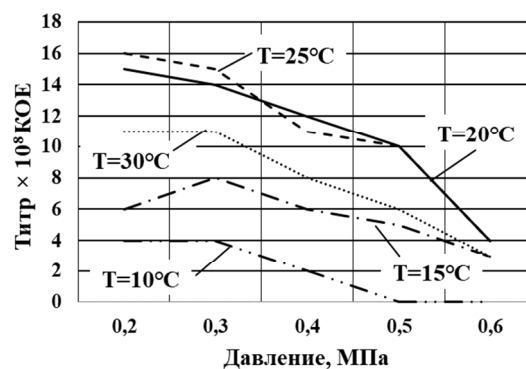


Рисунок 4.5 Влияние давления (P) и температуры (T) на жизнеспособность (КОЕ) *Pseudomonas putida*, (щелевой распылитель)

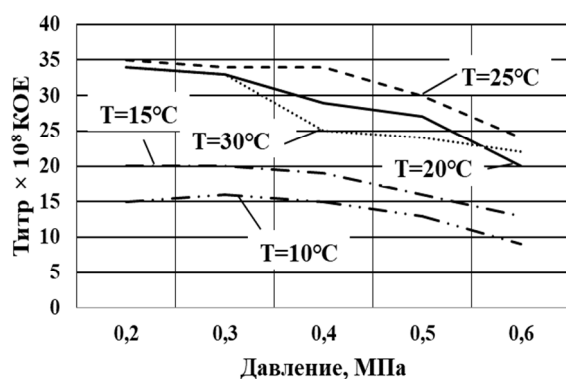


Рисунок 4.6 Влияние давления (P) и температуры (T) на жизнеспособность (КОЕ) *Pseudomonas putida*, (экспериментальный распылитель)

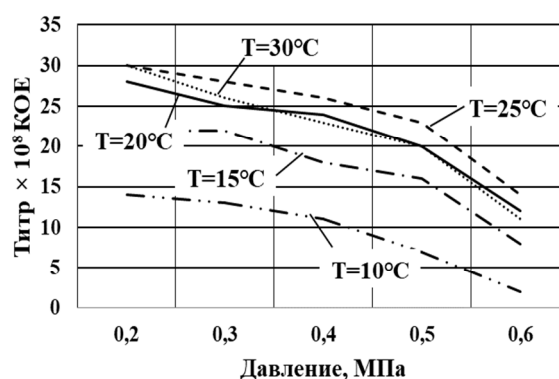


Рисунок 4.7 Влияние давления (P) и температуры (T) на жизнеспособность (КОЕ) *Bacillus subtilis*, (инжекторный распылитель)

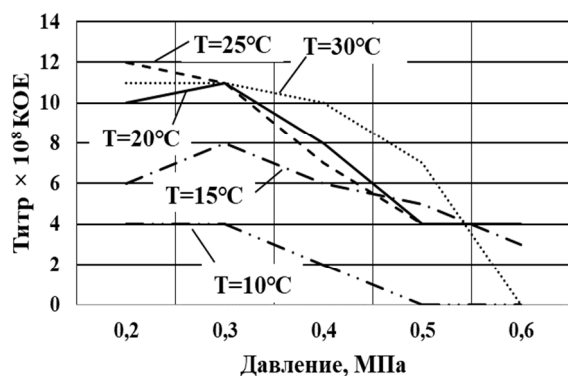


Рисунок 4.8 Влияние давления (P) и температуры (T) на жизнеспособность (КОЕ) *Bacillus subtilis*, (щелевой распылитель)

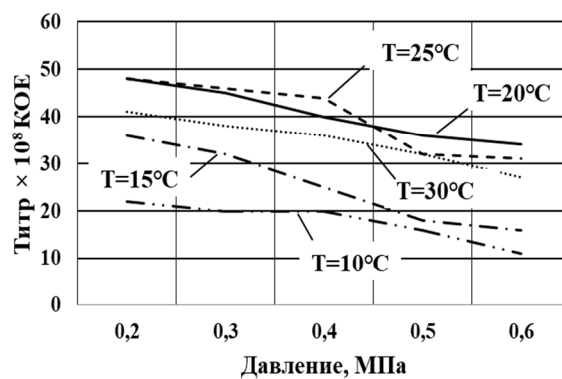


Рисунок 4.9 Влияние давления (P) и температуры (T) на жизнеспособность (КОЕ) *Bacillus subtilis*, (экспериментальный распылитель)

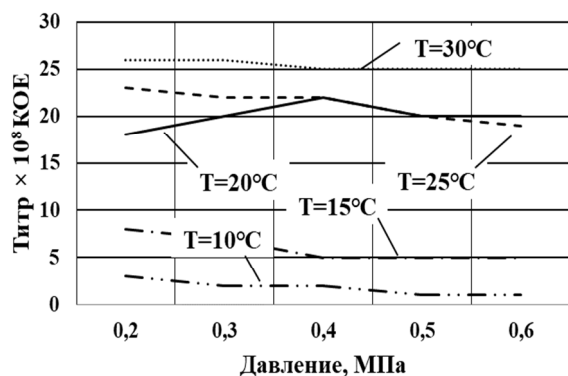


Рисунок 4.10 Влияние давления (P) и температуры (T) на жизнеспособность (КОЕ) *Trichoderma viride*, (инжекторный распылитель)

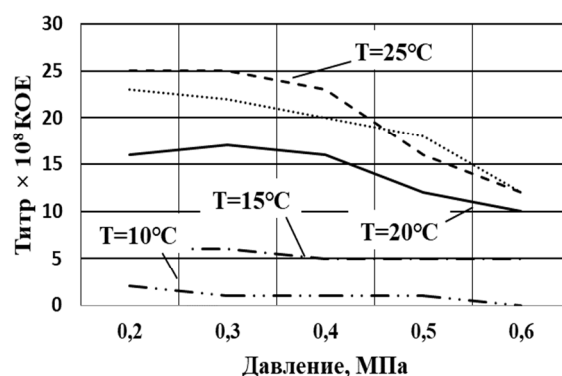


Рисунок 4.11 Влияние давления (P) и температуры (T) на жизнеспособность (КОЕ) *Trichoderma viride*, (щелевой распылитель)

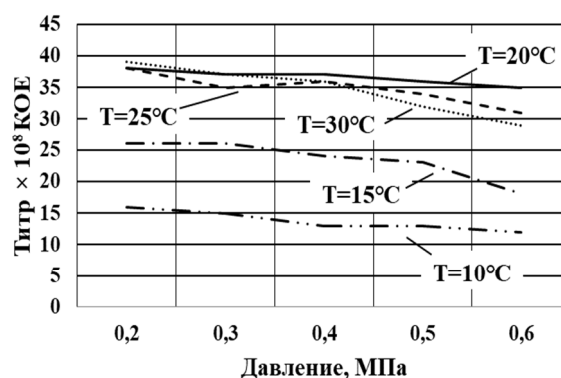


Рисунок 4.12 Влияние давления (Р) и температуры (Т) на жизнеспособность (КОЕ) *Trichoderma viride*, (экспериментальный распылитель)

Анализируя полученные графические зависимости можно отметить, что все виды исследуемых штаммов показывают наилучшие показатели жизнеспособности при температуре их использования 20...25 °С. Снижение температуры использования штаммов приводит к резкому снижению уровня их жизнеспособности и к использованию не рекомендуется. Повышение температуры использования штаммов выше 25 °С не целесообразно, так как к повышению уровня жизнеспособности штаммов это не приводит, а в некоторых случаях – жизнеспособность снижается.

Давление в системе опрыскивания, то есть давление, действующее на штаммы в составе биопрепарата во время его механического нанесения на семена, наиболее сильно влияет на степень жизнеспособности микроорганизмов. Анализируя полученные графические зависимости видно, что повышение давления неизменно приводит к снижению жизнеспособности. Из графиков видно, что при повышении давления выше 0,4 МПа жизнеспособность всех штаммов резко начинает снижаться, что не приемлемо. Однако, при низком давлении невозможно получить такую дисперсность биопрепарата, которая позволяла бы качественно покрыть им всю поверхность семени при протравливании. В таком случае качественное образование необходимой дисперсности биопрепарата, при давлении не

выше 0,4 МПа, можно повысить лишь применяя распылители новых конструкций, адаптированных для использования при низком давлении. Анализируя полученные графики видно, что применение экспериментального типа распылителя даёт наивысшее значение показателя жизнеспособности в диапазоне применяемого в системе опрыскивания давления на биопрепарат – до 0,4 МПа.

4.2 Определение обеспечения создания необходимой среды из рабочего состава биопрепарата для нанесения биологического агента на поверхность семени

Таблица 4.2 Дисперсность распыла рабочей жидкости в зависимости от давления рабочей жидкости и подаваемого воздуха

№ п/п	Давление воздуха, МПа	Давление жидкости, МПа	Дисперсность распыла рабочей жидкости, мкм			Среднее значение дисперсности распыла, мкм
1	0,1	0,1	323	332	336	330,34
2	0,2		318	328	348	331,34
3	0,3		271	280	297	282,67
4	0,4		237	244	259	246,67
5	0,1	0,2	315	325	345	328,34
6	0,2		272	280	297	283
7	0,3		256	264	280	266,67
8	0,4		220	227	241	229,34
9	0,1	0,3	176	181	192	183
10	0,2		153	157	167	159
11	0,3		131	135	144	136,67
12	0,4		104	107	114	108,34
13	0,1	0,4	180	184	186	183,34
14	0,2		162	164	162	162,67
15	0,3		121	123	120	121,34
16	0,4		98	96	92	95,34

Эксперименты показали, что такие факторы, как повышение рабочего давления воздуха и биопрепарата на входе в распылитель, приводят к более мелким каплям при распыливании воздушно-биопрепаратной смеси на выходе из распылителя.

Учитывая, что повышение давления воздушно-биопрепаратной смеси выше 0,4 МПа резко снижет жизнеспособность всех штаммов, рациональное рабочее давление воздуха на входе в распылитель должно составлять в пределах 0,1...0,2 МПа, а рабочее давление биопрепарата – 0,2...0,3 МПа.

4.3 Определение равномерности распределения биологического агента по поверхности семени

Определение равномерности распределения биологического агента по поверхности семени проводили согласно методике, описанной в главе 3.



Рисунок 4.13 Определение равномерности распределения биологического агента по поверхности семени



Рисунок 4.14 Взвешивание протравленных семян

Таблица 4.3 Равномерность распределения рабочей жидкости по поверхности семени

№ п/п	Расход рабочей жидкости, л/т	Равномерность распределения биологического агента по поверхности семени, %			Среднее значение равномерности, %
1	1	35	36	38	36,34
2	2	43	44	47	44,67
3	3	50	52	55	52,34
4	4	62	64	68	64,67
5	5	65	67	71	67,67
6	6	70	72	76	72,67
7	7	78	81	86	81,67
8	8	81	84	89	84,67
9	9	79	82	87	82,67
10	10	95	98	103	98,67

Анализируя результаты определения равномерности распределения рабочей жидкости можно сказать, что при одинаковой производительности протравливателя при уменьшении расхода рабочей жидкости равномерность распределения уменьшается. Отклонение равномерности распределения находится в пределах $\pm 2\%$. В наших опытах значения, удовлетворяющие рекомендуемому пределу были получены при расходе рабочей жидкости свыше 7 л/т. и производительности 10 т/ч. При меньших расходах рабочей жидкости распределения рабочей жидкости и качество протравливания уменьшается

4.4 Определение производительности рабочих органов

Определение производительности рабочих органов проводили согласно методики описанной в главе 3.

Таблица 4.4 Фактическая производительность протравливателя в зависимости от коэффициента заполнения шнека

№ п/п	Коэффициент заполнения шнека	Производительность, т/ч			Среднее значение производительности, т/ч
1	0,04	0,98	0,95	1,03	0,98
2	0,07	2,03	1,97	2,16	2,05
3	0,11	2,96	2,87	3,13	2,98
4	0,14	3,84	3,72	4,07	3,87
5	0,18	4,96	4,81	5,27	5,01
6	0,21	5,96	5,78	6,33	6,02
7	0,24	6,9	6,69	7,31	6,96
8	0,28	7,91	7,67	8,38	7,98
9	0,31	8,95	8,68	9,5	9,04
10	0,35	9,89	9,59	10,48	9,98

Анализируя результаты определения производительности, можно сказать, что производительность протравливателя по зерну имеет прямую зависимость от коэффициента заполнения шнека.

4.5 Определение расхода рабочей жидкости

Определение расхода рабочей жидкости проводили согласно методики описанной в главе 3.

Таблица 4.5 Фактический расход рабочей жидкости на протравливание семян биологическими препаратами.

№ п/п	Расход рабочей жидкости, л/т	Масса 1000 семян, г.		Фактический расход рабочей жидкости, л/т
		До протравливания	После протравливания	
1	1	38,42	38,46	0,98
2	2	38,66	38,74	1,86
3	3	38,54	38,66	2,92
4	4	38,62	38,77	3,88
5	5	38,48	38,68	4,96
6	6	38,64	38,87	5,84
7	7	38,82	39,1	6,98
8	8	38,67	38,98	7,84
9	9	38,62	38,97	8,86
10	10	38,66	39,05	9,94

Анализируя результаты определения фактического расхода жидкости, можно сказать, что расход рабочей жидкости укладывается в агротехнические требования отклонения равномерности расхода рабочей жидкости не более 20% в обе стороны от установленного значения рабочего расхода.

4.6 Производственные опыты

Производственные опыты были проведены в ООО «Авангард» Буинского района Республики Татарстан и на опытных полях Казанского ГАУ.

В обоих случаях полнота протравливания была выше 98%, были получены дружные всходы озимой пшеницы сорта «Бирюза».



Рисунок 4.15 Протравливание семян в ООО «Авангард» Буинского района Республики Татарстан



Рисунок 4.16 Протравливание семян в ООО «Авангард» Буинского района Республики Татарстан



Рисунок 4.17 Протравливание семян в ООО «Авангард» Буинского района Республики Татарстан



Рисунок 4.18 Пшеница озимая Сорт «Бирюза» в ООО «Авангард» Буинского района Республики Татарстан



Рисунок 4.19 Посев озимой пшеницы на опытных полях Казанского ГАУ



Рисунок 4.20 Всходы озимой пшеницы на опытных полях Казанского ГАУ



Рисунок 4.21 Всходы озимой пшеницы на опытных полях Казанского ГАУ

ГЛАВА 5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

5.1 Расчет массы и стоимости конструкции

Основные технические и технологические показатели камеры протравливания протравливателя семян и распылителя рабочего состава биопрепарата были определены в предыдущих главах. В связи с тем, что в них не указаны требования к массе отдельных узлов и элементов разрабатываемых конструкций, а этот показатель важен при определении их балансовой стоимости, то расчет технико-экономических показателей камеры протравливания пневматического протравливателя семян и распылителя рабочего состава биопрепарата необходимо начать с определения массы конструкции:

$$G = (G_k + G_r) \cdot K \quad (5.1)$$

где G_k – масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов, кг;

G_r – масса готовых деталей, узлов и агрегатов, кг;

K – коэффициент, учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкции монтажных материалов ($K = 1,05 \dots 1,15$).

Таблица 5.1 - Расчёт массы спроектированных узлов и деталей

№ пп	Наименование деталей.	Объём деталей, см ³ .	Удельный вес, кг/дм ³	Масса одной детали, кг.	Количество деталей.	Общая масса деталей, кг
1	2	3	4	5	6	7
1	Камера протравливания	1,69	7,80	13,2	1	13,2
2	Распылитель	0,02	1,20	0,025	3	0,075
3	Шнек	1,22	7,80	9,5	1	9,5
4	Бочёнок	0,02	7,80	0,12	1	0,12
Итого:						22,895

Таблица 5.2 – Масса покупаемых отдельно узлов и деталей

№ пп	Наименование деталей	Количество	Масса, кг		Цены, руб	
			Одной	Всего	Одной	Всего
1	2	3	4	5	6	7
1	Крепёж (компл)	1	0,5	0,5	200	200
2	Подшипники	2	0,15	0,3	85	170
3	Кольца	4	0,005	0,02	15	60
4	Компрессор	1	8,5	8,5	6800	6800
5	Насос	1	0,8	0,8	350	350
6	Шланги (компл)	1	0,1	0,1	150	150
7	Вентилятор	1	18	18	6000	6000
8	Бак для препарата	1	4	4	1800	1800
9	Электрика (компл)	1	8	8	3820	3820
10	Слесарные работы	1	0	0	6000	6000
Итого:			40,22		25350	

Определим массу спроектированной нами конструкции:

$$G=(22,90+40,22) \cdot 1,15=72,58 \text{ кг}$$

Балансовая стоимость:

$$C_{\text{б}} = [G_{\text{к}} \cdot (C_{\text{з}} \cdot E + C_{\text{м}}) + C_{\text{пд}}] \cdot K_{\text{нац}} \quad (5.2)$$

где $G_{\text{к}}$ – масса конструкции без покупных деталей и узлов, кг;

$C_{\text{з}}$ – издержки производства приходящиеся на 1 кг. массы конструкции, руб. ($C_{\text{з}} = 0,02 \dots 0,15$);

E – коэффициент измерения стоимости изготовления машин в зависимости от объема выпуска так как конструкция является штучным производством, принимаем $E = 1,5$;

$C_{\text{м}}$ – затраты на материалы, приходящиеся на 1 кг массы машин, руб./кг. ($C_{\text{м}} = 70 \dots 76$);

$C_{\text{пд}}$ – дополнительные затраты на покупные детали и узлы, руб.;

$K_{\text{нац}}$ – коэффициент, учитывающий отклонение прейскурантной цены от балансовой стоимости ($K_{\text{нац}} = 1,15 \dots 1,4$).

$$C_{\text{б}}=(22,90 \cdot (0,15 \cdot 1,50+72,00)+25350,00) \cdot 1,20=32404,31 \text{ руб.}$$

5.2 Расчет технико-экономических показателей конструкции и их сравнение

Для сравнения примем в качестве базовой машины протравливатель ПС-18 производимого компанией АО «Татагрохимсервис».

Таблица 5.3 - Исходные данные конструкций

№ пп	Наименование	Проектируемой	Базовой
1	2	3	4
1	Масса конструкции, кг	72,58	750
2	Балансовая стоимость, руб.	32404,31	310000
3	Потребная мощность, в пересчёте на 1 ТО, кВт	2,8	5
4	Часовая производительность, т/ч	10	15,9
5	Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
6	Разряд работы	IV	IV
7	Тарифная ставка, руб./ч.	163	163
8	Норма амортизации, %	14	14
9	Норма затрат на ремонт ТО, %	15	15
10	Годовая загрузка конструкции, ч	160	160

Энергоемкость:

$$\mathfrak{E}_e = \frac{N_e}{W_z} \quad (5.3)$$

где N_e – потребляемая конструкцией мощность, кВт;

W_z – часовая производительность конструкции; т. / ч.

$$\mathfrak{E}_{e0} = \frac{5}{15,9} = 0,31 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}$$

$$\mathfrak{E}_{e1} = \frac{2,8}{10} = 0,28 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}$$

Металлоемкость:

$$M_e = \frac{G}{W_z \cdot T_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}}} \quad (5.4)$$

где G – масса конструкции, кг;

$T_{\text{год}}$ – годовая загрузка конструкции, час;

$T_{\text{сл}}$ – срок службы конструкции, лет.

$$M_{e0} = \frac{750,00}{15,9 \cdot 160 \cdot 10} = 0,0295 \text{ кг/т.}$$

$$M_{e1} = \frac{72,58}{10 \cdot 160 \cdot 10} = 0,0045 \text{ кг/т.}$$

Фондоёмкость:

$$F_e = \frac{C_{\text{б}}}{W_z \cdot T_{\text{год}}} \quad (5.5)$$

где $C_{\text{б}}$ – балансовая стоимость конструкции, руб.

$$F_{e0} = \frac{310000}{15,9 \cdot 160} = 121,86 \text{ руб/т.}$$

$$F_{e1} = \frac{32404,31}{10 \cdot 160} = 20,253 \text{ руб/т.}$$

Трудоёмкость:

$$T_e = \frac{n_p}{W_z} \quad (5.6)$$

где n_p – количество рабочих, чел.

$$T_{e0} = \frac{1}{15,9} = 0,0629 \text{ чел ч/т}$$

$$T_{e1} = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ чел ч/т}$$

Себестоимость работ:

$$S = C_{\text{зп}} + C_{\text{э}} + C_{\text{рто}} + A \quad (5.7)$$

где $C_{\text{зп}}$ – затраты на оплату труда, руб / т;

$C_{\text{рто}}$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб / т;

$C_{\text{э}}$ – затраты на электроэнергию, руб / т;

A – амортизационные отчисления, руб / т.

Затраты на зарплату:

$$C_{\text{зп}} = Z \cdot T_{\text{е}} \quad (5.8)$$

где Z – часовая тарифная ставка, руб / ч:

$$C_{\text{зп0}} = 163 \cdot 0,06289 = 10,25 \text{ руб./т.}$$

$$C_{\text{зп1}} = 163 \cdot 0,1 = 16,30 \text{ руб./т}$$

Затраты на ТСМ или электричество:

$$C_{\text{тсм}} = Ц \cdot T_{\text{е}} \quad (5.9)$$

где $Ц$ – комплексная цена, руб / кВт / ч.

$$C_{\text{э0}} = 3,75 \cdot 0,31 = 1,18 \text{ руб./т.}$$

$$C_{\text{э0}} = 3,75 \cdot 0,28 = 1,05 \text{ руб./т.}$$

Затраты на ремонт и ТО:

$$C_{\text{рто}} = \frac{C_{\text{б}} \cdot H_{\text{рто}}}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}} \quad (5.10)$$

где $H_{\text{рто}}$ – суммарная норма затрат на ремонт и техобслуживание, %.

$$C_{\text{рто0}} = \frac{310000 \cdot 15}{100 \cdot 15,9 \cdot 160} = 18,2783 \text{ руб./т.}$$

$$C_{\text{рто1}} = \frac{32404,31 \cdot 15}{100 \cdot 15,9 \cdot 160} = 3,0379 \text{ руб./т.}$$

$$\frac{\quad}{100} \cdot \frac{\quad}{10} \cdot 160$$

Затраты на амортизационные отчисления:

$$A = \frac{C_{\text{б}} \cdot a}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}} \quad (5.11)$$

где a – норма амортизации, %.

$$A_0 = \frac{310000 \cdot 14}{100 \cdot 15,9 \cdot 160} = 17,0597 \text{ руб./т.}$$

$$A_1 = \frac{32404,31 \cdot 14}{100 \cdot 10 \cdot 160} = 2,83538 \text{ руб./т.}$$

$$S_0 = 10,25 + 1,18 + 18,2783 + 17,06 = 46,77 \text{ руб./т.}$$

$$S_1 = 16,30 + 1,05 + 3,0379 + 2,8354 = 23,22 \text{ руб./т.}$$

Приведённые затраты:

$$C_{\text{прив}} = S + E_{\text{н}} \cdot F_{\text{е}} = S + E_{\text{н}} \cdot k \quad (5.12)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_{\text{н}} = 0,1$);

$F_{\text{е}}$ – фондоемкость процесса, руб./т;

k – удельные капитальные вложения, руб./т.

$$C_{\text{прив}0} = 46,77 + 0,1 \cdot 121,86 = 58,9544 \text{ руб./т.}$$

$$C_{\text{прив}1} = 23,22 + 0,1 \cdot 20,253 = 25,2486 \text{ руб./т.}$$

Годовая экономия:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S_0 - S_1) \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} \quad (5.13)$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (46,77 - 23,22) \cdot 10 \cdot 160 = 37672,94 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект:

$$E_{\text{год}} = (C_{\text{прив}}^0 - C_{\text{прив}}^1) \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}$$

(5.14)

$$E_{\text{год}} = (58,95 - 25,25) \cdot 10 \cdot 160 = 53929,36 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{б1}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} \quad (5.15)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{32404,31}{37672,94} = 0,8601 \text{ лет}$$

Коэффициент эффективности капитальных вложений:

$$E_{\text{эф}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{год}}}{C_{\text{б}}} \quad (5.16)$$

$$E_{\text{эф}} = \frac{37672,94}{32404,31} = 1,1626$$

Таблица 5.4 - Сравнительные технико-экономические показатели эффективности

№ пп	Наименование показателей	Базовый	Проект	Проект в % к базовому
1	2	3	4	5
1	Часовая производительность, т/ч	15,9	10	63
2	Фондоёмкость процесса, руб./т	121,8553	20,2527	17
3	Энергоёмкость процесса, кВт./т.	0,3145	0,2800	89
4	Металлоёмкость процесса, кг/т.	0,0295	0,0045	15
5	Трудоёмкость процесса, чел.ч/т.	0,0629	0,1000	159
6	Уровень эксплуатационных затрат, руб./т.	46,77	23,22	50
7	Уровень приведённых затрат, руб./т.	58,95	25,25	43
8	Годовая экономия, руб./т.	37672,94		
9	Годовой экономический эффект, руб.	53929,36		
10	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	0,86		
11	Коэффициент эффективности капитальных вложений	1,16		

На основе проведенных конструктивных и технико-экономических расчетов, с учетом полученных сравнительных с базовыми устройствами показателями, можно сделать вывод, что предлагаемые конструкции камеры протравливания пневматического протравливателя семян и распылителя рабочего состава биопрепарата, спроектированные на основе частного технического задания, соответствуют предъявленным в нем требованиям, исключают недостатки существующих аналогичных конструкций и обладают следующими преимуществами: снижение энергоемкости процесса предпосевной подготовки семян сельскохозяйственных культур биологическими препаратами и повышение эффективности применения биологических препаратов для протравливания семян.

ВЫВОДЫ

1. На основе анализа технологий обработки зерна перед посевом защитно-стимулирующими препаратами выявлены недостатки разработанных технологий и машин для протравливания зерна биологическими препаратами.

2. На основе анализа теоретических исследований протравливания семян с использованием технических средств определено, что, не смотря на большой объем исследований в этой области недостаточно исследований влияния рабочих органов протравливателей на жизнеспособность микроорганизмов входящих в состав биопрепаратов для защиты растений.

3. Теоретическими исследованиями установлено, на процесс псевдооживления значительное влияние оказывает коэффициент заполнения шнека и площадь воздуховода, а также на процесс взаимодействия псевдооживленного зерна и распыленной смеси рабочего раствора. Выявлено, что для полноты протравливания 98% необходимо обеспечить угол установки форсунки 0° и коэффициент заполнения шнека не более 0,35.

4. Разработанная конструкция протравливателя семян культурных растений биопрепаратами позволяет осуществить качественную обработку семян за счет создания псевдооживленного слоя семян и рабочей смеси препарата с дополнительно подаваемым воздухом. На данные технические решения получены патенты РФ на изобретение № 2681640, 2675302 и полезные модели № 195491, 181323, 183231.

5. На основе экспериментальных исследований определено, что наилучшие показатели жизнеспособности микроорганизмов при температуре 20-25°C и давлении не более 0,4МПа.

6. Определены рациональные параметры и режимы работы протравливателя семян культурных растений биопрепаратами. Наилучшие результаты наблюдаются при производительности 10 т/ч, расхода рабочей

жидкости 10 л/т, давления рабочей жидкости 0,3 ... 0,4 МПа, давления подаваемого воздуха в распылитель 0,1 ... 0,2 МПа.

7. Дана технико-экономическая оценка использования протравливателя семян адаптированного для работы с биологическими защитно-стимулирующими препаратами, использование которого позволяет проводить подготовку семенного материала с высоким качеством и максимальным сохранением жизнеспособности микроорганизмов входящих в состав биологических препаратов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нежметдинова, Ф.Т. Экологическая безопасность и гуманитарная экспертиза рисков внедрения современных биотехнологий в контексте формирования биоэкономики /Ф.Т. Нежметдинова, А.Р. Валиев // Материалы III Международной научно-практической конференции «Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: настоящее и будущее». Часть II. – Казань: ГБУ «Научный центр безопасности жизнедеятельности», 2014. – С 802-809.
2. Файзрахманов, Д.И. Безопасность продуктов питания в условиях ВТО / Д.И. Файзрахманов, Ф.Т. Нежметдинова, Б.Г. Зиганшин, А.Р. Валиев // Сельский механизатор. – 2013. - №11. – С 4-6.
3. Мильченко, Н.Ю. Обоснование параметров процесса смачивания сельскохозяйственных растений жидкими растворами и их распыления при механизированном внесении средств химизации /Н.Ю. Мильченко// Автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.01, 06.01.02 / Волгогр. гос. с.-х. акад. - Волгоград, 2003. - 23 с.
4. Новости о пестицидах. [Сайт] URL: <http://rupest.ru/> (Дата обращения 01.12.2017).
5. Исследовательская компания «Текарт». [Сайт] URL: <http://research-techart.ru/> (Дата обращения 01.12.2017).
6. Котляров, В.В. Влияние давления при опрыскивании растений микробиологическими препаратами на сохранение жизнеспособности микроорганизмов и их численность /В.В. Котляров, Н.В. Сединина, Д.Ю. Донченко, Д.В. Котляров // Научный журнал КубГАУ, №115(01), 2016 года.-С 1219-1232.
7. Berthoud Industrie [Сайт] URL: <http://www.berthoud.com/> (Дата обращения 01.12.2017).

8. ОАО «Татагрохимсервис» [Сайт] URL: <http://tatagrohimservis.ru/> (Дата обращения 01.12.2017).
9. ООО «Казаньсельмаш» [Сайт] URL: <http://kazansm.ru/> Дата обращения 01.12.2017).
10. Научно-методологическое обоснование технологий и технических средств возделывания и уборки картофеля на основе объектно-ориентированного моделирования : автореферат дис. доктора технических наук : 05.20.01 / Камалетдинов Рим Рашитович; [Место защиты: Башкир. гос. аграр. ун-т]. - Уфа, 2017. - 40 с.
11. Сергеева, К.С. Анализ влияния режимов хранения на различные виды микроорганизмов / К.С. Сергеева, Р.Р. Камалетдинов // Молодежная наука и АПК: проблемы и перспективы: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых (22 декабря 2014 г.). Часть II. – Уфа : Башкирский ГАУ, 2014. – С 75-77.
12. Елизаров И.А., Есипов В.П. Насос-опрыскиватель с ручным приводом // Патент №2130257 РФ, МПК-7 А 01 М 7/00.- Заявлено 03.08.1994. Оpubл. 20.05.1999.
13. Валиев, А.Р. Техническое обеспечение системы земледелия Республики Татарстан: современное состояние и направления развития / А.Р. Валиев, Р.И. Сафин, Н.И. Сёмушкин, Б.Г. Зиганшин // Вестник Казанского ГАУ. – 2012. - №4 (26). – С 65-70.
14. Пушкарев Б.В., Вялых В.А., Михин Л.А., Шебакин Е.Н., Шинкаренко А.С., Умаров А.Э. Опрыскиватель // Патент РФ 2120751, МПК-7 А 01 М 7/00.- Заявлено 08.11.1995. – Оpubл. 27.10.1998.
15. Валиев, А.Р. Некоторые проблемы технического обеспечения АПК и перспективы его развития / А.Р. Валиев, Б.Г. Зиганшин, Н.Н. Хамидуллин // Вестник Казанского ГАУ. – 2008. – №2 (8). – С 148-152.
16. Краховецкий Н.Н. Опрыскиватель // Патент № 2253229 РФ, МПК-7 А 01 М 7/00.- Заявлено 23.04.2003. Оpubл. 27.12.2004 Бюл. № 36

- 17.Зорин В.А., Зорин А.В., Зорин А.В. Штанговый опрыскиватель для обработки полевых культур // Патент № 2176875 МПК-7 А 01 М 7/00.- Заявлено 09.12.1999. Оpubл. 20.12.2001 Бюл. № 35.
- 18.Любин Владимир Николаевич (RU), Жариков Виктор Анатольевич (RU). Опыскиватель // Патент № 2347364 МПК-7 А 01 М 7/00.- Заявлено 05.06.2007. Оpubл. 27.02.2009 Бюл. № 6.
- 19.Смелик В.А., Теплинский И.З., Калинин А.Б., Яблоков А.В., Яблоков Е.В. Пневматический опыскиватель // Патент № 2149547 МПК-7 А 01 М 7/00.- Заявлено 18.06.1998. Оpubл. 27.05.2000 Бюл. № 15.
- 20.Сабилов Р.Ф., Валиев А.Р., Сёмушкин Н.И. Технические средства для обработки поверхности семян и их протравливания перед посевом средствами защиты растений. (Technical equipment for surface treatment of seeds and seed treatment before sowing by plant protection products). Collection: Agroengineering science of the XXI century scientific works of the regional scientific-practical conference, 18 January, 2018, Kazan, Russia, pp. 201-204. (In Russian).
- 21.Камалетдинов Р.Р. Научно-методологическое обоснование технологий и технических средств возделывания и уборки картофеля на основе объектно-ориентированного моделирования. Автореферат дис. доктора технических наук: 05.20.01. Место защиты: Башкир. гос. аграр. ун-т. Уфа, 2017, 40 с.
- 22.Сергеева, К.С., Камалетдинов Р.Р. Анализ влияния режимов хранения на различные виды микроорганизмов. Молодежная наука и АПК: проблемы и перспективы: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Часть II. Уфа: Башкирский ГАУ, 2014, С 75-77.
- 23.Сабилов Р.Ф., Валиев А.Р., Сафин Р.И., Зиганшин Б.Г., Низамов Р.М., Дмитриев А.В., Филиппова Е.А., Каримова Л.З. Распылитель рабочего состава биопрепарата. Патент №2681640 РФ, СПК В05В 7/1. Заявлено 2018113215, 11.04.2018. 11.03.2019 Бюл. № 8.

24. Sabirov R.F., Valiev A.R., Karimova L.D., Dmitriev A.V., Khaliullin D.T. Contents of Proceedings of 18th International Scientific Conference, «Engineering for rural development», May 22-24, 2019, pp. 555-562.
25. Союнов А.С., Прокопов С.П. Построение модели множественной регрессии в агроинженерии // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. - 2016. - №4 (7) октябрь - декабрь.
26. Валиев, А.Р. Некоторые проблемы технического обеспечения АПК и перспективы его развития / А.Р. Валиев, Б.Г. Зиганшин, Н.Н. Хамидуллин // Вестник Казанского ГАУ. – 2008. – № 2(8). – С 148-152.
27. Способы протравливания семян [Сайт] URL: <https://yablukom.com.ua/interesno-znat/489-sposoby-protravlivaniya-semyan> (Дата обращения 01.11.2018).
28. Сафин, Р.И. Формирование системы точного земледелия в республике Татарстан / Р.И. Сафин, А.Р. Валиев, Р.В. Миникаев, Б.Г. Зиганшин, Н.И. Семушкин, Р.З. Набиуллин, Р.М. Низамов // Вестник Казанского ГАУ. – 2010. – № 2(16). – С 153-156.
29. Камалетдинов Р.Р., Широков Д.Ю. Протравливатель-приставка к пневматической сеялке для обработки семян защитно-стимулирующими препаратами // Патент №2483514 РФ, МПК А01С 1/06, А01С 7/04. – Заявлено 2011150461/13, 12.12.2011. Оpubл. 10.06.2013 Бюл. № 16.
30. Сунцов Н.Е., Домбровский С.Б., Перелюбский А.З., Мальцев М.В., Евсеев О.С. Установка для протравливания семян // Патент №2444882 РФ, МПК А01С1/06. – Заявлено 13.08.2010. Оpubл. 20.03.2012.
31. Цыбулевский В.В., Маслов Г.Г., Трубилин Е.И., Кожан В.Н., Борисова С.М. Протравливатель семян // Патент №2316164 РФ, МПК А01С1/06. – Заявлено 01.08.2006. Оpubл. 10.02.2008.
32. Запевалов М.В., Маринин С.П. Протравливатель семян // Патент №2370937 РФ, МПК А01С1/06, А01С1/08. – Заявлено 21.04.2008. Оpubл. 27.10.2009.

- 33.Чернявский С.А., Нуруллин Э.Г., Нуруллин Э.Э., Дмитриев А.В., Маланичев И.В., Халиуллин Д.Т. Протравливатель семян пневмомеханического типа // Патент №2380876 РФ, МПК А01С1/00. – Заявлено 27.06.2007. Оpubл. 10.02.2010.
- 34.Greg Renyer, Jim Renyer. Batch seed coating apparatus // Патент №9392739 США, МПК А23G3/26, В05С3/00, А01С1/06. – Заявлено US 14/282,868 20.05.2014. Оpubл. 19.07.2016.
- 35.Сабиров Р.Ф., Валиев А.Р., Сафин Р.И. и др. Пневмомеханический протравливатель, адаптированный для работы с биопрепаратами// Патент на полезную модель №183231 РФ, МПК А01С1/06. – Заявлено 29.03.2018. Оpubл. 14.09.2018.
- 36.Safin R.I., Karimova L.Z., Nizamov R.M., Valiev A.R., Validov S.Z., Faizrahmanov D.I. Features of Seeds Microbiome for Spring Wheat Varieties from Different Regions of Eurasia. Proceedings of International conference “Advances in Engineering Research, International Conference on Smart Solutions for Agriculture (Agro-SMART 2018)”, July 16-20, 2018, Tyumen, Russia, pp. 766-770.
- 37.Calegari, F., Tassi, D., Vincini, M. Economic and environmental benefits of using a spray control system for the distribution of pesticides. Journal of Agricultural Engineering, vol. 44(2s)., 2013, pp. 163-165.
- 38.WenJun Z., FuBin J., JianFeng O. Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences, pp. 1(2), 2011, pp.125-144.
- 39.Котляров В.В., Сединина Н.В., Донченко Д.Ю., Котляров Д.В. Влияние давления при опрыскивании растений микробиологическими препаратами на сохранение жизнеспособности микроорганизмов и их численность. (Influence of pressure at spraying of plants by microbiological preparations on preservation of viability of microorganisms and their number). The scientific journal of the Kuban state agrarian University, vol. 115(01), 2016, pp. 1219-1232. (In Russian)

40. Сидоренко О.Д., Борисенко Е.Г., Ванькова А.А., Войно Л.И.
Микробиология: учебник для агротехнологов. (Microbiology: a textbook for agricultural technologies). Moscow: Publishing house "INFRA-M", 2005, 287 p. (In Russian).
41. Сабиров Р.Ф., Валиев А.Р., Сёмушкин Н.И. Технические средства для обработки поверхности семян и их протравливания перед посевом средствами защиты растений. (Technical equipment for surface treatment of seeds and seed treatment before sowing by plant protection products). Collection: Agroengineering science of the XXI century scientific works of the regional scientific-practical conference, 18 January, 2018, Kazan, Russia, pp. 201-204. (In Russian).
42. Камалетдинов Р.Р. Научно-методологическое обоснование технологий и технических средств возделывания и уборки картофеля на основе объектно-ориентированного моделирования. (Scientific and methodological substantiation of technologies and technical means of potato cultivation and harvesting on the basis of object-oriented modeling). Author's abstract dis. doctor of technical Sciences: 05.20.01. Place: Bashkir. Gos. Agrar. Un-t, Ufa, Russia, 2017, 40 p. (In Russian).
43. Сергеева, К.С., Камалетдинов Р.Р. Анализ влияния режимов хранения на различные виды микроорганизмов. (Analysis of the effect of storage modes on different types of microorganisms). Youth science and agriculture: problems and prospects: materials VII all-Russian scientific and practical conference of young scientists. Part II. Bashkir state agrarian university, December 22, 2014, Ufa, Russia, pp. 75-77. (In Russian).
44. Greg Renyer, Jim Renyer. Batch seed coating apparatus. Patent No. 9392739 USA, IPC A23G3/26, B05C3/00, A01C1 / 06. Announced US 14/282, 868 20.05.2014. Publ. 19.07.2016.
45. Luck J.D., Zandonadi R.S., Shearer S.A., Luck B.D. Reducing pesticide over-application with map-based automatic boom section control on

- agricultural sprayers. Transactions - american society of agricultural engineers: general edition, vol. 3 (53), 2010, pp. 658-690.
46. Butts, L.E., Luck, J.D., Hoffmann, W.C., Kruger, G.R. Droplet size and nozzle tip pressure from a pulse-width modulation sprayer. Biosystems Engineering. 2019.
 47. Pergher, G., Zucchiatti, N. Influence of canopy development in the vineyard on spray deposition from a tunnel sprayer. Journal of Agricultural Engineering, vol. 49(3), 2018, pp. 164-173.
 48. Berg G., Rybakova D., Grube M., Köberl M. The plant microbiome explored: implications for experimental botany. J. Exp. Bot, vol. 67, 2018, pp. 995–1002.
 49. Haggag W. M. Role of entophytic microorganisms in biocontrol of plant diseases. Life Science Journal. vol. 7(2), 2010, pp. 57-62.
 50. King E.O., M.K. Ward, and D.E. Raney Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescin, J. Lab. Clin. Med. 44:301 307. J. Lab. Clin. Med. The Journal of laboratory and clinical medicine, vol. 44, Issue 2, 1954, pp. 301–307.
 51. Сабиров Р.Ф., Валиев А.Р., Сафин Р.И., Зиганшин Б.Г., Низамов Р.М., Дмитриев А.В., Филиппова Е.А., Каримова Л.З. Распылитель рабочего состава биопрепарата (Spray working composition of the biological product). Patent No. 2681640 RU, SPK B05B 7/1. Announced 2018113215, 11.04.2018. 11.03.2009 Byul. No. 8. (In Russian).

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2674909

МОДУЛЬ-ПРИСТАВКА К ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЗАЩИТНО- СТИМУЛИРУЮЩИМИ ПРЕПАРАТАМИ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Халиуллин Дамир Тагирович (RU), Дмитриев Андрей Владимирович (RU), Валиев Айрат Расимович (RU), Зиганин Булат Гусманович (RU), Сафин Радик Ильясович (RU), Сабиров Раис Фаритович (RU), Низамов Рустам Мингазизович (RU)* Заявка № 2018113059

Приоритет изобретения 10 апреля 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 13 декабря 2018 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 10 апреля 2038 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2675302

МОДУЛЬНЫЙ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРОТРАВЛИВАТЕЛЬ СЕМЯН

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ) (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № 2018111383

Приоритет изобретения 29 марта 2018 г.

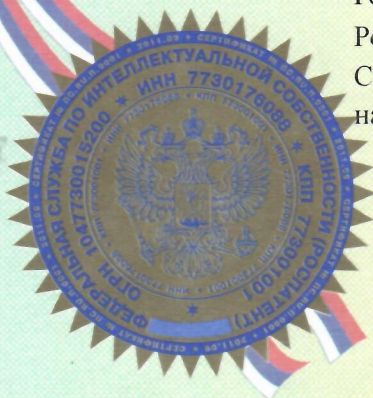
Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 18 декабря 2018 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 29 марта 2038 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2703483

ОПТИКО-ГИДРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА АВТОПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ КУЛЬТИВАТОРА

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Яруллин Фанис Фаридович (RU), Валиев Айрат Расимович (RU), Сабиров Раис Фаритович (RU), Шафигуллин Газинур Тагирович (RU)*

Заявка № 2019114839

Приоритет изобретения 14 мая 2019 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 17 октября 2019 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 14 мая 2039 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 195491

РАСПЫЛИТЕЛЬ ЖИДКОСТИ

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Сабиров Раис Фаритович (RU), Валиев Айрат Расимович (RU), Зиганишин Булат Гусманович (RU), Халиуллин Дамир Тагирович (RU), Дмитриев Андрей Владимирович (RU), Абделфаттах Ахмед Хассан Абделкарим омар (RU), Низамов Рустам Мингазизович (RU), Сафин Радик Ильясович (RU)*

Заявка № 2019123645

Приоритет полезной модели 22 июля 2019 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 29 января 2020 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 22 июля 2029 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Илев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 181323

ФОРСУНКА ДЛЯ РАСПЫЛЕНИЯ РАБОЧЕГО СОСТАВА БИОПРЕПАРАТА

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Сабиров Раис Фаритович (RU), Валиев Айрат Расимович (RU), Сафин Радик Ильясович (RU), Зиганишин Булат Гусманович (RU), Низамов Рустам Мингазизович (RU), Дмитриев Андрей Владимирович (RU), Филиппова Екатерина Александровна (RU), Каримова Лилия Зяудатовна (RU)*

Заявка № 2018113240

Приоритет полезной модели 11 апреля 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 10 июля 2018 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 11 апреля 2028 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 183231

ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРОТРАВЛИВАТЕЛЬ, АДАПТИРОВАННЫЙ ДЛЯ РАБОТЫ С БИОПРЕПАРАТАМИ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ) (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № 2018111370

Приоритет полезной модели 29 марта 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 14 сентября 2018 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 29 марта 2028 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 184233

Спороулавливатель для сбора инфекционного начала фитопатогенных грибов с поверхности растений

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"Казанский государственный аграрный университет"
(ФГБОУ ВО Казанский ГАУ) (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № 2018112097

Приоритет полезной модели 03 апреля 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 18 октября 2018 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 03 апреля 2028 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивашин

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 186648

ПРОТРАВЛИВАТЕЛЬ-ПРИСТАВКА К ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕМЯН БИОПРЕПАРАТАМИ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Халиуллин Дамир Тагирович (RU), Дмитриев Андрей Владимирович (RU), Валиев Айрат Расимович (RU), Зиганишин Булат Гусманович (RU), Сафин Радик Ильясович (RU), Сабиров Раис Фаритович (RU), Низамов Рустам Мингазизович (RU)*

Заявка № 2018113100

Приоритет полезной модели 10 апреля 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 28 января 2019 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 10 апреля 2028 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

